

## ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК (ПУЭ)

(ШЕСТОЕ ИЗДАНИЕ,  
переработанное и дополненное, с изменениями)

ВКЛЮЧЕНЫ все изменения, оформленные в период с 31 августа 1985 года по 30 декабря 1997 года и согласованные в необходимой части с Госстроем России и Госгортехнадзором России.

Добавлены изменения от 14.07.98.

Раздел 6 и главы 7.1, 7.2 приведены в редакции седьмого издания (1999 г.)

Главы 1.1, 1.2, 1.7, 1.9, 7.5, 7.6, 7.10 приведены в редакции седьмого издания (2002 г.)

### СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА.....	3
Глава 1.1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ .....	3
Глава 1.2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ.....	7
Глава 1.3. ВЫБОР ПРОВОДНИКОВ ПО НАГРЕВУ, ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА И ПО УСЛОВИЯМ КОРОНЫ .....	10
Глава 1.4. ВЫБОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ПРОВОДНИКОВ ПО УСЛОВИЯМ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ .....	30
Глава 1.5. УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ .....	34
Глава 1.6. ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН .....	40
Глава 1.7 ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ.....	45
Глава 1.8 НОРМЫ ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ .....	78
Глава 1.9 ИЗОЛЯЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК .....	115
Раздел 2. КАНАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ .....	127
Глава 2.1. ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ.....	127
Глава 2.2. ТОКОПРОВОДЫ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 35 кВ .....	141
Глава 2.3. КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 220 кВ.....	146
Глава 2.4. ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ .....	174
Глава 2.5. ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 кВ .....	187
Раздел 3. ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА .....	269
Глава 3.1 ЗАЩИТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ.....	269
Глава 3.2. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА .....	273
Глава 3.3. АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА .....	308
АВТОМАТИЧЕСКОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ РЕЗЕРВНОГО ПИТАНИЯ .....	315

И ОБОРУДОВАНИЯ (АВР) .....	315
Глава 3.4. ВТОРИЧНЫЕ ЦЕПИ .....	330
Раздел 4. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ПОДСТАНЦИИ .....	338
Глава 4.1. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА И ДО 1,5 кВ ПОСТОЯННОГО ТОКА .....	338
Глава 4.2. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ПОДСТАНЦИИ . НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 кВ .....	342
Глава 4.3. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПОДСТАНЦИИ И УСТАНОВКИ.	407
Глава 4.4 АККУМУЛЯТОРНЫЕ УСТАНОВКИ.....	416
РАЗДЕЛ 5. ЭЛЕКТРОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ .....	423
ГЛАВА 5.1. ЭЛЕКТРОМАШИННЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ .....	423
ГЛАВА 5.2. ГЕНЕРАТОРЫ И СИНХРОННЫЕ КОМПЕНСАТОРЫ.....	428
Глава 5.3. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ.....	437
И ИХ КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ .....	437
Глава 5.4. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ КРАНОВ .....	448
Глава 5.5. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЛИФТОВ .....	456
Глава 5.6. КОНДЕНСАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ .....	461
РАЗДЕЛ 6. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ.....	466
Глава 6.1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ .....	466
Глава 6.2 ВНУТРЕННЕЕ ОСВЕЩЕНИЕ .....	471
Глава 6.3. НАРУЖНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ.....	473
Глава 6.4 СВЕТОВАЯ РЕКЛАМА, ЗНАКИ И ИЛЛЮМИНАЦИЯ.....	476
Глава 6.5 УПРАВЛЕНИЕ ОСВЕЩЕНИЕМ.....	477
Глава 6.6 ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ЭЛЕКТРОУСТАНОВОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА.....	480
Раздел 7. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ УСТАНОВОК ...	483
Глава 7.1 ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ЖИЛЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ, АДМИНИСТРАТИВНЫХ И БЫТОВЫХ ЗДАНИЙ.....	483
Глава 7.2. ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ЗРЕЛИЩНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, КЛУБНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ И СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ .....	492
Глава 7.3. ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ .....	498
Глава 7.4. ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ В ПОЖАРООПАСНЫХ ЗОНАХ.....	525
Глава 7.5. ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ.....	532
Глава 7.6. ЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫЕ УСТАНОВКИ .....	550
Глава 7.7. ТОРФЯНЫЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ.....	557

Глава 7.10. ЭЛЕКТРОЛИЗНЫЕ УСТАНОВКИ И УСТАНОВКИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ .....	560
--	-----

## **Раздел 1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА**

### **Глава 1.1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ**

#### **УТВЕРЖДЕНО**

Министерством энергетики  
Российской Федерации

Приказ от 8 июля 2002 г. № 204

*Вводится в действие  
с 1 января 2003 г.*

#### **Область применения, определения**

1.1.1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) распространяются на вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки постоянного и переменного тока напряжением до 750 кВ, в том числе на специальные электроустановки, рассмотренные в разд. 7 настоящих Правил.

Устройство специальных электроустановок, не рассмотренных в разд. 7, должно регламентироваться другими нормативными документами. Отдельные требования настоящих Правил могут применяться для таких электроустановок в той мере, в какой они по исполнению и условиям работы аналогичны электроустановкам, рассмотренным в настоящих Правилах.

Требования настоящих Правил рекомендуется применять для действующих электроустановок, если это повышает надежность электроустановки или если ее модернизация направлена на обеспечение требований безопасности.

По отношению к реконструируемым электроустановкам требования настоящих Правил распространяются лишь на реконструируемую часть электроустановок.

1.1.2. ПУЭ разработаны с учетом обязательности проведения в условиях эксплуатации планово-предупредительных и профилактических испытаний, ремонтов электроустановок и их электрооборудования.

1.1.3. Электроустановка - совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виды энергии.

1.1.4. Открытые или наружные электроустановки - электроустановки, не защищенные зданием от атмосферных воздействий.

Электроустановки, защищенные только навесами, сетчатыми ограждениями и т. п., рассматриваются как наружные.

Закрытые или внутренние электроустановки - электроустановки, размещенные внутри здания, защищающего их от атмосферных воздействий.

1.1.5. Электропомещения - помещения или отгороженные (например, сетками) части помещения, в которых расположено электрооборудование, доступное только для квалифицированного обслуживающего персонала.

1.1.6. Сухие помещения - помещения, в которых относительная влажность воздуха не превышает 60%.

При отсутствии в таких помещениях условий, указанных в 1.1.10-1.1.12, они называются нормальными.

1.1.7. Влажные помещения - помещения, в которых относительная влажность воздуха более 60%, но не превышает 75%.

1.1.8. Сырые помещения - помещения, в которых относительная влажность воздуха превышает 75%.

1.1.9. Особо сырые помещения - помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100% (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой).

1.1.10. Жаркие помещения - помещения, в которых под воздействием различных тепловых излучений температура превышает постоянно или периодически (более 1 сут.) +35°C (например, помещения с сушилками, обжигательными печами, котельные).

1.1.11. Пыльные помещения - помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль, которая может оседать на токоведущих частях, проникать внутрь машин, аппаратов и т. п.

Пыльные помещения разделяются на помещения с токопроводящей пылью и помещения с нетокопроводящей пылью.

1.1.12. Помещения с химически активной или органической средой - помещения, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

1.1.13. В отношении опасности поражения людей электрическим током различаются:

1) помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность (см. пп. 2 и 3).

2) помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

сырость или токопроводящая пыль (см. 1.1.8 и 1.1.11);

токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.);

высокая температура (см. 1.1.10);

возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой.

3) особо опасные помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

особая сырость (см. 1.1.9);

химически активная или органическая среда (см. 1.1.12);

одновременно два или более условий повышенной опасности (см. 1.1.13, п. 2);

4) территория открытых электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравнивается к особо опасным помещениям.

1.1.14. Квалифицированный обслуживающий персонал - специально подготовленные работники, прошедшие проверку знаний в объеме, обязательном для данной работы (должности), и имеющие группу по электробезопасности, предусмотренную действующими правилами охраны труда при эксплуатации электроустановок.

1.1.15. Номинальное значение параметра - указанное изготовителем значение параметра электротехнического устройства.

1.1.16. Напряжение переменного тока – действующее значение напряжения.

Напряжение постоянного тока – напряжение постоянного тока или напряжение выпрямленного тока с содержанием пульсаций не более 10 % от действующего значения.

1.1.17. Для обозначения обязательности выполнения требований ПУЭ применяются слова "должен", "следует", "необходимо" и производные от них. Слова "как правило" означают, что данное требование является преобладающим, а отступление от него должно быть обосновано. Слово "допускается" означает, что данное решение применяется в виде исключения как вынужденное (вследствие стесненных условий, ограниченных ресурсов необходимого оборудования, материалов и т. п.). Слово "рекомендуется" означает, что данное решение является одним из лучших, но не обязательным. Слово "может" означает, что данное решение является правомерным.

1.1.18. Принятые в ПУЭ нормируемые значения величин с указанием "не менее" являются наименьшими, а с указанием "не более" - наибольшими.

Все значения величин, приведенные в Правилах с предлогами "от" и "до", следует понимать "включительно".

## Общие указания по устройству электроустановок



1.1.19. Применяемые в электроустановках электрооборудование, электротехнические изделия и материалы должны соответствовать требованиям государственных стандартов или технических условий, утвержденных в установленном порядке.

1.1.20. Конструкция, исполнение, способ установки, класс и характеристики изоляции применяемых машин, аппаратов, приборов и прочего электрооборудования, а также кабелей и проводов должны соответствовать параметрам сети или электроустановки, режимам работы, условиям окружающей среды и требованиям соответствующих глав ПУЭ.

1.1.21. Электроустановки и связанные с ними конструкции должны быть стойкими в отношении воздействия окружающей среды или защищенными от этого воздействия.

1.1.22. Строительная и санитарно-техническая части электроустановок (конструкция здания и его элементов, отопление, вентиляция, водоснабжение и пр.) должны выполняться в соответствии с действующими строительными нормами и правилами (СНиП) при обязательном выполнении дополнительных требований, приведенных в ПУЭ.

1.1.23. Электроустановки должны удовлетворять требованиям действующих нормативных документов об охране окружающей природной среды по допустимым уровням шума, вибрации, напряженностей электрического и магнитного полей, электромагнитной совместимости.

1.1.24. Для защиты от влияния электроустановок должны предусматриваться меры в соответствии с требованиями норм допускаемых промышленных радиопомех и правил защиты устройств связи, железнодорожной сигнализации и телемеханики от опасного и мешающего влияния линий электропередачи.

1.1.25. В электроустановках должны быть предусмотрены сбор и удаление отходов: химических веществ, масла, мусора, технических вод и т. п. В соответствии с действующими требованиями по охране окружающей среды должна быть исключена возможность попадания указанных отходов в водоемы, систему отвода ливневых вод, овраги, а также на территории, не предназначенные для хранения таких отходов.

1.1.26. Проектирование и выбор схем, компоновок и конструкций электроустановок должны производиться на основе технико-экономических сравнений вариантов с учетом требований обеспечения безопасности обслуживания, применения надежных схем, внедрения новой техники, энерго- и ресурсосберегающих технологий, опыта эксплуатации.

1.1.27. При опасности возникновения электрокоррозии или почвенной коррозии должны предусматриваться соответствующие меры по защите сооружений, оборудования, трубопроводов и других подземных коммуникаций.

1.1.28. В электроустановках должна быть обеспечена возможность легкого распознавания частей, относящихся к отдельным элементам (простота и наглядность схем, надлежащее расположение электрооборудования, надписи, маркировка, расцветка).

1.1.29. Для цветового и цифрового обозначения отдельных изолированных или неизолированных проводников должны быть использованы цвета и цифры в соответствии с ГОСТ Р 50462 «Идентификация проводников по цветам или цифровым обозначениям».

Проводники защитного заземления во всех электроустановках, а также нулевые защитные проводники в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью, в т.ч. шины, должны иметь буквенное обозначение *PE* и цветовое обозначение чередующимися продольными или поперечными полосами одинаковой ширины (для шин от 15 до 100 мм) желтого и зеленого цветов.

Нулевые рабочие (нейтральные) проводники обозначаются буквой *N* и голубым цветом. Совмещенные нулевые защитные и нулевые рабочие проводники должны иметь буквенное обозначение *PEN* и цветовое обозначение: голубой цвет по всей длине и желто-зеленые полосы на концах.

1.1.30. Буквенно-цифровые и цветовые обозначения одноименных шин в каждой электроустановке должны быть одинаковыми.

Шины должны быть обозначены:

1) при переменном трехфазном токе: шины фазы *A* - желтым, фазы *B* — зеленым, фазы *C* - красным цветами;

2) при переменном однофазном токе шина *B*, присоединенная к концу обмотки источника питания, - красным цветом, шина *A*, присоединенная к началу обмотки источника питания, - желтым цветом.

Шины однофазного тока, если они являются ответвлением от шин трехфазной системы, обозначаются как соответствующие шины трехфазного тока;

3) при постоянном токе: положительная шина (+) - красным цветом, отрицательная (-) - синим и нулевая рабочая *M* - голубым цветом.

Цветовое обозначение должно быть выполнено по всей длине шин, если оно предусмотрено также для более интенсивного охлаждения или антикоррозионной защиты.

Допускается выполнять цветовое обозначение не по всей длине шин, только цветовое или только буквенно-цифровое обозначение либо цветовое в сочетании с буквенно-цифровым в местах присоединения шин. Если неизолированные шины недоступны для осмотра в период, когда они находятся под напряжением, то допускается их не обозначать. При этом не должен снижаться уровень безопасности и наглядности при обслуживании электроустановки.

1.1.31. При расположении шин «плашмя» или «на ребро» в распределительных устройствах (кроме комплектных сборных ячеек одностороннего обслуживания (КСО) и комплектных распределительных устройств (КРУ) 6-10 кВ, а также панелей 0,4-0,69 кВ заводского изготовления) необходимо соблюдать следующие условия:

1. В распределительных устройствах напряжением 6-220 кВ при переменном трехфазном токе сборные и обходные шины, а также все виды секционных шин должны располагаться:

а) при горизонтальном расположении:  
одна под другой: сверху вниз *A-B-C*;  
одна за другой, наклонно или треугольником: наиболее удаленная шина *A*, средняя - *B*, ближайшая к коридору обслуживания - *C*;

б) при вертикальном расположении (в одной плоскости или треугольником):  
слева направо *A-B-C* или наиболее удаленная шина *A*, средняя - *B*, ближайшая к коридору обслуживания - *C*;

в) ответвления от сборных шин, если смотреть на шины из коридора обслуживания (при наличии трех коридоров - из центрального):

при горизонтальном расположении: слева направо *A-B-C*;

при вертикальном расположении (в одной плоскости или треугольником): сверху вниз *A-B-C*.

2. В пяти- и четырехпроводных цепях трехфазного переменного тока в электроустановках напряжением до 1 кВ расположение шин должно быть следующим:

при горизонтальном расположении:

одна под другой: сверху вниз *A-B-C-N-PE (PEN)*;

одна за другой: наиболее удаленная шина *A*, затем фазы *B-C-N*, ближайшая к коридору обслуживания - *PE (PEN)*;

при вертикальном расположении: слева направо *A-B-C-N-PE (PEN)* или наиболее удаленная шина *A*, затем фазы *B-C-N*, ближайшая к коридору обслуживания - *PE (PEN)*;

ответвления от сборных шин, если смотреть на шины из коридора обслуживания:

при горизонтальном расположении: слева направо *A-B-C-N-PE (PEN)*;

при вертикальном расположении: *A-B-C-N-PE (PEN)* сверху вниз.

3. При постоянном токе шины должны располагаться:

сборные шины при вертикальном расположении: верхняя *M*, средняя (-), нижняя (+);

сборные шины при горизонтальном расположении:

наиболее удаленная *M*, средняя (-) и ближайшая (+), если смотреть на шины из коридора обслуживания;

ответвления от сборных шин: левая шина *M*, средняя (-), правая (+), если смотреть на шины из коридора обслуживания.

В отдельных случаях допускаются отступления от требований, приведенных в пп. 1-3, если их выполнение связано с существенным усложнением электроустановок (например, вызывает необходимость установки специальных опор вблизи подстанции для транспозиции проводов воздушных линий электропередачи - ВЛ) или если на подстанции применяются две или более ступени трансформации.

1.1.32. Электроустановки по условиям электробезопасности разделяются на электроустановки напряжением до 1 кВ и электроустановки напряжением выше 1 кВ (по действующему значению напряжения).

Безопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться выполнением мер защиты, предусмотренных в гл. 1.7, а также следующих мероприятий:

соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем закрытия, ограждения токоведущих частей;

применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;

применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;

применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;

использование средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия

электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы.

1.1.33. В электропомещениях с установками напряжением до 1 кВ допускается применение неизолированных и изолированных токоведущих частей без защиты от прикосновения, если по местным условиям такая защита не является необходимой для каких-либо иных целей (например, для защиты от механических воздействий). При этом доступные прикосновению части должны располагаться так, чтобы нормальное обслуживание не было сопряжено с опасностью прикосновения к ним.

1.1.34. В жилых, общественных и других помещениях устройства для ограждения и закрытия токоведущих частей должны быть сплошные; в помещениях, доступных только для квалифицированного персонала, эти устройства могут быть сплошные, сетчатые или дырчатые.

Ограждающие и закрывающие устройства должны быть выполнены так, чтобы снимать или открывать их можно было только при помощи ключей или инструментов.

1.1.35. Все ограждающие и закрывающие устройства должны обладать требуемой (в зависимости от местных условий) механической прочностью. При напряжении выше 1 кВ толщина металлических ограждающих и закрывающих устройств должна быть не менее 1 мм.

1.1.36. Для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током, от действия электрической дуги и т. п. все электроустановки должны быть снабжены средствами защиты, а также средствами оказания первой помощи в соответствии с действующими правилами применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках.

1.1.37. Пожаро- и взрывобезопасность электроустановок должны обеспечиваться выполнением требований, приведенных в соответствующих главах настоящих Правил.

При сдаче в эксплуатацию электроустановки должны быть снабжены противопожарными средствами и инвентарем в соответствии с действующими положениями.

1.1.38. Вновь сооруженные и реконструированные электроустановки и установленное в них электрооборудование должно быть подвергнуто приемно-сдаточным испытаниям.

1.1.39. Вновь сооруженные и реконструированные электроустановки вводятся в промышленную эксплуатацию только после их приемки согласно действующим положениям.

## **Глава 1.2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ**

### **УТВЕРЖДЕНО**

Министерством энергетики  
Российской Федерации

Приказ от 8 июля 2002 г. № 204

*Вводится в действие  
с 1 января 2003 г.*

### **Область применения, определения**

1.2.1. Настоящая глава Правил распространяется на все системы электроснабжения.

Системы электроснабжения подземных, тяговых и других специальных установок, кроме требований настоящей главы, должны соответствовать также требованиям специальных правил.

1.2.2. Энергетическая система (энергосистема) - совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режимов в непрерывном процессе производства, преобразования, передачи и распределения электрической и тепловой энергии при общем управлении этим режимом.

1.2.3. Электрическая часть энергосистемы - совокупность электроустановок электрических станций и электрических сетей энергосистемы.

1.2.4. Электроэнергетическая система - электрическая часть энергосистемы и питающиеся от нее приемники электрической энергии, объединенные общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии.

1.2.5. Электроснабжение - обеспечение потребителей электрической энергией.

Система электроснабжения - совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией.

Централизованное электроснабжение - электроснабжение потребителей электрической энергии от энергосистемы.

1.2.6. Электрическая сеть - совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории.

1.2.7. Приемник электрической энергии (электроприемник) - аппарат, агрегат и др., предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

1.2.8. Потребитель электрической энергии - электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории.

1.2.9. Нормальный режим потребителя электрической энергии – режим, при котором обеспечиваются заданные значения параметров его работы.

Послеаварийный режим – режим, в котором находится потребитель электрической энергии в результате нарушения в системе его электроснабжения до установления нормального режима после локализации отказа.

1.2.10. Независимый источник питания - источник питания, на котором сохраняется напряжение в послеаварийном режиме в регламентированных пределах при исчезновении его на другом или других источниках питания.

К числу независимых источников питания относятся две секции или системы шин одной или двух электростанций и подстанций при одновременном соблюдении следующих двух условий:

1) каждая из секций или систем шин в свою очередь имеет питание от независимого источника питания;

2) секции (системы) шин не связаны между собой или имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной из секций (систем) шин.

### **Общие требования**

1.2.11. При проектировании систем электроснабжения и реконструкции электроустановок должны рассматриваться следующие вопросы:

1) перспектива развития энергосистем и систем электроснабжения с учетом рационального сочетания вновь сооружаемых электрических сетей с действующими и вновь сооружаемыми сетями других классов напряжения;

2) обеспечение комплексного централизованного электроснабжения всех потребителей электрической энергии, расположенных в зоне действия электрических сетей, независимо от их принадлежности;

3) ограничение токов КЗ предельными уровнями, определяемыми на перспективу;

4) снижение потерь электрической энергии;

5) соответствие принимаемых решений условиям охраны окружающей среды.

При этом должны рассматриваться в комплексе внешнее и внутреннее электроснабжение с учетом возможностей и экономической целесообразности технологического резервирования.

При решении вопросов резервирования следует учитывать перегрузочную способность элементов электроустановок, а также наличие резерва в технологическом оборудовании.

1.2.12. При решении вопросов развития систем электроснабжения следует учитывать ремонтные, аварийные и послеаварийные режимы.

1.2.13. При выборе независимых взаимно резервирующих источников питания, являющихся объектами энергосистемы, следует учитывать вероятность одновременного зависящего кратковременного снижения или полного исчезновения напряжения на время действия релейной защиты и автоматики при повреждениях в электрической части энергосистемы, а также одновременного длительного исчезновения напряжения на этих источниках питания при тяжелых системных авариях.

1.2.14. Требования 1.2.11-1.2.13 должны быть учтены на всех промежуточных этапах развития энергосистем и систем электроснабжения.

1.2.15. Проектирование электрических сетей должно осуществляться с учетом вида их обслуживания (постоянное дежурство, дежурство на дому, выездные бригады и др.).

1.2.16. Работа электрических сетей напряжением 2-35 кВ может предусматриваться как с изолированной нейтралью, так и с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор или резистор.

Компенсация емкостного тока замыкания на землю должна применяться при значениях этого тока в нормальных режимах:

в сетях напряжением 3-20 кВ, имеющих железобетонные и металлические опоры на воздушных линиях электропередачи, и во всех сетях напряжением 35 кВ - более 10 А;

в сетях, не имеющих железобетонных и металлических опор на воздушных линиях электропередачи:

более 30 А при напряжении 3-6 кВ;

более 20 А при напряжении 10 кВ;

более 15 А при напряжении 15-20 кВ;

в схемах генераторного напряжения 6-20 кВ блоков генератор-трансформатор – более 5А.

При токах замыкания на землю более 50 А рекомендуется применение не менее двух заземляющих реакторов.

Работа электрических сетей напряжением 110 кВ может предусматриваться как с глухозаземленной, так и с эффективно заземленной нейтралью.

Электрические сети напряжением 220 кВ и выше должны работать только с глухозаземленной нейтралью.

### **Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения**

1.2.17. Категории электроприемников по надежности электроснабжения определяются в процессе проектирования системы электроснабжения на основании нормативной документации, а также технологической части проекта.

1.2.18. В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяются на следующие три категории.

Электроприемники первой категории - электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения.

Из состава электроприемников первой категории выделяется *особая группа* электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов и пожаров.

Электроприемники второй категории - электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники третьей категории - все остальные электроприемники, не подпадающие под определения первой и второй категорий.

1.2.19. Электроприемники первой категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Для электроснабжения особой группы электроприемников первой категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников первой категории могут быть использованы местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного напряжения), предназначенные для этих целей агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т. п.

Если резервированием электроснабжения нельзя обеспечить непрерывность технологического процесса или если резервирование электроснабжения экономически нецелесообразно, должно быть осуществлено технологическое резервирование, например, путем установки взаимно резервирующих технологических агрегатов, специальных устройств безаварийного останова технологического процесса, действующих при нарушении электроснабжения.

Электроснабжение электроприемников первой категории с особо сложным непрерывным технологическим процессом, требующим длительного времени на восстановление нормального режима, при наличии технико-экономических обоснований рекомендуется осуществлять от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, к которым предъявляются дополнительные требования, определяемые особенностями технологического процесса.

1.2.20. Электроприемники второй категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания.

Для электроприемников второй категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

1.2.21. Для электроприемников третьей категории электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 суток.

### **Уровни и регулирование напряжения, компенсация реактивной мощности**

1.2.22. Для электрических сетей следует предусматривать технические мероприятия по обеспечению качества электрической энергии в соответствии с требованиями ГОСТ 13109.

1.2.23. Устройства регулирования напряжения должны обеспечивать поддержание напряжения на шинах напряжением 3-20 кВ электростанций и подстанций, к которым присоединены распределительные сети, в пределах не ниже 105 % номинального в период наибольших нагрузок и не выше 100% номинального в период наименьших нагрузок этих сетей. Отклонения от указанных уровней напряжения должны быть обоснованы.

1.2.24. Выбор и размещение устройств компенсации реактивной мощности в электрических сетях производятся исходя из необходимости обеспечения требуемой пропускной способности сети в нормальных и послеаварийных режимах при поддержании необходимых уровней напряжения и запасов устойчивости.

## **Глава 1.3. ВЫБОР ПРОВОДНИКОВ ПО НАГРЕВУ, ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА И ПО УСЛОВИЯМ КОРОНЫ**

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

1.3.1. Настоящая глава Правил распространяется на выбор сечений электрических проводников (неизолированные и изолированные провода, кабели и шины) по нагреву, экономической плотности тока и по условиям короны. Если сечение проводника, определенное по этим условиям, получается меньше сечения, требуемого по другим условиям (термическая и электродинамическая стойкость при токах КЗ, потери и отклонения напряжения, механическая прочность, защита от перегрузки), то должно приниматься наибольшее сечение, требуемое этими условиями.

### **ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ПРОВОДНИКОВ ПО НАГРЕВУ**

1.3.2. Проводники любого назначения должны удовлетворять требованиям в отношении предельно допустимого нагрева с учетом не только нормальных, но и послеаварийных режимов, а также режимов в период ремонта и возможных неравномерностей распределения токов между линиями, секциями шин и т. п. При проверке на нагрев принимается получасовой максимум тока, наибольший из средних получасовых токов данного элемента сети.

1.3.3. При повторно-кратковременном и кратковременном режимах работы электроприемников (с общей длительностью цикла до 10 мин и длительностью рабочего периода не более 4 мин) в качестве расчетного тока для проверки сечения проводников по нагреву следует принимать ток, приведенный к длительному режиму. При этом:

1) для медных проводников сечением до 6 мм<sup>2</sup>, а для алюминиевых проводников до 10 мм<sup>2</sup> ток принимается как для установок с длительным режимом работы;

2) для медных проводников сечением более 6 мм<sup>2</sup>, а для алюминиевых проводников более 10 мм<sup>2</sup> ток определяется умножением допустимого длительного тока на коэффициент  $0,875 / \sqrt{T_{п.в}}$ , где  $T_{п.в}$  - выраженная в относительных единицах длительность рабочего периода (продолжительность включения по отношению к продолжительности цикла).

1.3.4. Для кратковременного режима работы с длительностью включения не более 4 мин и перерывами между включениями, достаточными для охлаждения проводников до температуры окружающей среды, наибольшие допустимые токи следует определять по нормам повторно - кратковременного режима (см. 1.3.3). При длительности включения более 4 мин, а также при перерывах недостаточной длительности между включениями наибольшие допустимые токи следует определять как для установок с длительным режимом работы.

1.3.5. Для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией, несущих нагрузки меньше номинальных, может допускаться кратковременная перегрузка, указанная в табл. 1.3.1.

1.3.6. На период ликвидации послеаварийного режима для кабелей с полиэтиленовой изоляцией допускается перегрузка до 10%, а для кабелей с поливинилхлоридной изоляцией до 15% номинальной на время максимумов нагрузки продолжительностью не более 6 ч в сутки в течение 5 сут., если нагрузка в остальные периоды времени этих суток не превышает номинальной.

На период ликвидации послеаварийного режима для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией допускаются перегрузки в течение 5 сут. в пределах, указанных в табл. 1.3.2.

**Таблица 1.3.1. Допустимая кратковременная перегрузка для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией**

Коэффициент предварительной нагрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка по отношению к номинальной в течение, ч		
		0,5	1,0	3,0
0,6	В земле	1,35	1,30	1,15
	В воздухе	1,25	1,15	1,10
	В трубах (в земле)	1,20	1,0	1,0
0,8	В земле	1,20	1,15	1,10
	В воздухе	1,15	1,10	1,05
	В трубах (в земле)	1,10	1,05	1,00

**Таблица 1.3.2. Допустимая на период ликвидации послеаварийного режима перегрузка для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией**

Коэффициент предварительной нагрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка по отношению к номинальной при длительности максимума, ч		
		1	3	6
0,6	В земле	1,5	1,35	1,25
	В воздухе	1,35	1,25	1,25
	В трубах (в земле)	1,30	1,20	1,15
0,8	В земле	1,35	1,25	1,20
	В воздухе	1,30	1,25	1,25
	В трубах (в земле)	1,20	1,15	1,10

Для кабельных линий, находящихся в эксплуатации более 15 лет, перегрузки должны быть понижены на 10%.

Перегрузка кабельных линий напряжением 20-35 кВ не допускается.

1.3.7. Требования к нормальным нагрузкам и послеаварийным перегрузкам относятся к кабелям и установленным на них соединительным и концевым муфтам и концевым заделкам.

1.3.8. Нулевые рабочие проводники в четырехпроводной системе трехфазного тока должны иметь проводимость не менее 50% проводимости фазных проводников; в необходимых случаях она должна быть увеличена до 100% проводимости фазных проводников.

1.3.9. При определении допустимых длительных токов для кабелей, неизолированных и изолированных проводов и шин, а также для жестких и гибких токопроводов, проложенных в среде, температура которой существенно отличается от приведенной в 1.3.12-1.3.15 и 1.3.22, следует применять коэффициенты, приведенные в табл. 1.3.3.

**Таблица 1.3.3. Поправочные коэффициенты на токи для кабелей, неизолированных и изолированных проводов и шин в зависимости от температуры земли и воздуха**

Условная	Нормированная	Поправочные коэффициенты на токи при расчетной температуре среды, °С
----------	---------------	--

температура среды, °С	температура жил, °С	-5 и ниже	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68
25	80	1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74
25	70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
15	65	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
25	65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
15	60	1,20	1,15	1,12	1,06	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,57	0,47
25	60	1,36	1,31	1,25	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76	0,66	0,54
15	55	1,22	1,17	1,12	1,07	1,00	0,93	0,86	0,79	0,71	0,61	0,50	0,36
25	55	1,41	1,35	1,29	1,23	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
15	50	1,25	1,20	1,14	1,07	1,00	0,93	0,84	0,76	0,66	0,54	0,37	-
25	50	1,48	1,41	1,34	1,26	1,18	1,09	1,00	0,89	0,78	0,63	0,45	-

### ДОПУСТИМЫЕ ДЛИТЕЛЬНЫЕ ТОКИ ДЛЯ ПРОВОДОВ, ШНУРОВ И КАБЕЛЕЙ С РЕЗИНОВОЙ ИЛИ ПЛАСТМАССОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

1.3.10. Допустимые длительные токи для проводов с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией, шнуров с резиновой изоляцией и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках приведены в табл. 1.3.4-1.3.11. Они приняты для температур: жил +65, окружающего воздуха +25 и земли + 15°С.

При определении количества проводов, прокладываемых в одной трубе (или жил многожильного проводника), нулевой рабочий проводник четырехпроводной системы трехфазного тока, а также заземляющие и нулевые защитные проводники в расчет не принимаются.

Данные, содержащиеся в табл. 1.3.4 и 1.3.5, следует применять независимо от количества труб и места их прокладки (в воздухе, перекрытиях, фундаментах).

Допустимые длительные токи для проводов и кабелей, проложенных в коробах, а также в лотках пучками, должны приниматься: для проводов - по табл. 1.3.4 и 1.3.5 как для проводов, проложенных в трубах, для кабелей - по табл. 1.3.6-1.3.8 как для кабелей, проложенных в воздухе. При количестве одновременно нагруженных проводов более четырех, проложенных в трубах, коробах, а также в лотках пучками, токи для проводов должны приниматься по табл. 1.3.4 и 1.3.5 как для проводов, проложенных открыто (в воздухе), с введением снижающих коэффициентов 0,68 для 5 и 6; 0,63 для 7-9 и 0,6 для 10-12 проводников.

Для проводов вторичных цепей снижающие коэффициенты не вводятся.

**Таблица 1.3.4. Допустимый длительный ток для проводов и шнуров с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одно-жильных	трех одно-жильных	четырёх одно-жильных	одного двух-жильного	одного трех-жильного
0,5	11	-	-	-	-	-
0,75	15	-	-	-	-	-
1	17	16	15	14	15	14
1,2	20	18	16	15	16	14,5
1,5	23	19	17	16	18	15
2	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21
3	34	32	28	26	28	24
4	41	38	35	30	32	27
5	46	42	39	34	37	31
6	50	46	42	40	40	34
8	62	54	51	46	48	43
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175



95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250
150	440	360	330	-	-	-
185	510	-	-	-	-	-
240	605	-	-	-	-	-
300	695	-	-	-	-	-
400	830	-	-	-	-	-

**Таблица 1.3.5. Допустимый длительный ток для проводов с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одно-жильных	трех одно-жильных	четырёх одно-жильных	одногодвух-жильного	одного трех-жильного
2	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	26
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	-	-	-
185	390	-	-	-	-	-
240	465	-	-	-	-	-
300	535	-	-	-	-	-
400	645	-	-	-	-	-

**Таблица 1.3.6. Допустимый длительный ток для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках и кабелей с медными жилами с резиновой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной, найритовой или резиновой оболочке, бронированных и небронированных**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток *, А, для проводов и кабелей				
	одножильных	двухжильных		трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500

240	605	-	-	-	-
-----	-----	---	---	---	---

\* Токи относятся к проводам и кабелям как с нулевой жилой, так и без нее.

**Таблица 1.3.7. Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных и небронированных**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей				
	одножильных		двухжильных		трехжильных
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	390	310	440	270	385
240	465	-	-	-	-

Примечание. Допустимые длительные токи для четырехжильных кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 1 кВ могут выбираться по табл. 1.3.7, как для трехжильных кабелей, но с коэффициентом 0,92.

**Таблица 1.3.8. Допустимый длительный ток для переносных шланговых легких и средних шнуров, переносных шланговых тяжелых кабелей, шахтных гибких шланговых, прожекторных кабелей и переносных проводов с медными жилами**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток *, А, для шнуров, проводов и кабелей		
	одножильных	двухжильных	трехжильных
0,5	-	12	-
0,75	-	16	14
1,0	-	18	16
1,5	-	23	20
2,5	40	33	28
4	50	43	36
6	65	55	45
10	90	75	60
16	120	95	80
25	160	125	105
35	190	150	130
50	235	185	160
70	290	235	200

\* Токи относятся к шнурам, проводам и кабелям с нулевой жилой и без нее

**Таблица 1.3.9. Допустимый длительный ток для переносных шланговых с медными жилами с резиновой изоляцией кабелей для торфопредприятий**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток *, А, для кабелей напряжением, кВ		
	0,5	3	6
6	44	45	47
10	60	60	65
16	80	80	85
25	100	105	105
35	125	125	130
50	155	155	160
70	190	195	-

\* Токи относятся к кабелям с нулевой жилой и без нее.

**Таблица 1.3.10. Допустимый длительный ток для шланговых с медными жилами с резиновой изоляцией кабелей для передвижных электроприемников**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток *, А, для кабелей напряжением, кВ		Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток *, А, для кабелей напряжением, кВ	
	3	6		3	6
16	85	90	70	215	220
25	115	120	95	260	265
35	140	145	120	305	310
50	175	180	150	345	350

\* Токи относятся к кабелям с нулевой жилой и без нее.

**Таблица 1.3.11. Допустимый длительный ток для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией для электрифицированного транспорта 1,3 и 4 кВ**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А	Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А	Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А
1	20	16	115	120	390
1,5	25	25	150	150	445
2,5	40	35	185	185	505
4	50	50	230	240	590
6	65	70	285	300	670
10	90	95	340	350	745

**Таблица 1.3.12. Снижающий коэффициент для проводов и кабелей, прокладываемых в коробах**

Способ прокладки	Количество проложенных проводов и кабелей		Снижающий коэффициент для проводов, питающих	
	одножильных	многожильных	отдельные электроприемники с коэффициентом использования до 0,7	группы электроприемников и отдельные приемники с коэффициентом использования более 0,7
Многослойно и пучками	-	До 4	1,0	-
	2	5-6	0,85	-
	3-9	7-9	0,75	-
	10-11	10-11	0,7	-
	12-14	12-14	0,65	-
Однослойно	15-18	15-18	0,6	-
	2-4	2-4	-	0,67
	5	5	-	0,6

1.3.11. Допустимые длительные токи для проводов, проложенных в лотках, при однорядной прокладке (не в пучках) следует принимать, как для проводов, проложенных в воздухе.

Допустимые длительные токи для проводов и кабелей, прокладываемых в коробах, следует принимать по табл. 1.3.4-1.3.7 как для одиночных проводов и кабелей, проложенных открыто (в воздухе), с применением снижающих коэффициентов, указанных в табл. 1.3.12.

При выборе снижающих коэффициентов контрольные и резервные провода и кабели не учитываются.

### ДОПУСТИМЫЕ ДЛИТЕЛЬНЫЕ ТОКИ ДЛЯ КАБЕЛЕЙ С БУМАЖНОЙ ПРОПИТАННОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

1.3.12. Допустимые длительные токи для кабелей напряжением до 35 кВ с изоляцией из пропитанной кабельной бумаги в свинцовой, алюминиевой или поливинилхлоридной оболочке приняты в соответствии с допустимыми температурами жил кабелей:

Номинальное напряжение, кВ . . .	До 3	6	10	20 и 35
Допустимая температура жилы кабеля, °С .....	+80	+65	+60	+50

1.3.13. Для кабелей, проложенных в земле, допустимые длительные токи приведены в табл. 1.3.13, 1.3.16, 1.3.19-1.3.22. Они приняты из расчета прокладки в траншее на глубине 0,7-1,0 м не более одного кабеля при температуре земли +15°С и удельном сопротивлении земли 120 см·К/Вт.

**Таблица 1.3.13. Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в земле**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырёхжильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
6	-	80	70	-	-	-
10	140	105	95	80	-	85
16	175	140	120	105	95	115
25	235	185	160	135	120	150
35	285	225	190	160	150	175
50	360	270	235	200	180	215
70	440	325	285	245	215	265
95	520	380	340	295	265	310
120	595	435	390	340	310	350
150	675	500	435	390	355	395
185	755	-	490	440	400	450
240	880	-	570	510	460	-
300	1000	-	-	-	-	-
400	1220	-	-	-	-	-
500	1400	-	-	-	-	-
625	1520	-	-	-	-	-
800	1700	-	-	-	-	-

**Таблица 1.3.14. Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воде**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей			
	трехжильных напряжением, кВ			четырёхжильных до 1 кВ
	до 3	6	10	
16	-	135	120	-
25	210	170	150	195
35	250	205	180	230
50	305	255	220	285

70	375	310	275	350
95	440	375	340	410
120	505	430	395	470
150	565	500	450	-
185	615	545	510	-
240	715	625	585	-

**Таблица 1.3.15. Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей					
	одно-жильных до 1 кВ	двух-жильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырёх-жильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
6	-	55	45	-	-	-
10	95	75	60	55	-	60
16	120	95	80	65	60	80
25	160	130	105	90	85	100
35	200	150	125	110	105	120
50	245	185	155	145	135	145
70	305	225	200	175	165	185
95	360	275	245	215	200	215
120 150	415 470	320 375	285 330	250 290	240 270	260 300
185	525	-	375	325	305	340
240	610	-	430	375	350	-
300	720	-	-	-	-	-
400	880	-	-	-	-	-
500	1020	-	-	-	-	-
625	1180	-	-	-	-	-
800	1400	-	-	-	-	-

**Таблица 1.3.16. Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в земле**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырёхжильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
6	-	60	55	-	-	-
10	110	80	75	60	-	65
16	135	110	90	80	75	90
25	180	140	125	105	90	115
35	220	175	145	125	115	135
50	275	210	180	155	140	165
70	340	250	220	190	165	200
95	400	290	260	225	205	240
120	460	335	300	260	240	270
150	520	385	335	300	275	305
185	580	-	380	340	310	345
240	675	-	440	390	355	-
300	770	-	-	-	-	-
400	940	-	-	-	-	-
500	1080	-	-	-	-	-
625	1170	-	-	-	-	-
800	1310	-	-	-	-	-

**Таблица 1.3.17. Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воде**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей			
	трехжильных напряжением, кВ			четырёхжильных до 1 кВ
	до 3	6	10	
16	-	105	90	-
25	160	130	115	150
35	190	160	140	175
50	235	195	170	220
70	290	240	210	270
95	340	290	260	315
120	390	330	305	360
150	435	385	345	-
185	475	420	390	-
240	550	480	450	-

**Таблица 1.3.18. Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей					четырёхжильных до 1 кВ
	одножильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			
			до 3	6	10	
6	-	42	35	-	-	-
10	75	55	46	42	-	45
16	90	75	60	50	46	60
25	125	100	80	70	65	75
35	155	115	95	85	80	95
50	190	140	120	110	105	110
70	235	175	155	135	130	140
95	275	210	190	165	155	165
120	320	245	220	190	185	200
150	360	290	255	225	210	230
185	405	-	290	250	235	260
240	470	-	330	290	270	-
300	555	-	-	-	-	-
400	675	-	-	-	-	-
500	785	-	-	-	-	-
625	910	-	-	-	-	-
800	1080	-	-	-	-	-

**Таблица 1.3.19. Допустимый длительный ток для трехжильных кабелей напряжением 6 кВ с медными жилами с обедненнопропитанной изоляцией в общей свинцовой оболочке, прокладываемых в земле и воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей проложенных		Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей проложенных	
	в земле	в воздухе		в земле	в воздухе
16	90	65	70	220	170
25	120	90	95	265	210
35	145	110	120	310	245
50	180	140	150	355	290

**Таблица 1.3.20. Допустимый длительный ток для трехжильных кабелей напряжением 6 кВ с алюминиевыми жилами с обедненнопропитанной изоляцией в общей свинцовой оболочке, прокладываемых в земле и воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей проложенных		Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей проложенных	
	в земле	в воздухе		в земле	в воздухе
16	70	50	70	170	130
25	90	70	95	205	160
35	110	85	120	240	190
50	140	110	150	275	225

**Таблица 1.3.21. Допустимый длительный ток для кабелей с отдельно освинцованными медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массой изоляцией, прокладываемых в земле, воде, воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для трехжильных кабелей напряжением, кВ					
	20			35		
	при прокладке					
	в земле	в воде	в воздухе	в земле	в воде	в воздухе
25	110	120	85	-	-	-
35	135	145	100	-	-	-
50	165	180	120	-	-	-
70	200	225	150	-	-	-
95	240	275	180	-	-	-
120	275	315	205	270	290	205
150	315	350	230	310	-	230
185	355	390	265	-	-	-

**Таблица 1.3.22. Допустимый длительный ток для кабелей с отдельно освинцованными алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массой изоляцией, прокладываемых в земле, воде, воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для трехжильных кабелей напряжением, кВ					
	20			35		
	при прокладке					
	в земле	в воде	в воздухе	в земле	в воде	в воздухе
25	85	90	65	-	-	-
35	105	110	75	-	-	-
50	125	140	90	-	-	-
70	155	175	115	-	-	-
95	185	210	140	-	-	-
120	210	245	160	210	225	160
150	240	270	175	240	-	175
185	275	300	205	-	-	-

**Таблица 1.3.23. Поправочный коэффициент на допустимый длительный ток для кабелей, проложенных в земле, в зависимости от удельного сопротивления земли**

Характеристика земли	Удельное сопротивление см·К/Вт	Поправочный коэффициент
Песок влажностью более 9% песчано-глинистая почва влажностью более 1%	80	1,05
Нормальная почва и песок влажностью 7-9%, песчано-глинистая почва влажностью 12-14%	120	1,00
Песок влажностью более 4 и менее 7%, песчано-глинистая почва влажностью 8-12%	200	0,87
Песок влажностью до 4%, каменистая почва	300	0,75

При удельном сопротивлении земли, отличающемся от 120 см·К/Вт, необходимо к токовым нагрузкам, указанным в упомянутых ранее таблицах, применять поправочные коэффициенты, указанные в табл. 1.3.23.

1.3.14. Для кабелей, проложенных в воде, допустимые длительные токи приведены в табл. 1.3.14, 1.3.17, 1.3.21, 1.3.22. Они приняты из расчета температуры воды +15°C.

1.3.15. Для кабелей, проложенных в воздухе, внутри и вне зданий, при любом количестве кабелей и температуре воздуха +25°C допустимые длительные токи приведены в табл. 1.3.15, 1.3.18-1.3.22, 1.3.24, 1.3.25.

1.3.16. Допустимые длительные токи для одиночных кабелей, прокладываемых в трубах в земле, должны приниматься как для тех же кабелей, прокладываемых в воздухе, при температуре, равной температуре земли.

**Таблица 1.3.24. Допустимый длительный ток для одножильных кабелей с медной жилой с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, небронированных, прокладываемых в воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток *, А, для кабелей напряжением, кВ		
	до 3	20	35
10	85/-	-	-
16	120/-	-	-
25	145/-	105/110	-
35	170/-	125/135	-
50	215/-	155/165	-
70	260/-	185/205	-
95	305/-	220/255	-
120	330/-	245/290	240/265
150	360/-	270/330	265/300
185	385/-	290/360	285/335
240	435/-	320/395	315/380
300	460/-	350/425	340/420
400	485/-	370/450	-
500	505/-	-	-
625	525/-	-	-
800	550/-	-	-

\* В числителе указаны токи для кабелей, расположенных в одной плоскости с расстоянием в свету 35-125 мм, в знаменателе - для кабелей, расположенных вплотную треугольником.

1.3.17. При смешанной прокладке кабелей допустимые длительные токи должны приниматься для участка трассы с наихудшими условиями охлаждения, если длина его более 10 м. Рекомендуется применять в указанных случаях кабельные вставки большего сечения.

1.3.18. При прокладке нескольких кабелей в земле (включая прокладку в трубах) допустимые длительные токи должны быть уменьшены путем введения коэффициентов, приведенных в табл. 1.3.26. При этом не должны учитываться резервные кабели.

Прокладка нескольких кабелей в земле с расстояниями между ними менее 100 мм в свету не рекомендуется.

1.3.19. Для масло- и газонаполненных одножильных бронированных кабелей, а также других кабелей новых конструкций допустимые длительные токи устанавливаются заводами-изготовителями.

1.3.20. Допустимые длительные токи для кабелей, прокладываемых в блоках, следует определять по эмпирической формуле

$$I = abcI_0,$$

где  $I_0$  - допустимый длительный ток для трехжильного кабеля напряжением 10 кВ с медными или алюминиевыми жилами, определяемый по табл. 1.3.27;  $a$  - коэффициент, выбираемый по табл. 1.3.28 в зависимости от сечения и расположения кабеля в блоке;  $b$  - коэффициент, выбираемый в зависимости от напряжения кабеля:



Номинальное напряжение кабеля, кВ	До 3	6	10
Коэффициент $b$ .....	1,09	1,05	1,0

$c$  - коэффициент, выбираемый в зависимости от среднесуточной загрузки всего блока:

Среднесуточная загрузка $S_{\text{ср.сут.}} / S_{\text{ном}}$ .....	1	0,85	0,7
Коэффициент $c$	1	1,07	1,16

**Таблица 1.3.25. Допустимый длительный ток для одножильных кабелей с алюминиевой жилой с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массама изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, небронированных, прокладываемых в воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток *, А, для кабелей напряжением, кВ		
	до 3	20	35
10	65/-	-	-
16	90/-	-	-
25	110/-	80/85	-
35	130/-	95/105	-
50	165/-	120/130	-
70	200/-	140/160	-
95	235/-	170/195	-
120	255/-	190/225	185/205
150	275/-	210/255	205/230
185	295/-	225/275	220/255
240	335/-	245/305	245/290
300	355/-	270/330	260/330
400	375/-	285/350	-
500	390/-	-	-
625	405/-	-	-
800	425/-	-	-

\* В числителе указаны токи для кабелей, расположенных в одной плоскости с расстоянием в свету 35-125 мм, в знаменателе - для кабелей, расположенных вплотную треугольником.

**Таблица 1.3.26. Поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле (в трубах или без труб)**

Расстояние между кабелями в свету, мм	Коэффициент при количестве кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

**Таблица 1.3.27. Допустимый длительный ток для кабелей, кВ с медными или алюминиевыми жилами сечением 95 мм<sup>2</sup>, прокладываемых в блоках**

Группа	Конфигурация блоков	№ канала	Ток I, А для кабелей	
			медных	алюминевых
I		1	191	147
II		2	173	133
		3	167	129
III		2	154	119
IV		2	147	113
		3	138	106
V		2	143	110
		3	135	104
		4	131	101
VI		2	140	103
		3	132	102
		4	118	91
VII		2	136	105
		3	132	102
		4	119	92
VIII		2	135	104
		3	124	96
		4	104	80
IX		2	135	104
		3	118	91
		4	100	77
X		2	133	102
		3	116	90
		4	81	62
XI		2	129	99
		3	114	88
		4	79	55

Таблица 1.3.28. Поправочный коэффициент  $a$  на сечение кабеля

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Коэффициент для номера канала в блоке			
	1	2	3	4
25	0,44	0,46	0,47	0,51
35	0,54	0,57	0,57	0,60
50	0,67	0,69	0,69	0,71
70	0,81	0,84	0,84	0,85

95	1,00	1,00	1,00	1,00
120	1,14	1,13	1,13	1,12
150	1,33	1,30	1,29	1,26
185	1,50	1,46	1,45	1,38
240	1,78	1,70	1,68	1,55

Резервные кабели допускается прокладывать в незаномерованных каналах блока, если они работают, когда рабочие кабели отключены.

1.3.21. Допустимые длительные токи для кабелей, прокладываемых в двух параллельных блоках одинаковой конфигурации, должны уменьшаться путем умножения на коэффициенты, выбираемые в зависимости от расстояния между блоками:

Расстояние между блоками, мм	500	1000	1500	2000	2500	3000
Коэффициент .....	0,85	0,89	0,91	0,93	0,95	0,96

### ДОПУСТИМЫЕ ДЛИТЕЛЬНЫЕ ТОКИ ДЛЯ НЕИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ И ШИН

1.3.22. Допустимые длительные токи для неизолированных проводов и окрашенных шин приведены в табл. 1.3.29-1.3.35. Они приняты из расчета допустимой температуры их нагрева +70°C при температуре воздуха +25°C.

Для полых алюминиевых проводов марок ПА500 и ПА600 допустимый длительный ток следует принимать:

Марка провода .....	ПА500	ПА6000
Ток, А .....	1340	1680

1.3.23. При расположении шин прямоугольного сечения плашмя токи, приведенные в табл. 1.3.33, должны быть уменьшены на 5% для шин с шириной полос до 60 мм и на 8% для шин с шириной полос более 60 мм.

1.3.24. При выборе шин больших сечений необходимо выбирать наиболее экономичные по условиям пропускной способности конструктивные решения, обеспечивающие наименьшие добавочные потери от поверхностного эффекта и эффекта близости и наилучшие условия охлаждения (уменьшение количества полос в пакете, рациональная конструкция пакета, применение профильных шин и т.п.).

**Таблица 1.3.29. Допустимый длительный ток для неизолированных проводов по ГОСТ 839-80**

Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>	Сечение (алюминий/сталь), мм <sup>2</sup>	Ток, А, для проводов марок						
		АС, АСКС, АСК, АСКП		М	А и АКП		М	А и АКП
		вне помещений	внутри помещений	вне помещений	внутри помещений		внутри помещений	
10	10/1,8	84	53	95	-	60	-	
16	16/2,7	111	79	133	105	102	75	
25	25/4,2	142	109	183	136	137	106	
35	35/6,2	175	135	223	170	173	130	
50	50/8	210	165	275	215	219	165	
70	70/11	265	210	337	265	268	210	
95	95/16	330	260	422	320	341	255	
120	120/19	390	313	485	375	395	300	
	120/27	375	-	-	-	-	-	
	150/19	450	365	570	440	465	355	
150	150/24	450	365	-	-	-	-	
	150/34	450	-	-	-	-	-	
	185/24	520	430	650	500	540	410	
185	185/29	510	425	-	-	-	-	
	185/43	515	-	-	-	-	-	
	240/32	605	505	760	590	685	490	
240	240/39	610	505	-	-	-	-	
	240/56	610	-	-	-	-	-	
	300/39	710	600	880	680	740	570	
300	300/48	690	585	-	-	-	-	

	300/66	680	-				
330	330/27	730	-	-	-	-	-
400	400/22	830	713	1050	815	895	690
	400/51	825	705				
500	400/64	860	-				
	500/27	960	830	-	980	-	820
	500/64	945	815				
600	600/72	1050	920	-	1100	-	955
700	700/86	1180	1040	-	-	-	-

**Таблица 1.3.30. Допустимый длительный ток для шин круглого и трубчатого сечений**

Диаметр, мм	Круглые шины		Медные трубы		Алюминиевые трубы		Стальные трубы				
	Ток *, А		Внутренний и наружный диаметры, мм	Ток, А	Внутренний и наружный диаметры, мм	Ток, А	Условный проход, мм	Толщина стенки, мм	Наружный диаметр, мм	Переменный ток, А	
	медные	алюминиевые								без разреза	с продольным разрезом
6	155/155	120/120	12/15	340	13/16	295	8	2,8	13,5	75	-
7	195/195	150/150	14/18	460	17/20	345	10	2,8	17,0	90	-
8	235/235	180/180	16/20	505	18/22	425	15	3,2	21,3	118	-
10	320/320	245/245	18/22	555	27/30	500	20	3,2	26,8	145	-
12	415/415	320/320	20/24	600	26/30	575	25	4,0	33,5	180	-
14	505/505	390/390	22/26	650	25/30	640	32	4,0	42,3	220	-
15	565/565	435/435	25/30	830	36/40	765	40	4,0	48,0	255	-
16	610/615	475/475	29/34	925	35/40	850	50	4,5	60,0	320	-
18	720/725	560/560	35/40	1100	40/45	935	65	4,5	75,5	390	-
19	780/785	605/610	40/45	1200	45/50	1040	80	4,5	88,5	455	-
20	835/840	650/655	45/50	1330	50/55	1150	100	5,0	114	670	770
21	900/905	695/700	49/55	1580	54/60	1340	125	5,5	140	800	890
22	955/965	740/745	53/60	1860	64/70	1545	150	5,5	165	900	1000
25	1140/1165	885/900	62/70	2295	74/80	1770	-	-	-	-	-
27	1270/1290	980/1000	72/80	2610	72/80	2035	-	-	-	-	-
28	1325/1360	1025/1050	75/85	3070	75/85	2400	-	-	-	-	-
30	1450/1490	1120/1155	90/95	2460	90/95	1925	-	-	-	-	-
35	1770/1865	1370/1450	95/100	3060	90/100	2840	-	-	-	-	-
38	1960/2100	1510/1620	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	2080/2260	1610/1750	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	2200/2430	1700/1870	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	2380/2670	1850/2060	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\* В числителе приведены нагрузки при переменном токе, в знаменателе - при постоянном.

**Таблица 1.3.31. Допустимый длительный ток для шин прямоугольного сечения**

Размеры, мм	Медные шины				Алюминиевые шины				Стальные шины	
	Ток *, А, при количестве полос на полюс или фазу								Размеры, мм	Ток *, А
	1	2	3	4	1	2	3	4		
15x3	210	-	-	-	165	-	-	-	16x2,5	55/70
20x3	275	-	-	-	215	-	-	-	20x2,5	60/90
25x3	340	-	-	-	265	-	-	-	25x2,5	75/110
30x4	475	-	-	-	365/370	-	-	-	20x3	65/100
40x4	625	-/1090	-	-	480	-/855	-	-	25x3	80/120
40x5	700/705	-/1250	-	-	540/545	-/965	-	-	30x3	95/140
50x5	860/870	-/1525	-/1895	-	665/670	-/1180	-/1470	-	40x3	125/190
50x6	955/960	-/1700	-/2145	-	740/745	-/1315	-/1655	-	50x3	155/230
60x6	1125/1145	1740/1990	2240/2495	-	870/880	1350/1555	1720/1940	-	60x3	185/280
80x6	1480/1510	2110/2630	2720/3220	-	1150/1170	1630/2055	2100/2460	-	70x3	215/320

100x6	1810/1875	2470/3245	3170/3940	-	1425/1455	1935/2515	2500/3040	-	75x3	230/345
60x8	1320/1345	2160/2485	2790/3020	-	1025/1040	1680/1840	2180/2330	-	80x3	245/365
80x8	1690/1755	2620/3095	3370/3850	-	1320/1355	2040/2400	2620/2975	-	90x3	275/410
100x8	2080/2180	3060/3810	3930/4690	-	1625/1690	2390/2945	3050/3620	-	100x3	305/460
120x8	2400/2600	3400/4400	4340/5600	-	1900/2040	2650/3350	3380/4250	-	20x4	70/115
60x10	1475/1525	2560/2725	3300/3530	-	1155/1180	2010/2110	2650/2720	-	22x4	75/125
80x10	1900/1990	3100/3510	3990/4450	-	1480/1540	2410/2735	3100/3440	-	25x4	85/140
100x10	2310/2470	3610/4325	4650/5385	5300/6060	1820/1910	2860/3350	3650/4160	4150/4400	30x4	100/165
120x10	2650/2950	4100/5000	5200/6250	5900/6800	2070/2300	3200/3900	4100/4860	4650/5200	40x4	130/220
									50x4	165/270
									60x4	195/325
									70x4	225/375
									80x4	260/430
									90x4	290/480
									100x4	325/535

\* В числителе приведены значения переменного тока, в знаменателе - постоянного.

**Таблица 1.3.32. Допустимый длительный ток для неизолированных бронзовых и сталебронзовых проводов**

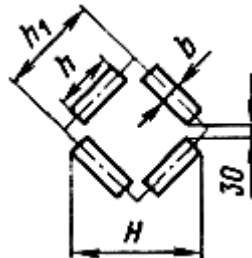
Провод	Марка провода	Ток *, А
Бронзовый	Б-50	215
	Б-70	265
	Б-95	330
	Б-120	380
	Б-150	430
	Б-185	500
	Б-240	600
	Б-300	700
Сталебронзовый	БС-185	515
	БС-240	640
	БС-300	750
	БС-400	890
	БС-500	980

\* Токи даны для бронзы с удельным сопротивлением  $\rho_{20} = 0,03 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ .

**Таблица 1.3.33. Допустимый длительный ток для неизолированных стальных проводов**

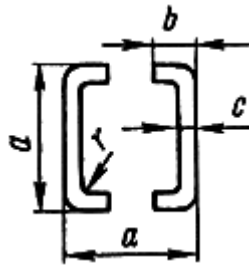
Марка провода	Ток, А	Марка провода	Ток, А
ПСО-3	23	ПС-25	60
ПСО-3,5	26	ПС-35	75
ПСО-4	30	ПС-50	90
ПСО-5	35	ПС-70	125
		ПС-95	135

**Таблица 1.3.34. Допустимый длительный ток для четырехполосных шин с расположением полос по сторонам квадрата ("полюй пакет")**



Размеры, мм				Поперечное сечение четырёхполосной шины, мм <sup>2</sup>	Ток, А, на пакет шин	
<i>h</i>	<i>b</i>	<i>h</i> <sub>1</sub>	<i>H</i>		медных	алюминиевых
80	8	140	157	2560	5750	4550
80	10	144	160	3200	6400	5100
100	8	160	185	3200	7000	5550
100	10	164	188	4000	7700	6200
120	10	184	216	4800	9050	7300

Таблица 1.3.35. Допустимый длительный ток для шин коробчатого сечения



Размеры, мм				Поперечное сечение одной шины, мм <sup>2</sup>	Ток, А, на две шины	
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>r</i>		медные	алюминиевые
75	35	4	6	520	2730	-
75	35	5,5	6	695	3250	2670
100	45	4,5	8	775	3620	2820
100	45	6	8	1010	4300	3500
125	55	6,5	10	1370	5500	4640
150	65	7	10	1785	7000	5650
175	80	8	12	2440	8550	6430
200	90	10	14	3435	9900	7550
200	90	12	16	4040	10500	8830
225	105	12,5	16	4880	12500	10300
250	115	12,5	16	5450	-	10800

### ВЫБОР СЕЧЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ ПО ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА

1.3.25. Сечения проводников должны быть проверены по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение  $S$ , мм<sup>2</sup>, определяется из соотношения

$$S = \frac{I}{J_{\text{эк}}}$$

где  $I$  - расчетный ток в час максимума энергосистемы, А;  $J_{\text{эк}}$  - нормированное значение экономической плотности тока, А/мм<sup>2</sup>, для заданных условий работы, выбираемое по табл. 1.3.36.

Сечение, полученное в результате указанного расчета, округляется до ближайшего стандартного сечения. Расчетный ток принимается для нормального режима работы, т. е. увеличение тока в послеаварийных и ремонтных режимах сети не учитывается.

1.3.26. Выбор сечений проводов линий электропередачи постоянного и переменного тока напряжением 330 кВ и выше, а также линий межсистемных связей и мощных жестких и гибких токопроводов, работающих с большим числом часов использования максимума, производится на основе технико-экономических расчетов.

1.3.27. Увеличение количества линий или цепей сверх необходимого по условиям надежности электроснабжения в целях удовлетворения экономической плотности тока производится на основе технико-экономического расчета. При этом во избежание увеличения количество линий или цепей допускается двукратное превышение нормированных значений, приведенных в табл. 1.3.36.

Таблица 1.3.36. Экономическая плотность тока

Проводники	Экономическая плотность тока, А/мм <sup>2</sup> , при числе часов использования максимума нагрузки в год		
	более 1000 до 3000	более 3000 до 5000	более 5000
Неизолированные провода и шины: медные	2,5	2,1	1,8



алюминиевые	1,3	1,1	1,0
Кабели с бумажной и провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с жилами:			
медными	3,0	2,5	2,0
алюминиевыми	1,6	1,4	1,2
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами:			
медными	3,5	3,1	2,7
алюминиевыми	1,9	1,7	1,6

В технико-экономических расчетах следует учитывать все вложения в дополнительную линию, включая оборудование и камеры распределительных устройств на обоих концах линий. Следует также проверять целесообразность повышения напряжения линии.

Данными указаниями следует руководствоваться также при замене существующих проводов проводами большего сечения или при прокладке дополнительных линий для обеспечения экономической плотности тока при росте нагрузки. В этих случаях должна учитываться также полная стоимость всех работ по демонтажу и монтажу оборудования линии, включая стоимость аппаратов и материалов.

1.3.28. Проверке по экономической плотности тока не подлежат:

сети промышленных предприятий и сооружений напряжением до 1 кВ при числе часов использования максимума нагрузки предприятий до 4000-5000;

ответвления к отдельным электроприемникам напряжением до 1 кВ, а также осветительные сети промышленных предприятий, жилых и общественных зданий;

сборные шины электроустановок и ошиновка в пределах открытых и закрытых распределительных устройств всех напряжений;

проводники, идущие к резисторам, пусковым реостатам и т. п.;

сети временных сооружений, а также устройства со сроком службы 3-5 лет.

1.3.29. При пользовании табл. 1.3.36 необходимо руководствоваться следующим (см. также 1.3.27):

1. При максимуме нагрузки в ночное время экономическая плотность тока увеличивается на 40%.

2. Для изолированных проводников сечением 16 мм<sup>2</sup> и менее экономическая плотность тока увеличивается на 40%.

3. Для линий одинакового сечения с  $n$  ответвляющимися нагрузками экономическая плотность тока в начале линии может быть увеличена в  $k_y$  раз, причем  $k_y$  определяется из выражения

$$k_y = \sqrt{\frac{J_1^2 L}{I_1^2 l_1 + I_2^2 l_2 + \dots + I_n^2 l_n}},$$

где  $I_1, I_2, \dots, I_n$  - нагрузки отдельных участков линии;  $l_1, l_2, \dots, l_n$  - длины отдельных участков линии;  $L$  - полная длина линии.

4. При выборе сечений проводников для питания  $n$  однотипных, взаиморезервируемых электроприемников (например, насосов водоснабжения, преобразовательных агрегатов и т. д.), из которых  $m$  одновременно находятся в работе, экономическая плотность тока может быть увеличена против значений, приведенных в табл. 1.3.36, в  $k_n$  раз, где  $k_n$  равно:

$$k_n = \sqrt{\frac{n}{m}}.$$

1.3.30. Сечение проводов ВЛ 35 кВ в сельской местности, питающих понижающие подстанции 35/6 - 10 кВ с трансформаторами с регулированием напряжения под нагрузкой, должно выбираться по экономической плотности тока. Расчетную нагрузку при выборе сечений проводов рекомендуется принимать на перспективу в 5 лет, считая от года ввода ВЛ в эксплуатацию. Для ВЛ 35 кВ, предназначенных для резервирования в сетях 35 кВ в сельской местности, должны применяться минимальные по длительно допустимому току сечения проводов, исходя из обеспечения питания потребителей электроэнергии в послеаварийных и ремонтных режимах.

1.3.31. Выбор экономических сечений проводов воздушных и жил кабельных линий, имеющих промежуточные отборы мощности, следует производить для каждого из участков, исходя из соответствующих расчетных токов участков. При этом для соседних участков допускается принимать одинаковое сечение провода, соответствующее экономическому для наиболее протяженного участка, если разница между значениями экономического сечения для этих участков находится в пределах одной ступени по шкале стандартных сечений. Сечения проводов на ответвлениях длиной до 1 км принимаются такими же, как на ВЛ, от которой производится ответвление. При большей длине ответвления экономическое сечение определяется по расчетной нагрузке этого ответвления.

1.3.32. Для линий электропередачи напряжением 6-20 кВ приведенные в табл. 1.3.36 значения плотности тока допускается применять лишь тогда, когда они не вызывают отклонения напряжения у приемников электроэнергии сверх допустимых пределов с учетом применяемых средств регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности.

### **ПРОВЕРКА ПРОВОДНИКОВ ПО УСЛОВИЯМ КОРОНЫ И РАДИОПОМЕХ**

1.3.33. При напряжении 35 кВ и выше проводники должны быть проверены по условиям образования короны с учетом среднегодовых значений плотности и температуры воздуха на высоте расположения данной электроустановки над уровнем моря, приведенного радиуса проводника, а также коэффициента негладкости проводников.

При этом наибольшая напряженность поля у поверхности любого из проводников, определенная при среднем эксплуатационном напряжении, должна быть не более 0,9 начальной напряженности электрического поля, соответствующей появлению общей короны.

Проверку следует проводить в соответствии с действующими руководящими указаниями.

Кроме того, для проводников необходима проверка по условиям допустимого уровня радиопомех от короны.

## **Глава 1.4. ВЫБОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ПРОВОДНИКОВ ПО УСЛОВИЯМ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ**

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

1.4.1. Настоящая глава Правил распространяется на выбор и применение по условиям КЗ электрических аппаратов и проводников в электроустановках переменного тока частотой 50 Гц, напряжением до и выше 1 кВ.

### **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

1.4.2. По режиму КЗ должны проверяться (исключения см. в 1.4.3):

1. В электроустановках выше 1 кВ:

а) электрические аппараты, токопроводы, кабели и другие проводники, а также опорные и несущие конструкции для них;

б) воздушные линии электропередачи при ударном токе КЗ 50 кА и более для предупреждения сжигания проводов при динамическом действии токов КЗ.

Кроме того, для линий с расщепленными проводами должны быть проверены расстояния между распорками расщепленных проводов для предупреждения повреждения распорок и проводов при сжигании.

Провода ВЛ, оборудованные устройствами быстродействующего автоматического повторного включения, следует проверять и на термическую стойкость.

2. В электроустановках до 1 кВ - только распределительные щиты, токопроводы и силовые шкафы. Трансформаторы тока по режиму КЗ не проверяются.

Аппараты, которые предназначены для отключения токов КЗ или могут по условиям своей работы включать короткозамкнутую цепь, должны, кроме того, обладать способностью производить эти операции при всех возможных токах КЗ.

Стойкими при токах КЗ являются те аппараты и проводники, которые при расчетных условиях выдерживают воздействия этих токов, не подвергаясь электрическим, механическим и иным разрушениям или деформациям, препятствующим их дальнейшей нормальной эксплуатации.

1.4.3. По режиму КЗ при напряжении выше 1 кВ не проверяются:

1. Аппараты и проводники, защищенные плавкими предохранителями с вставками на номинальный ток до 60 А, - по электродинамической стойкости.

2. Аппараты и проводники, защищенные плавкими предохранителями независимо от их номинального тока и типа, - по термической стойкости.

Цепь считается защищенной плавким предохранителем, если его отключающая способность выбрана в соответствии с требованиями настоящих Правил и он способен отключить наименьший возможный аварийный ток в данной цепи.

3. Проводники в цепях к индивидуальным электроприемникам, в том числе к цеховым трансформаторам общей мощностью до 2,5 МВ·А и с высшим напряжением до 20 кВ, если соблюдены одновременно следующие условия:

а) в электрической или технологической части предусмотрена необходимая степень резервирования, выполненного так, что отключение указанных электроприемников не вызывает расстройств технологического процесса;

б) повреждение проводника при КЗ не может вызвать взрыва или пожара;

в) возможна замена проводника без значительных затруднений.

4. Проводники к индивидуальным электроприемникам, указанным в п. 3, а также к отдельным небольшим распределительным пунктам, если такие электроприемники и распределительные пункты являются ответственными по своему назначению и если для них выполнено хотя бы только условие, приведенное в п. 3, б.

5. Трансформаторы тока в цепях до 20 кВ, питающих трансформаторы или реактированные линии, в случаях, когда выбор трансформаторов тока по условиям КЗ требует такого завышения коэффициентов трансформации, при котором не может быть обеспечен необходимый класс точности присоединенных измерительных приборов (например, расчетных счетчиков); при этом на стороне высшего напряжения в цепях силовых трансформаторов рекомендуется избегать применения трансформаторов тока, не стойких к току КЗ, а приборы учета рекомендуется присоединять к трансформаторам тока на стороне низшего напряжения.

6. Провода ВЛ (см. также 1.4.2, п. 1, б).

7. Аппараты и шины цепей трансформаторов напряжения при расположении их в отдельной камере или за добавочным резистором, встроенным в предохранитель или установленным отдельно.

1.4.4. При выборе расчетной схемы для определения токов КЗ следует исходить из предусматриваемых для данной электроустановки условий длительной ее работы и не считаться с кратковременными видоизменениями схемы этой электроустановки, которые не предусмотрены для длительной эксплуатации (например, при переключениях). Ремонтные и послеаварийные режимы работы электроустановки к кратковременным изменениям схемы не относятся.

Расчетная схема должна учитывать перспективу развития внешних сетей и генерирующих источников, с которыми электрически связывается рассматриваемая установка, не менее чем на 5 лет от запланированного срока ввода ее в эксплуатацию.

При этом допустимо вести расчет токов КЗ приближенно для начального момента КЗ.

1.4.5. В качестве расчетного вида КЗ следует принимать:

1. Для определения электродинамической стойкости аппаратов и жестких шин с относящимися к ним поддерживающими и опорными конструкциями - трехфазное КЗ.

2. Для определения термической стойкости аппаратов и проводников - трехфазное КЗ; на генераторном напряжении электростанций - трехфазное или двухфазное в зависимости от того, какое из них приводит к большему нагреву.

3. Для выбора аппаратов по коммутационной способности - по большему из значений, получаемых для случаев трехфазного и однофазного КЗ на землю (в сетях с большими токами замыкания на землю); если выключатель характеризуется двумя значениями коммутационной способности - трехфазной и однофазной - соответственно по обоим значениям.

1.4.6. Расчетный ток КЗ следует определять, исходя из условия повреждения в такой точке рассматриваемой цепи, при КЗ в которой аппараты и проводники этой цепи находятся в наиболее тяжелых условиях (исключения см. в 1.4.7 и 1.4.17, п. 3). Со случаями одновременного замыкания на землю различных фаз в двух разных точках схемы допустимо не считаться.

1.4.7. На реактированных линиях в закрытых распределительных устройствах проводники и аппараты, расположенные до реактора и отделенные от питающих сборных шин (на ответвлениях

от линий - от элементов основной цепи) разделяющими полками, перекрытиями и т. п., набираются по току КЗ за реактором, если последний расположен в том же здании и соединение выполнено шинами.

Шинные ответвления от сборных шин до разделяющих полок и проходные изоляторы в последних должны быть выбраны исходя из КЗ до реактора.

1.4.8. При расчете термической стойкости в качестве расчетного времени следует принимать сумму времен, получаемую от сложения времени действия основной защиты (с учетом действия АПВ), установленной у ближайшего к месту КЗ выключателя, и полного времени отключения этого выключателя (включая время горения дуги).

При наличии зоны нечувствительности у основной защиты (по току, напряжению, сопротивлению и т. п.) термическую стойкость необходимо дополнительно проверять, исходя из времени действия защиты, реагирующей на повреждение в этой зоне, плюс полное время отключения выключателя. При этом в качестве расчетного тока КЗ следует принимать то значение его, которое соответствует этому месту повреждения.

Аппаратура и токопроводы, применяемые в цепях генераторов мощностью 60 МВт и более, а также в цепях блоков генератор - трансформатор такой же мощности, должны проверяться по термической стойкости, исходя из времени прохождения тока КЗ 4 с.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ДЛЯ ВЫБОРА АППАРАТОВ И ПРОВОДНИКОВ**

1.4.9. В электроустановках до 1 кВ и выше при определении токов КЗ для выбора аппаратов и проводников и определения воздействия на несущие конструкции следует исходить из следующего:

1. Все источники, участвующие в питании рассматриваемой точки КЗ, работают одновременно с номинальной нагрузкой.

2. Все синхронные машины имеют автоматические регуляторы напряжения и устройства форсировки возбуждения.

3. Короткое замыкание наступает в такой момент времени, при котором ток КЗ будет иметь наибольшее значение.

4. Электродвижущие силы всех источников питания совпадают по фазе.

5. Расчетное напряжение каждой ступени принимается на 5% выше номинального напряжения сети.

6. Должно учитываться влияние на токи КЗ присоединенных к данной сети синхронных компенсаторов, синхронных и асинхронных электродвигателей. Влияние асинхронных электродвигателей на токи КЗ не учитывается при мощности электродвигателей до 100 кВт в единице, если электродвигатели отделены от места КЗ одной ступенью трансформации, а также при любой мощности, если они отделены от места КЗ двумя или более ступенями трансформации либо если ток от них может поступать к месту КЗ только через те элементы, через которые проходит основной ток КЗ от сети и которые имеют существенное сопротивление (линии, трансформаторы и т. п.).

1.4.10. В электроустановках выше 1 кВ в качестве расчетных сопротивлений следует принимать индуктивные сопротивления электрических машин, силовых трансформаторов и автотрансформаторов, реакторов, воздушных и кабельных линий, а также токопроводов. Активное сопротивление следует учитывать только для ВЛ с проводами малых сечений и стальными проводами, а также для протяженных кабельных сетей малых сечений с большим активным сопротивлением.

1.4.11. В электроустановках до 1 кВ в качестве расчетных сопротивлений следует принимать индуктивные и активные сопротивления всех элементов цепи, включая активные сопротивления переходных контактов цепи. Допустимо пренебречь сопротивлениями одного вида (активными или индуктивными), если при этом полное сопротивление цепи уменьшается не более чем на 10%.

1.4.12. В случае питания электрических сетей до 1 кВ от понижающих трансформаторов при расчете токов КЗ следует исходить из условия, что подведенное к трансформатору напряжение неизменно и равно его номинальному напряжению.

1.4.13. Элементы цепи, защищенной плавким предохранителем с токоограничивающим действием, следует проверять на электродинамическую стойкость по наибольшему мгновенному значению тока КЗ, пропускаемого предохранителем.

## ВЫБОР ПРОВОДНИКОВ И ИЗОЛЯТОРОВ, ПРОВЕРКА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПО УСЛОВИЯМ ДИНАМИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

1.4.14. Усилия, действующие на жесткие шины и передающиеся ими на изоляторы и поддерживающие жесткие конструкции, следует рассчитывать по наибольшему мгновенному значению тока трехфазного КЗ  $i_y$  с учетом сдвига между токами в фазах и без учета механических колебаний шинной конструкции. В отдельных случаях (например, при предельных расчетных механических напряжениях) могут быть учтены механические колебания шин и шинных конструкций.

Импульсы силы, действующие на гибкие проводники и поддерживающие их изоляторы, выводы и конструкции, рассчитываются по среднеквадратическому (за время прохождения) току двухфазного замыкания между соседними фазами. При расщепленных проводниках и гибких токопроводах взаимодействие токов КЗ в проводниках одной и той же фазы определяется по действующему значению тока трехфазного КЗ.

Гибкие токопроводы должны проверяться на схлестывание.

1.4.15. Найденные расчетом в соответствии с 1.4.14 механические усилия, передающиеся при КЗ жесткими шинами на опорные и проходные изоляторы, должны составить в случае применения одиночных изоляторов не более 60% соответствующих гарантийных значений наименьшего разрушающего усилия; при спаренных опорных изоляторах - не более 100% разрушающего усилия одного изолятора.

При применении шин составных профилей (многополосные, из двух швеллеров и т. д.) механические напряжения находятся как арифметическая сумма напряжений от взаимодействия фаз и взаимодействия элементов каждой шины между собой.

Наибольшие механические напряжения в материале жестких шин не должны превосходить 0,7 временного сопротивления разрыву по ГОСТ.

### ВЫБОР ПРОВОДНИКОВ ПО УСЛОВИЯМ НАГРЕВА ПРИ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ

1.4.16. Температура нагрева проводников при КЗ должна быть не выше следующих предельно допустимых значений, °С:

Шины:

медные	300
алюминиевые	200
стальные, не имеющие непосредственного соединения с аппаратами ..	400
стальные с непосредственным присоединением к аппаратам	300

Кабели с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение, кВ:

до 10	200
20-220	125

Кабели и изолированные провода с медными и алюминиевыми жилами и изоляцией:

поливинилхлоридной и резиновой	150
полиэтиленовой	120

Медные неизолированные провода при тяжениях, Н/мм<sup>2</sup>:

менее 20	250
20 и более	200

Алюминиевые неизолированные провода при тяжениях, Н/мм<sup>2</sup>:

менее 10	200
----------	-----

10 и более	160
Алюминиевая часть сталеалюминиевых проводов .....	200

1.4.17. Проверка кабелей на нагрев токами КЗ в тех случаях, когда это требуется в соответствии с 1.4.2 и 1.4.3, должна производиться для:

- 1) одиночных кабелей одной строительной длины, исходя из КЗ в начале кабеля;
- 2) одиночных кабелей со ступенчатыми сечениями по длине, исходя из КЗ в начале каждого участка нового сечения;
- 3) пучка из двух и более параллельно включенных кабелей, исходя из КЗ непосредственно за пучком (по сквозному току КЗ).

1.4.18. При проверке на термическую стойкость аппаратов и проводников линий, оборудованных устройствами быстродействующего АПВ, должно учитываться повышение нагрева из-за увеличения суммарной продолжительности прохождения тока КЗ по таким линиям.

Расщепленные провода ВЛ при проверке на нагрев в условиях КЗ рассматриваются как один провод суммарного сечения.

### **ВЫБОР АППАРАТОВ ПО КОММУТАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ**

1.4.19. Выключатели выше 1 кВ следует выбирать:

- 1) по отключающей способности с учетом параметров восстанавливающегося напряжения;
- 2) по включающей способности. При этом выключатели генераторов, установленные на стороне генераторного напряжения, проверяются только на несинхронное включение в условиях противофазы.

1.4.20. Предохранители следует выбирать по отключающей способности. При этом в качестве расчетного тока следует принимать действующее значение периодической составляющей начального тока КЗ без учета токоограничивающей способности предохранителей.

1.4.21. Выключатели нагрузки и короткозамыкатели следует выбирать по предельно допустимому току, возникающему при включении на КЗ.

1.4.22. Отделители и разъединители не требуется проверять по коммутационной способности при КЗ. При использовании отделителей и разъединителей для отключения-включения ненагруженных линий, ненагруженных трансформаторов или уравнильных токов параллельных цепей отделители и разъединители следует проверять по режиму такого отключения-включения.

## **Глава 1.5. УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

1.5.1. Настоящая глава Правил содержит требования к учету электроэнергии в электроустановках. Дополнительные требования к учету электроэнергии в жилых и общественных зданиях приведены в гл. 7.1.

1.5.2. Расчетным учетом электроэнергии называется учет выработанной, а также отпущенной потребителям электроэнергии для денежного расчета за нее.

Счетчики, устанавливаемые для расчетного учета, называются расчетными счетчиками.

1.5.3. Техническим (контрольным) учетом электроэнергии называется учет для контроля расхода электроэнергии внутри электростанций, подстанций, предприятий, в зданиях, квартирах и т. п.

Счетчики, устанавливаемые для технического учета, называются счетчиками технического учета.

### **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

1.5.4. Учет активной электроэнергии должен обеспечивать определение количества энергии:

- 1) выработанной генераторами электростанций;

- 2) потребленной на собственные и хозяйственные (раздельно) нужды электростанций и подстанций;
- 3) отпущенной потребителям по линиям, отходящим от шин электростанции непосредственно к потребителям;
- 4) переданной в другие энергосистемы или полученной от них;
- 5) отпущенной потребителям из электрической сети.

Кроме того, учет активной электроэнергии должен обеспечивать возможность: определения поступления электроэнергии в электрические сети разных классов напряжений энергосистемы; составления балансов электроэнергии для хозяйственных подразделений энергосистемы; контроля за соблюдением потребителями заданных им режимов потребления и баланса электроэнергии.

1.5.5. Учет реактивной электроэнергии должен обеспечивать возможность определения количества реактивной электроэнергии, полученной потребителем от электроснабжающей организации или переданной ей, только в том случае, если по этим данным производятся расчеты или контроль соблюдения заданного режима работы компенсирующих устройств.

## **ПУНКТЫ УСТАНОВКИ СРЕДСТВ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

1.5.6. Счетчики для расчета электроснабжающей организации с потребителями электроэнергии рекомендуется устанавливать на границе раздела сети (по балансовой принадлежности) электроснабжающей организации и потребителя.

1.5.7. Расчетные счетчики активной электроэнергии на электростанции должны устанавливаться:

- 1) для каждого генератора с таким расчетом, чтобы учитывалась вся выработанная генератором электроэнергия;
- 2) для всех присоединений шин генераторного напряжения, по которым возможна реверсивная работа, - по два счетчика со стопорами;
- 3) для межсистемных линий электропередачи - два счетчика со стопорами, учитывающих отпущенную и полученную электроэнергию;
- 4) для линий всех классов напряжений, отходящих от шин электростанций и принадлежащих потребителям (см. также 1.5.10).

Для линий до 10 кВ, отходящих от шин электростанций, во всех случаях должны быть выполнены цепи учета, сборки зажимов (см. 1.5.23), а также предусмотрены места для установки счетчиков;

5) для всех трансформаторов и линий, питающих шины основного напряжения (выше 1 кВ) собственных нужд (СН).

Счетчики устанавливаются на стороне высшего напряжения; если трансформаторы СН электростанции питаются от шин 35 кВ и выше или ответвлением от блоков на напряжении выше 10 кВ, допускается установка счетчиков на стороне низшего напряжения трансформаторов;

6) для линий хозяйственных нужд (например, питание механизмов и установок ремонтно-производственных баз) и посторонних потребителей, присоединенных к распределительному устройству СН электростанций;

7) для каждого обходного выключателя или для шиносоединительного (междусекционного) выключателя, используемого в качестве обходного для присоединений, имеющих расчетный учет, - два счетчика со стопорами.

На электростанциях, оборудуемых системами централизованного сбора и обработки информации, указанные системы следует использовать для централизованного расчетного и технического учета электроэнергии. На остальных электростанциях рекомендуется применение автоматизированной системы учета электроэнергии.

1.5.8. На электростанциях мощностью до 1 МВт расчетные счетчики активной электроэнергии должны устанавливаться только для генераторов и трансформаторов СН или только для трансформаторов СН и отходящих линий.

1.5.9. Расчетные счетчики активной электроэнергии на подстанции энергосистемы должны устанавливаться:

- 1) для каждой отходящей линии электропередачи, принадлежащей потребителям (см. также 1.5.10);
- 2) для межсистемных линий электропередачи - по два счетчика со стопорами, учитывающих отпущенную и полученную электроэнергию; при наличии ответвлений от этих линий в другие

энергосистемы - по два счетчика со стопорами, учитывающих полученную и отпущенную электроэнергию, на вводах в подстанции этих энергосистем;

3) на трансформаторах СН;

4) для линий хозяйственных нужд или посторонних потребителей (поселок и т. п.), присоединенных к шинам СН.

5) для каждого обходного выключателя или для шиносоединительного (междусекционного) выключателя, используемого в качестве обходного для присоединений, имеющих расчетный учет, - два счетчика со стопорами.

Для линий до 10 кВ во всех случаях должны быть выполнены цепи учета, сборки зажимов (см. 1.5.23), а также предусмотрены места для установки счетчиков.

1.5.10. Расчетные счетчики, предусматриваемые в соответствии с 1.5.7, п. 4 и 1.5.9, п. 1, допускается устанавливать не на питающем, а на приемном конце линии у потребителя в случаях, когда трансформаторы тока на электростанциях и подстанциях, выбранные по току КЗ или по характеристикам дифференциальной защиты шин, не обеспечивают требуемой точности учета электроэнергии.

1.5.11. Расчетные счетчики активной электроэнергии на подстанции, принадлежащей потребителю, должны устанавливаться:

1) на вводе (приемном конце) линии электропередачи в подстанцию потребителя в соответствии с 1.5.10 при отсутствии электрической связи с другой подстанцией энергосистемы или другого потребителя на питающем напряжении;

2) на стороне высшего напряжения трансформаторов подстанции потребителя при наличии электрической связи с другой подстанцией энергосистемы или наличии другого потребителя на питающем напряжении.

Допускается установка счетчиков на стороне низшего напряжения трансформаторов в случаях, когда трансформаторы тока, выбранные по току КЗ или по характеристикам дифференциальной защиты шин, не обеспечивают требуемой точности учета электроэнергии, а также когда у имеющихся встроенных трансформаторов тока отсутствует обмотка класса точности 0,5.

В случае, когда установка дополнительных комплектов трансформаторов тока со стороны низшего напряжения силовых трансформаторов для включения расчетных счетчиков невозможна (КРУ, КРУН), допускается организация учета на отходящих линиях 6-10 кВ.

Для предприятия, рассчитывающегося с электроснабжающей организацией по максимуму заявленной мощности, следует предусматривать установку счетчика с указателем максимума нагрузки при наличии одного пункта учета, при наличии двух или более пунктов учета - применение автоматизированной системы учета электроэнергии;

3) на стороне среднего и низшего напряжений силовых трансформаторов, если на стороне высшего напряжения применение измерительных трансформаторов не требуется для других целей;

4) на трансформаторах СН, если электроэнергия, отпущенная на собственные нужды, не учитывается другими счетчиками; при этом счетчики рекомендуется устанавливать со стороны низшего напряжения;

5) на границе раздела основного потребителя и постороннего потребителя (субабонента), если от линии или трансформаторов потребителей питается еще посторонний потребитель, находящийся на самостоятельном балансе.

Для потребителей каждой тарификационной группы следует устанавливать отдельные расчетные счетчики.

1.5.12. Счетчики реактивной электроэнергии должны устанавливаться:

1) на тех же элементах схемы, на которых установлены счетчики активной электроэнергии для потребителей, рассчитывающихся за электроэнергию с учетом разрешенной к использованию реактивной мощности;

2) на присоединениях источников реактивной мощности потребителей, если по ним производится расчет за электроэнергию, выданную в сеть энергосистемы, или осуществляется контроль заданного режима работы.

Если со стороны предприятия с согласия энергосистемы производится выдача реактивной электроэнергии в сеть энергосистемы, необходимо устанавливать два счетчика реактивной электроэнергии со стопорами в тех элементах схемы, где установлен расчетный счетчик активной электроэнергии. Во всех других случаях должен устанавливаться один счетчик реактивной электроэнергии со стопором.

Для предприятия, рассчитывающегося с электроснабжающей организацией по максимуму разрешенной реактивной мощности, следует предусматривать установку счетчика с указателем



максимума нагрузки, при наличии двух или более пунктов учета - применение автоматизированной системы учета электроэнергии.

## ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТНЫМ СЧЕТЧИКАМ

1.5.13. Каждый установленный расчетный счетчик должен иметь на винтах, крепящих кожух счетчика, пломбы с клеймом госповерителя, а на зажимной крышке - пломбу энергоснабжающей организации.

На вновь устанавливаемых трехфазных счетчиках должны быть пломбы государственной поверки с давностью не более 12 мес., а на однофазных счетчиках - с давностью не более 2 лет.

1.5.14. Учет активной и реактивной электроэнергии трехфазного тока должен производиться с помощью трехфазных счетчиков.

1.5.15. Допустимые классы точности расчетных счетчиков активной электроэнергии для различных объектов учета приведены ниже:

Генераторы мощностью более 50 МВт, межсистемные линии электропередачи 220 кВ и выше, трансформаторы мощностью 63 МВ·А и более	0,5 (0,7)*
Генераторы мощностью 12-50 МВт, межсистемные линии электропередачи 110-150 кВ, трансформаторы мощностью 10-40 МВ·А	1,0
Прочие объекты учета	2,0

\*Значение, указанное в скобках, относится к импортируемым счетчикам.

Класс точности счетчиков реактивной электроэнергии должен выбираться на одну ступень ниже соответствующего класса точности счетчиков активной электроэнергии.

## УЧЕТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

1.5.16. Класс точности трансформаторов тока и напряжения для присоединения расчетных счетчиков электроэнергии должен быть не более 0,5. Допускается использование трансформаторов напряжения класса точности 1,0 для включения расчетных счетчиков класса точности 2,0.

Для присоединения счетчиков технического учета допускается использование трансформаторов тока класса точности 1,0, а также встроенных трансформаторов тока класса точности ниже 1,0, если для получения класса точности 1,0 требуется установка дополнительных комплектов трансформаторов тока.

Трансформаторы напряжения, используемые для присоединения счетчиков технического учета, могут иметь класс точности ниже 1,0.

1.5.17. Допускается применение трансформаторов тока с завышенным коэффициентом трансформации (по условиям электродинамической и термической стойкости или защиты шин), если при максимальной нагрузке присоединения ток во вторичной обмотке трансформатора тока будет составлять не менее 40% номинального тока счетчика, а при минимальной рабочей нагрузке - не менее 5%.

1.5.18. Присоединение токовых обмоток счетчиков к вторичным обмоткам трансформаторов тока следует проводить, как правило, отдельно от цепей защиты и совместно с электроизмерительными приборами.

Допускается производить совместное присоединение токовых цепей, если раздельное их присоединение требует установки дополнительных трансформаторов тока, а совместное присоединение не приводит к снижению класса точности и надежности цепей трансформаторов тока, служащих для учета, и обеспечивает необходимые характеристики устройств релейной защиты.

Использование промежуточных трансформаторов тока для включения расчетных счетчиков запрещается (исключение см. в 1.5.21).

1.5.19. Нагрузка вторичных обмоток измерительных трансформаторов, к которым присоединяются счетчики, не должна превышать номинальных значений.

Сечение и длина проводов и кабелей в цепях напряжения расчетных счетчиков должны выбираться такими, чтобы потери напряжения в этих цепях составляли не более 0,25% номинального напряжения при питании от трансформаторов напряжения класса точности 0,5 и

не более 0,5% при питании от трансформаторов напряжения класса точности 1,0. Для обеспечения этого требования допускается применение отдельных кабелей от трансформаторов напряжения до счетчиков.

Потери напряжения от трансформаторов напряжения до счетчиков технического учета должны составлять не более 1,5% номинального напряжения.

1.5.20. Для присоединения расчетных счетчиков на линиях электропередачи 110 кВ и выше допускается установка дополнительных трансформаторов тока (при отсутствии вторичных обмоток для присоединения счетчиков, для обеспечения работы счетчика в требуемом классе точности, по условиям нагрузки на вторичные обмотки и т. п.). См. также 1.5.18.

1.5.21. Для обходных выключателей 110 и 220 кВ со встроенными трансформаторами тока допускается снижение класса точности этих трансформаторов тока на одну ступень по отношению к указанному в 1.5.16.

Для обходного выключателя 110 кВ и шиносоединительного (междусекционного) выключателя 110 кВ, используемого в качестве обходного, с отдельно стоящими трансформаторами тока (имеющими не более трех вторичных обмоток) допускается включение токовых цепей счетчика совместно с цепями защиты при использовании промежуточных трансформаторов тока класса точности не более 0,5; при этом допускается снижение класса точности трансформаторов тока на одну ступень.

Такое же включение счетчиков и снижение класса точности трансформаторов тока допускается для шиносоединительного (междусекционного) выключателя на напряжение 220 кВ, используемого в качестве обходного, с отдельно стоящими трансформаторами тока и на напряжение 110-220 кВ со встроенными трансформаторами тока.

1.5.22. Для питания цепей счетчиков могут применяться как однофазные, так и трехфазные трансформаторы напряжения, в том числе четырех- и пятистержневые, применяемые для контроля изоляции.

1.5.23. Цепи учета следует выводить на самостоятельные сборки зажимов или секции в общем ряду зажимов. При отсутствии сборок с зажимами необходимо устанавливать испытательные блоки.

Зажимы должны обеспечивать закорачивание вторичных цепей трансформаторов тока, отключение токовых цепей счетчика и цепей напряжения в каждой фазе счетчиков при их замене или проверке, а также включение образцового счетчика без отсоединения проводов и кабелей.

Конструкция сборок и коробок зажимов расчетных счетчиков должна обеспечивать возможность их пломбирования.

1.5.24. Трансформаторы напряжения, используемые только для учета и защищенные на стороне высшего напряжения предохранителями, должны иметь контроль целостности предохранителей.

1.5.25. При нескольких системах шин и присоединении каждого трансформатора напряжения только к своей системе шин должно быть предусмотрено устройство для переключения цепей счетчиков каждого присоединения на трансформаторы напряжения соответствующих систем шин.

1.5.26. На подстанциях потребителей конструкция решеток и дверей камер, в которых установлены предохранители на стороне высшего напряжения трансформаторов напряжения, используемых для расчетного учета, должна обеспечивать возможность их пломбирования.

Рукоятки приводов разъединителей трансформаторов напряжения, используемых для расчетного учета, должны иметь приспособления для их пломбирования.

## **УСТАНОВКА СЧЕТЧИКОВ И ЭЛЕКТРОПРОВОДКА К НИМ**

1.5.27. Счетчики должны размещаться в легко доступных для обслуживания сухих помещениях, в достаточно свободном и не стесненном для работы месте с температурой в зимнее время не ниже 0°C.

Счетчики общепромышленного исполнения не разрешается устанавливать в помещениях, где по производственным условиям температура может часто превышать +40°C, а также в помещениях с агрессивными средами.

Допускается размещение счетчиков в неотапливаемых помещениях и коридорах распределительных устройств электростанций и подстанций, а также в шкафах наружной установки. При этом должно быть предусмотрено стационарное их утепление на зимнее время посредством утепляющих шкафов, колпаков с подогревом воздуха внутри них электрической

лампой или нагревательным элементом для обеспечения внутри колпака положительной температуры, но не выше +20°C.

1.5.28. Счетчики, предназначенные для учета электроэнергии, вырабатываемой генераторами электростанций, следует устанавливать в помещениях со средней температурой окружающего воздуха +15 ÷ +25°C. При отсутствии таких помещений счетчики рекомендуется помещать в специальных шкафах, где должна поддерживаться указанная температура в течение всего года.

1.5.29. Счетчики должны устанавливаться в шкафах, камерах комплектных распределительных устройствах (КРУ, КРУП), на панелях, щитах, в нишах, на стенах, имеющих жесткую конструкцию.

Допускается крепление счетчиков на деревянных, пластмассовых или металлических щитках.

Высота от пола до коробки зажимов счетчиков должна быть в пределах 0,8-1,7 м. Допускается высота менее 0,8 м, но не менее 0,4 м.

1.5.30. В местах, где имеется опасность механических повреждений счетчиков или их загрязнения, или в местах, доступных для посторонних лиц (проходы, лестничные клетки и т. п.), для счетчиков должен предусматриваться запирающийся шкаф с окошком на уровне циферблата. Аналогичные шкафы должны устанавливаться также для совместного размещения счетчиков и трансформаторов тока при выполнении учета на стороне низшего напряжения (на вводе у потребителей).

1.5.31. Конструкции и размеры шкафов, ниш, щитков и т. п. должны обеспечивать удобный доступ к зажимам счетчиков и трансформаторов тока. Кроме того, должна быть обеспечена возможность удобной замены счетчика и установки его с уклоном не более 1°. Конструкция его крепления должна обеспечивать возможность установки и съема счетчика с лицевой стороны.

1.5.32. Электропроводки к счетчикам должны отвечать требованиям, приведенным в гл. 2.1 и 3.4.

1.5.33. В электропроводке к расчетным счетчикам наличие паяк не допускается.

1.5.34. Сечения проводов и кабелей, присоединяемых к счетчикам, должны приниматься в соответствии с 3.4.4 (см. также 1.5.19).

1.5.35. При монтаже электропроводки для присоединения счетчиков непосредственного включения около счетчиков необходимо оставлять концы проводов длиной не менее 120 мм. Изоляция или оболочка нулевого провода на длине 100 мм перед счетчиком должна иметь отличительную окраску.

1.5.36. Для безопасной установки и замены счетчиков в сетях напряжением до 380 В должна предусматриваться возможность отключения счетчика установленными до него на расстоянии не более 10 м коммутационным аппаратом или предохранителями. Снятие напряжения должно предусматриваться со всех фаз, присоединяемых к счетчику.

Трансформаторы тока, используемые для присоединения счетчиков на напряжении до 380 В, должны устанавливаться после коммутационных аппаратов по направлению потока мощности.

1.5.37. Заземление (зануление) счетчиков и трансформаторов тока должно выполняться в соответствии с требованиями гл. 1.7. При этом заземляющие и нулевые защитные проводники от счетчиков и трансформаторов тока напряжением до 1 кВ до ближайшей сборки зажимов должны быть медными.

1.5.38. При наличии на объекте нескольких присоединений с отдельным учетом электроэнергии на панелях счетчиков должны быть надписи наименований присоединений.

## ТЕХНИЧЕСКИЙ УЧЕТ

1.5.39. На тепловых и атомных электростанциях с агрегатами (блоками), не оборудованными информационными или управляющими вычислительными машинами, следует устанавливать стационарные или применять инвентарные переносные счетчики технического учета в системе СН для возможности расчетов технико-экономических показателей. При этом установка счетчиков активной электроэнергии должна производиться в цепях электродвигателей, питающихся от шин распределительного устройства основного напряжения (выше 1 кВ) собственных нужд, и в цепях всех трансформаторов, питающихся от этих шин.

1.5.40. На электростанциях с поперечными связями (имеющих общий паропровод) должна предусматриваться на стороне генераторного напряжения превышающих трансформаторов техническая возможность установки (в условиях эксплуатации) счетчиков технического учета активной электроэнергии, используемых для контроля правильности работы расчетных генераторных счетчиков.

1.5.41. Счетчики активной электроэнергии для технического учета следует устанавливать на подстанциях напряжением 35 кВ и выше энергосистем: на сторонах среднего и низшего напряжений силовых трансформаторов; на каждой отходящей линии электропередачи 6 кВ и выше, находящейся на балансе энергосистемы.

Счетчики реактивной электроэнергии для технического учета следует устанавливать на сторонах среднего и низшего напряжений силовых трансформаторов подстанций 35 кВ и выше энергосистем.

Указанные требования к установке счетчиков электроэнергии подлежат реализации по мере обеспечения счетчиками.

1.5.42. На предприятиях следует предусматривать техническую возможность установки (в условиях эксплуатации) стационарных или применения инвентарных переносных счетчиков для контроля за соблюдением лимитов расхода электроэнергии цехами, технологическими линиями, отдельными энергоемкими агрегатами, для определения расхода электроэнергии на единицу продукции или полуфабриката.

Допускается установка счетчиков технического учета на вводе предприятия, если расчетный учет с этим предприятием ведется по счетчикам, установленным на подстанциях или электростанциях энергосистем.

На установку и снятие счетчиков технического учета на предприятиях разрешения энергоснабжающей организации не требуется.

1.5.43. Приборы технического учета на предприятиях (счетчики и измерительные трансформаторы) должны находиться в ведении самих потребителей и должны удовлетворять требованиям 1.5.13 (за исключением требования о наличии пломбы энергоснабжающей организации), 1.5.14 и 1.5.15.

1.5.44. Классы точности счетчиков технического учета активной электроэнергии должны соответствовать значениям, приведенным ниже:

Для линий электропередачи с двусторонним питанием напряжением 220 кВ и выше, трансформаторов мощностью 63 МВ·А и более	1,0
Для прочих объектов учета	2,0

Классы точности счетчиков технического учета реактивной электроэнергии допускается выбирать на одну ступень ниже соответствующего класса точности счетчиков технического учета активной электроэнергии.

## **Глава 1.6. ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН**

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

1.6.1. Настоящая глава Правил распространяется на измерения электрических величин, осуществляемых при помощи стационарных средств (показывающих, регистрирующих, фиксирующих и др.).

Правила не распространяются на лабораторные измерения и на измерения, осуществляемые с помощью переносных приборов.

Измерения неэлектрических величин, а также измерения других электрических величин, не регламентированных Правилами, требуемые в связи с особенностями технологического процесса или основного оборудования, выполняются на основании соответствующих нормативных документов.

### **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

1.6.2. Средства измерений электрических величин должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- 1) класс точности измерительных приборов должен быть не хуже 2,5;
- 2) классы точности измерительных шунтов, добавочных резисторов, трансформаторов и преобразователей должны быть не хуже приведенных в табл. 1.6.1.
- 3) пределы измерения приборов должны выбираться с учетом возможных наибольших длительных отклонений измеряемых величин от номинальных значений.

1.6.3. Установка измерительных приборов должна, как правило, производиться в пунктах, откуда осуществляется управление.

**Таблица 1.6.1. Классы точности средств измерений**

Класс точности прибора	Класс точности шунта, добавочного резистора	Класс точности измерительного преобразователя	Класс точности измерительного трансформатора
1,0	0,5	0,5	0,5
1,5	0,5	0,5*	0,5*
2,5	0,5	1,0	1,0**

\* Допускается 1,0.

\*\* Допускается 3,0.

На подстанциях и гидроэлектростанциях без постоянного дежурства оперативного персонала допускается не устанавливать стационарные показывающие приборы, при этом должны быть предусмотрены места для присоединения переносных приборов специально обученным персоналом.

1.6.4. Измерения на линиях электропередачи 330 кВ и выше, а также на генераторах и трансформаторах должны производиться непрерывно.

На генераторах и трансформаторах гидроэлектростанций допускается производить измерения периодически с помощью средств централизованного контроля.

Допускается производить измерения "по вызову" на общий для нескольких присоединений (за исключением указанных в первом абзаце) комплект показывающих приборов, а также применять другие средства централизованного контроля.

1.6.5. При установке регистрирующих приборов в оперативном контуре пункта управления допускается не устанавливать показывающие приборы для непрерывного измерения тех же величин.

## **ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА**

1.6.6. Измерение тока должно производиться в цепях всех напряжений, где оно необходимо для систематического контроля технологического процесса или оборудования.

1.6.7. Измерение постоянного тока должно производиться в цепях:

- 1) генераторов постоянного тока и силовых преобразователей;
- 2) аккумуляторных батарей, зарядных, подзарядных и разрядных устройств;
- 3) возбуждения синхронных генераторов, компенсаторов, а также электродвигателей с регулируемым возбуждением.

Амперметры постоянного тока должны иметь двусторонние шкалы, если возможно изменение направления тока.

1.6.8. В цепях переменного трехфазного тока следует, как правило, измерять ток одной фазы.

Измерение тока каждой фазы должно производиться:

- 1) для синхронных турбогенераторов мощностью 12 МВт и более;
- 2) для линий электропередачи с пофазным управлением, линий с продольной компенсацией и линий, для которых предусматривается возможность длительной работы в неполнофазном режиме; в обоснованных случаях может быть предусмотрено измерение тока каждой фазы линий электропередачи 330 кВ и выше с трехфазным управлением;
- 3) для дуговых электропечей.

## **ИЗМЕРЕНИЕ НАПЯЖЕНИЯ**

1.6.9. Измерение напряжения, как правило, должно производиться:

- 1) на секциях сборных шин постоянного и переменного тока, которые могут работать раздельно.

Допускается установка одного прибора с переключением на несколько точек измерения.

На подстанциях допускается измерять напряжение только на стороне низшего напряжения, если установка трансформаторов напряжения на стороне высшего напряжения не требуется для других целей;

2) в цепях генераторов постоянного и переменного тока, синхронных компенсаторов, а также в отдельных случаях в цепях агрегатов специального назначения.

При автоматизированном пуске генераторов или других агрегатов установка на них приборов для непрерывного измерения напряжения не обязательна;

3) в цепях возбуждения синхронных машин мощностью 1 МВт и более. В цепях возбуждения гидрогенераторов измерение не обязательно;

4) в цепях силовых преобразователей, аккумуляторных батарей, зарядных и подзарядных устройств;

5) в цепях дугогасящих реакторов.

1.6.10. В трехфазных сетях производится измерение, как правило, одного междуфазного напряжения. В сетях напряжением выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью допускается измерение трех междуфазных напряжений для контроля исправности цепей напряжением одним прибором (с переключением).

1.6.11. Должна производиться регистрация значений одного междуфазного напряжения сборных шин 110 кВ и выше (либо отклонения напряжения от заданного значения) электростанций и подстанций, по напряжению на которых ведется режим энергосистемы.

## **КОНТРОЛЬ ИЗОЛЯЦИИ**

1.6.12. В сетях переменного тока выше 1 кВ с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтралью, в сетях переменного тока до 1 кВ с изолированной нейтралью и в сетях постоянного тока с изолированными полюсами или с изолированной средней точкой, как правило, должен выполняться автоматический контроль изоляции, действующий на сигнал при снижении сопротивления изоляции одной из фаз (или полюса) ниже заданного значения, с последующим контролем асимметрии напряжения при помощи показывающего прибора (с переключением).

Допускается осуществлять контроль изоляции путем периодических измерений напряжений с целью визуального контроля асимметрии напряжения.

## **ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ**

1.6.13. Измерение мощности должно производиться в цепях:

1) генераторов - активной и реактивной мощности.

При установке на генераторах мощностью 100 МВт и более щитовых показывающих приборов их класс точности должен быть не хуже 1,0.

На электростанциях мощностью 200 МВт и более должна также измеряться суммарная активная мощность.

Рекомендуется измерять суммарную активную мощность электростанций мощностью менее 200 МВт при необходимости автоматической передачи этого параметра на вышестоящий уровень оперативного управления;

2) конденсаторных батарей мощностью 25 Мвар и более и синхронных компенсаторов - реактивной мощности;

3) трансформаторов и линий, питающих СН напряжением 6 кВ и выше тепловых электростанций, - активной мощности;

4) повышающих двухобмоточных трансформаторов электростанций - активной и реактивной мощности. В цепях повышающих трехобмоточных трансформаторов (или автотрансформаторов с использованием обмотки низшего напряжения) измерение активной и реактивной мощности должно производиться со стороны среднего и низшего напряжений.

Для трансформатора, работающего в блоке с генератором, измерение мощности со стороны низшего напряжения следует производить в цепи генератора;

5) понижающих трансформаторов 220 кВ и выше - активной и реактивной, напряжением 110-150 кВ - активной мощности.

В цепях понижающих двухобмоточных трансформаторов измерение мощности должно производиться со стороны низшего напряжения, а в цепях понижающих трехобмоточных трансформаторов - со стороны среднего и низшего напряжений.

На подстанциях 110-220 кВ без выключателей на стороне высшего напряжения измерение мощности допускается не выполнять. При этом должны предусматриваться места для присоединения контрольных показывающих или регистрирующих приборов;

б) линий напряжением 110 кВ и выше с двусторонним питанием, а также обходных выключателей - активной и реактивной мощности;

7) на других элементах подстанций, где для периодического контроля режимов сети необходимы измерения перетоков активной и реактивной мощности, должна предусматриваться возможность присоединения контрольных переносных приборов.

1.6.14. При установке щитовых показывающих приборов в цепях, в которых направление мощности может изменяться, эти приборы должны иметь двустороннюю шкалу.

1.6.15. Должна производиться регистрация:

- 1) активной мощности турбогенераторов (мощностью 60 МВт и более);
- 2) суммарной мощности электростанций (мощностью 200 МВт и более).

### ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ

1.6.16. Измерение частоты должно производиться:

- 1) на каждой секции шин генераторного напряжения;
- 2) на каждом генераторе блочной тепловой или атомной электростанций;
- 3) на каждой системе (секции) шин высшего напряжения электростанций;
- 4) в узлах возможного деления энергосистемы на несинхронно работающие части.

1.6.17. Регистрация частоты или ее отклонения от заданного значения должна производиться:

- 1) на электростанциях мощностью 200 МВт и более;
- 2) на электростанциях мощностью 6 МВт и более, работающих изолированно.

1.6.18. Абсолютная погрешность регистрирующих частотомеров на электростанциях, участвующих в регулировании мощности, должна быть не более  $\pm 0,1$  Гц.

### ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ СИНХРОНИЗАЦИИ

1.6.19. Для измерений при точной (ручной или полуавтоматической) синхронизации должны предусматриваться следующие приборы: два вольтметра (или двойной вольтметр); два частотомера (или двойной частотомер); синхроскоп.

### РЕГИСТРАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

#### В АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ

1.6.20. Для автоматической регистрации аварийных процессов в электрической части энергосистемы должны предусматриваться автоматические осциллографы.

Расстановку автоматических осциллографов на объектах, а также выбор регистрируемых ими электрических параметров, как правило, следует производить в соответствии с рекомендациями, приведенными в табл. 1.6.2 и 1.6.3.

По согласованию с энергосистемами (районными энергетическими управлениями) могут предусматриваться регистрирующие приборы с ускоренной записью при аварии (для регистрации электрических параметров, не контролируемых с помощью автоматических осциллографов).

**Таблица 1.6.2. Рекомендации по расстановке автоматических аварийных осциллографов на объектах энергосистем**

Напряжение распределительного устройства, кВ	Схема распределительного устройства	Количество линий, подключенных к секции (системе шин) распределительного устройства	Количество устанавливаемых осциллографов

750	Любая	Любое	Один для каждой линии (предпочтительно с записью предаварийного режима)
500	"	Одна или две	Один для каждой линии (без записи предаварийного режима)
500	"	Три или более	Один для каждой линии (предпочтительно хотя бы на одной из линий с записью предаварийного режима)
330	"	Одна	Не устанавливается
330	"	Две или более	Один для каждой линии (без записи предаварийного режима)
220	С секциями или системами шин	Одна или две на каждую секцию или рабочую систему шин	Один для двух секций или рабочих систем шин (без записи предаварийного режима)
220	То же	Три или четыре на каждую секцию или рабочую систему шин	Один для каждой секции или рабочей системы шин (без записи предаварийного режима)
220	" "	Пять или более на каждую секцию или рабочую систему шин	Один-два для каждой секции или рабочей системы шин с одним пусковым устройством (без записи предаварийного режима)
220	Полуторная или многоугольник	Три или более	Один для трех-четырех линий или для каждой системы шин (без записи предаварийного режима)
220	Без выключателей 220 кВ или с одним выключателем	Одна или две	Не устанавливается
220	Треугольник, четырехугольник, мостик	То же	Допускается установка одного автоматического осциллографа, если на противоположных концах линий 220 кВ нет автоматических осциллографов
110	С секциями или системами шин	Одна - три на каждую секцию или систему шин	Один для двух секций или рабочих систем шин (без записи предаварийного режима)
110	С секциями или системами шин	Четыре - шесть на каждую секцию или рабочую систему шин	Один для каждой секции или рабочей системы шин (без записи предаварийного режима)
110	С секциями или системами шин	Семь или более на каждую секцию или рабочую систему шин	Один для каждой секции или рабочей системы шин. Допускается установка двух автоматических осциллографов для каждой секции или рабочей системы шин (без записи предаварийного режима)
110	Без выключателей на стороне 110 кВ, мостик, треугольник, четырехугольник	Одна или две	Не устанавливается

**Таблица 1.6.3. Рекомендации по выбору электрических параметров, регистрируемых автоматическими аварийными осциллографами**



Напряжение распределительного устройства, кВ	Параметры, рекомендуемые для регистрации автоматическими осциллографами
750, 500, 330	Фазные напряжения трех фаз линий. Напряжение и ток нулевой последовательности линий. Токи двух или трех фаз линий. Ток усилителя мощности, ток приема высокочастотного приемопередатчика и положение контактов выходного промежуточного реле высокочастотной защиты.
220, 110	Фазные напряжения и напряжение нулевой последовательности секции или рабочей системы шин. Токи нулевой последовательности линий, присоединенных к секции или рабочей системе шин. Фазные токи (двух или трех фаз) наиболее ответственных линий. Токи приема высокочастотных приемопередатчиков дифференциально-фазных защит межсистемных линий электропередачи.

1.6.21. На электрических станциях, принадлежащих потребителю и имеющих связь с энергосистемой (блок-станциях), автоматические аварийные осциллографы должны предусматриваться для каждой системы шин 110 кВ и выше, через которые осуществляется связь с энергосистемой по линиям электропередачи. Эти осциллографы, как правило, должны регистрировать напряжения (фазные и нулевой последовательности) соответствующей системы шин, токи (фазные и нулевой последовательности) линий электропередачи, связывающих блок-станцию с системой.

1.6.22. Для регистрации действия устройств противоаварийной системной автоматики рекомендуется устанавливать дополнительные осциллографы. Расстановка дополнительных осциллографов и выбор регистрируемых ими параметров должны предусматриваться в проектах противоаварийной системной автоматики.

1.6.23. Для определения мест повреждений на ВЛ 110 кВ и выше длиной более 20 км должны предусматриваться фиксирующие приборы.

## Глава 1.7 ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

**УТВЕРЖДЕНО**  
Министерством энергетики  
Российской Федерации

Приказ от 8 июля 2002 г. № 204

*Вводится в действие  
с 1 января 2003 г.*

### Область применения. Термины и определения

1.7.1. Настоящая глава Правил распространяется на все электроустановки переменного и постоянного тока напряжением до 1 кВ и выше и содержит общие требования к их заземлению и защите людей и животных от поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции.

Дополнительные требования приведены в соответствующих главах ПУЭ.

1.7.2. Электроустановки в отношении мер электробезопасности разделяются на:  
электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с глухозаземленной или эффективно заземленной нейтралью (см. 1.2.16);

электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор или резистор нейтралью;

электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью;

электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью.

1.7.3. Для электроустановок напряжением до 1 кВ приняты следующие обозначения:

система *TN* - система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников;

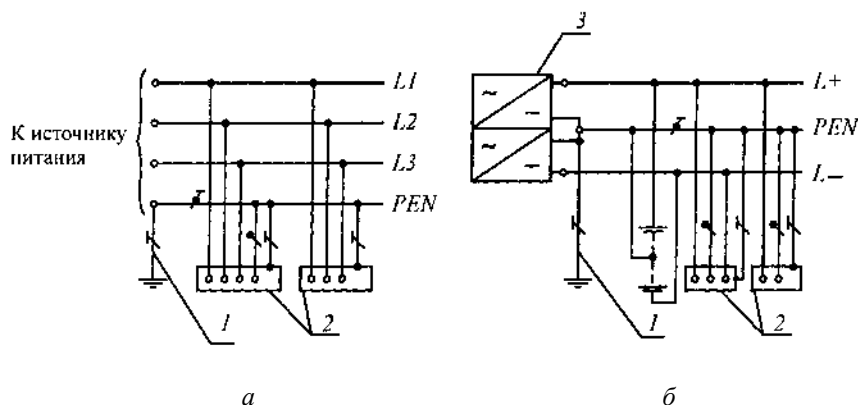


Рис. 1.7.1. Система *TN-C* переменного (*а*) и постоянного (*б*) тока. Нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике:  
 1 - заземлитель нейтрали (средней точки) источника питания;  
 2 - открытые проводящие части; 3 - источник питания постоянного тока

система *TN-C* - система *TN*, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении (рис. 1.7.1);

система *TN-S* - система *TN*, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении (рис. 1.7.2);

система *TN-C-S* - система *TN*, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника питания (рис. 1.7.3);

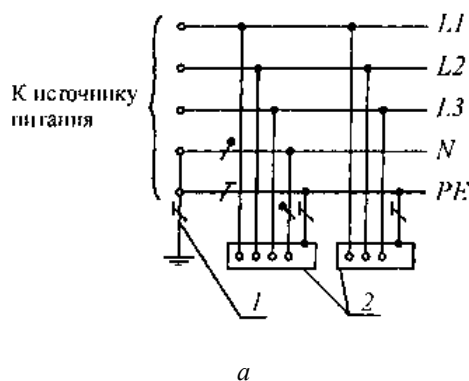
система *IT* - система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части электроустановки заземлены (рис. 1.7.4);

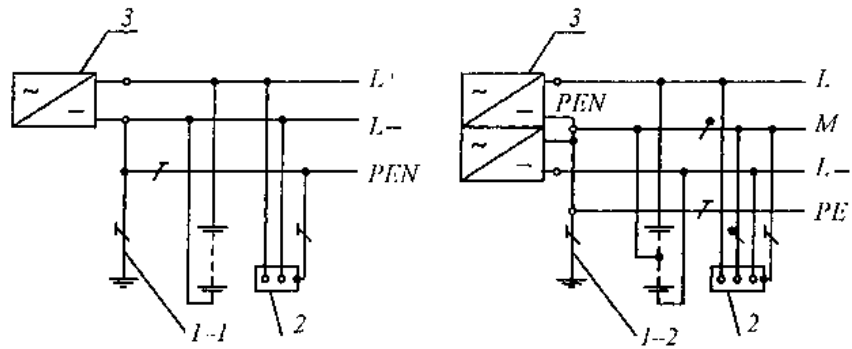
система *TT* - система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника (рис. 1.7.5).

Первая буква - состояние нейтрали источника питания относительно земли:

*T* - заземленная нейтраль;

*I* - изолированная нейтраль.





б

Рис. 1.7.2. Система  $TN-S$  переменного (а) и постоянного (б) тока. Нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены:

$I$  - заземлитель нейтрали источника переменного тока;  $I-1$  - заземлитель вывода источника постоянного тока;  $I-2$  - заземлитель средней точки источника постоянного тока; 2 - открытые проводящие части; 3 - источник питания

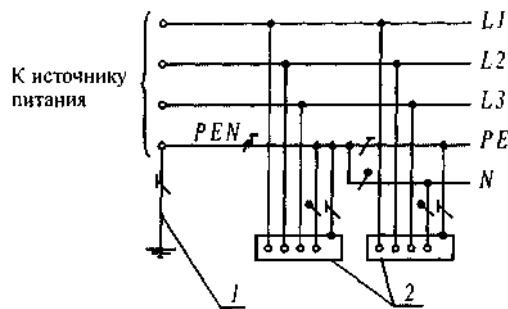
Вторая-буква - состояние открытых проводящих частей относительно земли:

$T$  - открытые проводящие части заземлены, независимо от отношения к земле нейтрали источника питания или какой-либо точки питающей сети;

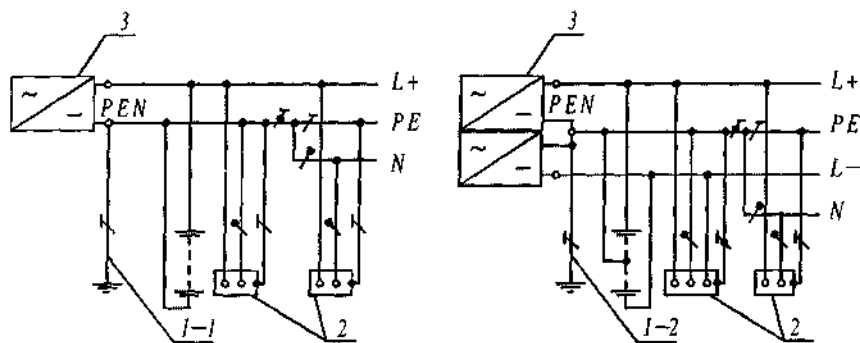
$N$  - открытые проводящие части присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания.

Последующие (после  $N$ ) буквы - совмещение в одном проводнике или разделение функций нулевого рабочего и нулевого защитного проводников:

$S$  - нулевой рабочий ( $N$ ) и нулевой защитный ( $PE$ ) проводники разделены;



а



б

Рис. 1.7.3. Система  $TN-C-S$  переменного (а) и постоянного (б) тока. Нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике в части системы:

$I$  — заземлитель нейтрали источника переменного тока;  $I-1$  - заземлитель вывода источника постоянного тока;  $I-2$  - заземлитель средней точки источника постоянного тока; 2 - открытые проводящие части, 3 - источник питания

$C$  - функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике ( $PEN$ -проводник);

$N$  -  $\overline{I}$  - нулевой рабочий (нейтральный) проводник;

$PE$  -  $\overline{I}$  - защитный проводник (заземляющий проводник, нулевой защитный проводник, защитный проводник системы уравнивания потенциалов);

$PEN$  -  $\overline{I}$  - совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий проводники.

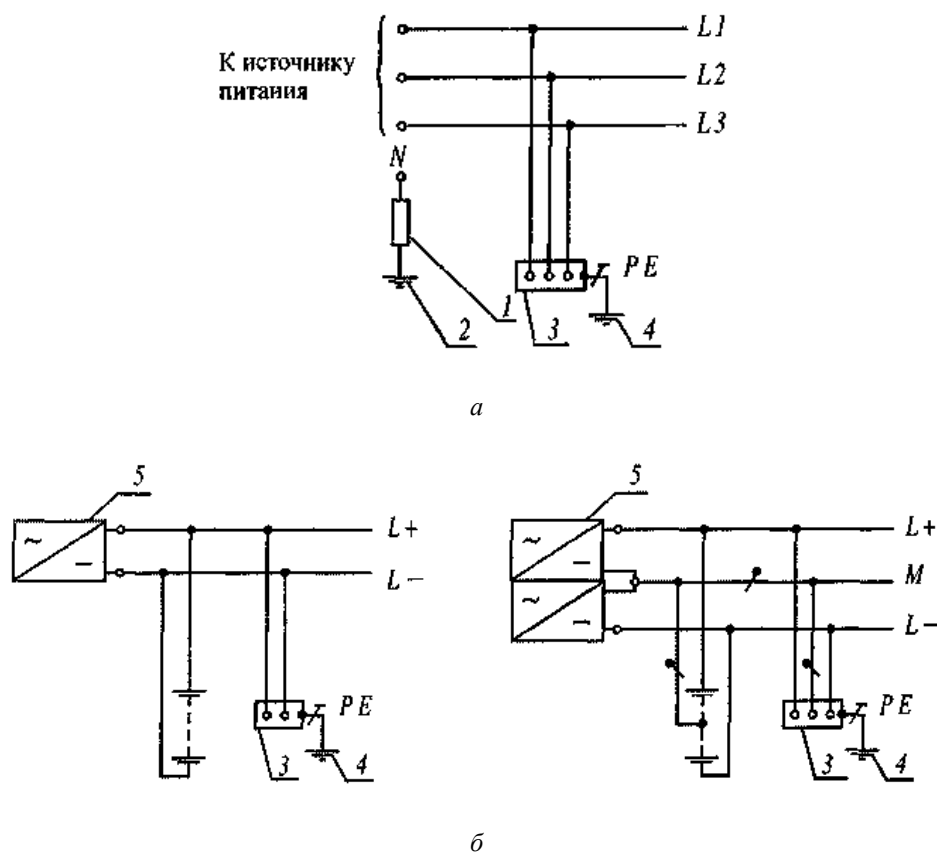


Рис. 1.7.4. Система ИТ переменного (а) и постоянного (б) тока. Открытые проводящие части электроустановки заземлены. Нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через большое сопротивление:

$I$  - сопротивление заземления нейтрали источника питания (если имеется); 2 — заземлитель; 3 — открытые проводящие части; 4 - заземляющее устройство электроустановки; 5 - источник питания

1.7.4. Электрическая сеть с эффективно заземленной нейтралью - трехфазная электрическая сеть напряжением выше 1 кВ, в которой коэффициент замыкания на землю не превышает 1,4.

Коэффициент замыкания на землю в трехфазной электрической сети - отношение разности потенциалов между неповрежденной фазой и землей в точке замыкания на землю другой или двух других фаз к разности потенциалов между фазой и землей в этой точке до замыкания.

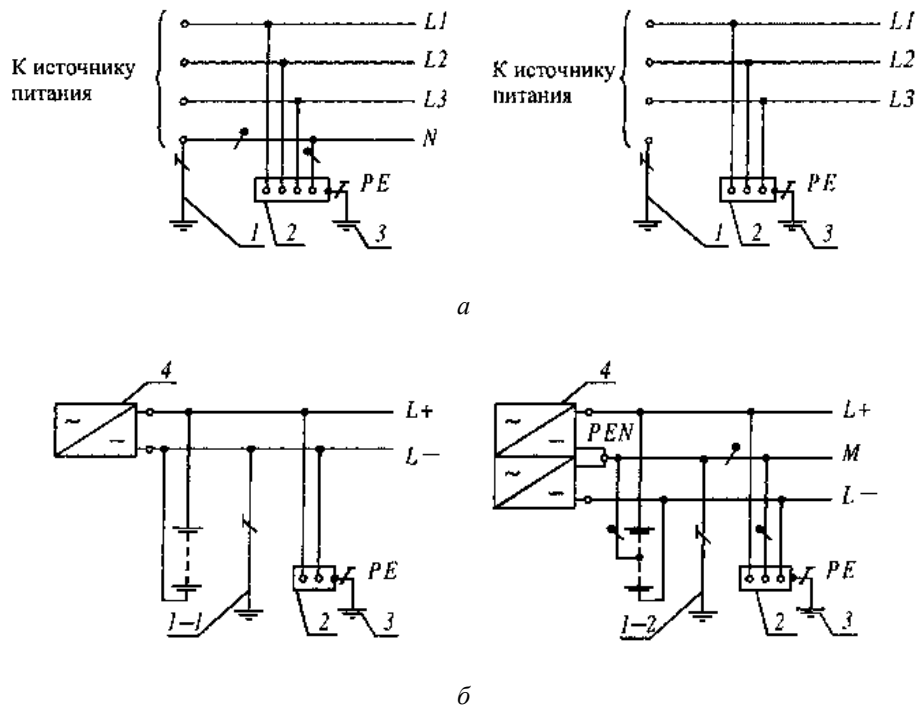


Рис. 1.7.5. Система *TT* переменного (*а*) и постоянного (*б*) тока. Открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземления, электрически независимого от заземлителя нейтрали:

*1* - заземлитель нейтрали источника переменного тока; *1-1* - заземлитель вывода источника постоянного тока; *1-2* — заземлитель средней точки источника постоянного тока; *2* - открытые проводящие части; *3* - заземлитель открытых проводящих частей электроустановки; *4* - источник питания

1.7.5. Глухозаземленная нейтраль - нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная непосредственно к заземляющему устройству. Глухозаземленным может быть также вывод источника однофазного переменного тока или полюс источника постоянного тока в двухпроводных сетях, а также средняя точка в трехпроводных сетях постоянного тока.

1.7.6. Изолированная нейтраль - нейтраль трансформатора или генератора, неприсоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через большое сопротивление приборов сигнализации, измерения, защиты и других аналогичных им устройств.

1.7.7. Проводящая часть - часть, которая может проводить электрический ток.

1.7.8. Токоведущая часть - проводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе ее работы под рабочим напряжением, в том числе нулевой рабочий проводник (но не *PEN*-проводник).

1.7.9. Открытая проводящая часть - доступная прикосновению проводящая часть электроустановки, нормально не находящаяся под напряжением, но которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции.

1.7.10. Сторонняя проводящая часть - проводящая часть, не являющаяся частью электроустановки.

1.7.11. Прямое прикосновение - электрический контакт людей или животных с токоведущими частями, находящимися под напряжением.

1.7.12. Косвенное прикосновение - электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции.

1.7.13. Защита от прямого прикосновения - защита для предотвращения прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

1.7.14. Защита при косвенном прикосновении - защита от поражения электрическим током при прикосновении к открытым проводящим частям, оказавшимся под напряжением при повреждении изоляции.

Термин повреждение изоляции следует понимать как единственное повреждение изоляции.

1.7.15. Заземлитель - проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

1.7.16. Искусственный заземлитель - заземлитель, специально выполняемый для целей заземления.

1.7.17. Естественный заземлитель - сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для целей заземления.

1.7.18. Заземляющий проводник - проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем.

1.7.19. Заземляющее устройство - совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

1.7.20. Зона нулевого потенциала (относительная земля) - часть земли, находящаяся вне зоны влияния какого-либо заземлителя, электрический потенциал которой принимается равным нулю.

1.7.21. Зона растекания (локальная земля) - зона земли между заземлителем и зоной нулевого потенциала.

Термин земля, используемый в главе, следует понимать как земля в зоне растекания.

1.7.22. Замыкание на землю - случайный электрический контакт между токоведущими частями, находящимися под напряжением, и землей.

1.7.23. Напряжение на заземляющем устройстве - напряжение, возникающее при стекании тока с заземлителя в землю между точкой ввода тока в заземлитель и зоной нулевого потенциала.

1.7.24. Напряжение прикосновения - напряжение между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землей при одновременном прикосновении к ним человека или животного.

Ожидаемое напряжение прикосновения - напряжение между одновременно доступными прикосновению проводящими частями, когда человек или животное их не касается.

1.7.25. Напряжение шага - напряжение между двумя точками на поверхности земли, на расстоянии 1 м одна от другой, которое принимается равным длине шага человека.

1.7.26. Сопротивление заземляющего устройства - отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю.

1.7.27. Эквивалентное удельное сопротивление земли с неоднородной структурой - удельное электрическое сопротивление земли с однородной структурой, в которой сопротивление заземляющего устройства имеет то же значение, что и в земле с неоднородной структурой.

Термин удельное сопротивление, используемый в главе для земли с неоднородной структурой, следует понимать как эквивалентное удельное сопротивление.

1.7.28. Заземление - преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

1.7.29. Защитное заземление - заземление, выполняемое в целях электробезопасности.

1.7.30. Рабочее (функциональное) заземление - заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности).

1.7.31. Защитное зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ - преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

1.7.32. Уравнивание потенциалов - электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов.

Защитное уравнивание потенциалов - уравнивание потенциалов, выполняемое в целях электробезопасности.

Термин уравнивание потенциалов, используемый в главе, следует понимать как защитное уравнивание потенциалов.

1.7.33. Выравнивание потенциалов - снижение разности потенциалов (шагового напряжения) на поверхности земли или пола при помощи защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединенных к заземляющему устройству, или путем применения специальных покрытий земли.

1.7.34. Защитный (PE) проводник - проводник, предназначенный для целей электробезопасности.

Защитный заземляющий проводник - защитный проводник, предназначенный для защитного заземления.

Защитный проводник уравнивания потенциалов - защитный проводник, предназначенный для защитного уравнивания потенциалов.

Нулевой защитный проводник - защитный проводник в электроустановках до 1 кВ, предназначенный для присоединения открытых проводящих частей к глухозаземленной нейтрали источника питания.

1.7.35. Нулевой рабочий (нейтральный) проводник (*N*) — проводник в электроустановках до 1 кВ, предназначенный для питания электроприемников и соединенный с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной точкой источника в сетях постоянного тока.

1.7.36. Совмещенные нулевой защитный и нулевой рабочий (*PEN*) проводники - проводники в электроустановках напряжением до 1 кВ, совмещающие функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников.

1.7.37. Главная заземляющая шина - шина, являющаяся частью заземляющего устройства электроустановки до 1 кВ и предназначенная для присоединения нескольких проводников с целью заземления и уравнивания потенциалов.

1.7.38. Защитное автоматическое отключение питания - автоматическое размыкание цепи одного или нескольких фазных проводников (и, если требуется, нулевого рабочего проводника), выполняемое в целях электробезопасности.

Термин автоматическое отключение питания, используемый в главе, следует понимать как защитное автоматическое отключение питания.

1.7.39. Основная изоляция - изоляция токоведущих частей, обеспечивающая в том числе защиту от прямого прикосновения.

1.7.40. Дополнительная изоляция - независимая изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, выполняемая дополнительно к основной изоляции для защиты при косвенном прикосновении.

1.7.41. Двойная изоляция - изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, состоящая из основной и дополнительной изоляций.

1.7.42. Усиленная изоляция - изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, обеспечивающая степень защиты от поражения электрическим током, равноценную двойной изоляции.

1.7.43. Сверхнизкое (малое) напряжение (СНН) - напряжение, не превышающее 50 В переменного и 120 В постоянного тока.

1.7.44. Разделительный трансформатор - трансформатор, первичная обмотка которого отделена от вторичных обмоток при помощи защитного электрического разделения цепей.

1.7.45. Безопасный разделительный трансформатор - разделительный трансформатор, предназначенный для питания цепей сверхнизким напряжением.

1.7.46. Защитный экран - проводящий экран, предназначенный для отделения электрической цепи и/или проводников от токоведущих частей других цепей.

1.7.47. Защитное электрическое разделение цепей - отделение одной электрической цепи от других цепей в электроустановках напряжением до 1 кВ с помощью:

- двойной изоляции;
- основной изоляции и защитного экрана;
- усиленной изоляции.

1.7.48. Непроводящие (изолирующие) помещения, зоны, площадки - помещения, зоны, площадки, в которых (на которых) защита при косвенном прикосновении обеспечивается высоким сопротивлением пола и стен и в которых отсутствуют заземленные проводящие части.

### **Общие требования**

1.7.49. Токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению открытые и сторонние проводящие части не должны находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции.

1.7.50. Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

- основная изоляция токоведущих частей;
- ограждения и оболочки;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости;

применение сверхнизкого (малого) напряжения.

Для дополнительной защиты от прямого прикосновения в электроустановках напряжением до 1 кВ, при наличии требований других глав ПУЭ, следует применять устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА.

1.7.51. Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- выравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

1.7.52. Меры защиты от поражения электрическим током должны быть предусмотрены в электроустановке или ее части либо применены к отдельным электроприемникам и могут быть реализованы при изготовлении электрооборудования, либо в процессе монтажа электроустановки, либо в обоих случаях.

Применение двух и более мер защиты в электроустановке не должно оказывать взаимного влияния, снижающего эффективность каждой из них.

1.7.53. Защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного и 120 В постоянного тока.

В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках выполнение защиты при косвенном прикосновении может потребоваться при более низких напряжениях, например, 25 В переменного и 60 В постоянного тока или 12 В переменного и 30 В постоянного тока при наличии требований соответствующих глав ПУЭ.

Защита от прямого прикосновения не требуется, если электрооборудование находится в зоне системы уравнивания потенциалов, а наибольшее рабочее напряжение не превышает 25 В переменного или 60 В постоянного тока в помещениях без повышенной опасности и 6 В переменного или 15 В постоянного тока - во всех случаях.

Примечание. Здесь и далее в главе напряжение переменного тока означает среднеквадратичное значение напряжения переменного тока; напряжение постоянного тока — напряжение постоянного или выпрямленного тока с содержанием пульсаций не более 10 % от среднеквадратичного значения.

1.7.54. Для заземления электроустановок могут быть использованы искусственные и естественные заземлители. Если при использовании естественных заземлителей сопротивление заземляющих устройств или напряжение прикосновения имеет допустимое значение, а также обеспечиваются нормированные значения напряжения на заземляющем устройстве и допустимые плотности токов в естественных заземлителях, выполнение искусственных заземлителей в электроустановках до 1 кВ не обязательно. Использование естественных заземлителей в качестве элементов заземляющих устройств не должно приводить к их повреждению при протекании по ним токов короткого замыкания или к нарушению работы устройств, с которыми они связаны.

1.7.55. Для заземления в электроустановках разных назначений и напряжений, территориально сближенных, следует, как правило, применять одно общее заземляющее устройство.

Заземляющее устройство, используемое для заземления электроустановок одного или разных назначений и напряжений, должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок: защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, условиям режимов работы сетей, защиты электрооборудования от перенапряжения и т. д. в течение всего периода эксплуатации.

В первую очередь должны быть соблюдены требования, предъявляемые к защитному заземлению.

Заземляющие устройства защитного заземления электроустановок зданий и сооружений и молниезащиты 2-й и 3-й категорий этих зданий и сооружений, как правило, должны быть общими.

При выполнении отдельного (независимого) заземлителя для рабочего заземления по условиям работы информационного или другого чувствительного к воздействию помех



оборудования должны быть приняты специальные меры защиты от поражения электрическим током, исключая одновременное прикосновение к частям, которые могут оказаться под опасной разностью потенциалов при повреждении изоляции.

Для объединения заземляющих устройств разных электроустановок в одно общее заземляющее устройство могут быть использованы естественные и искусственные заземляющие проводники. Их число должно быть не менее двух.

1.7.56. Требуемые значения напряжений прикосновения и сопротивления заземляющих устройств при стекании с них токов замыкания на землю и токов утечки должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных условиях в любое время года.

При определении сопротивления заземляющих устройств должны быть учтены искусственные и естественные заземлители.

При определении удельного сопротивления земли в качестве расчетного следует принимать его сезонное значение, соответствующее наиболее неблагоприятным условиям.

Заземляющие устройства должны быть механически прочными, термически и динамически стойкими к токам замыкания на землю.

1.7.57. Электроустановки напряжением до 1 кВ жилых, общественных и промышленных зданий и наружных установок должны, как правило, получать питание от источника с глухозаземленной нейтралью с применением системы *TN*.

Для защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении в таких электроустановках должно быть выполнено автоматическое отключение питания в соответствии с 1.7.78-1.7.79.

Требования к выбору систем *TN-C*, *TN-S*, *TN-C-S* для конкретных электроустановок приведены в соответствующих главах Правил.

1.7.58. Питание электроустановок напряжением до 1 кВ переменного тока от источника с изолированной нейтралью с применением системы *IT* следует выполнять, как правило, при недопустимости перерыва питания при первом замыкании на землю или на открытые проводящие части, связанные с системой уравнивания потенциалов. В таких электроустановках для защиты при косвенном прикосновении при первом замыкании на землю должно быть выполнено защитное заземление в сочетании с контролем изоляции сети или применены УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА. При двойном замыкании на землю должно быть выполнено автоматическое отключение питания в соответствии с 1.7.81.

1.7.59. Питание электроустановок напряжением до 1 кВ от источника с глухозаземленной нейтралью и с заземлением открытых проводящих частей при помощи заземлителя, не присоединенного к нейтрали (система *TT*), допускается только в тех случаях, когда условия электробезопасности в системе *TN* не могут быть обеспечены. Для защиты при косвенном прикосновении в таких электроустановках должно быть выполнено автоматическое отключение питания с обязательным применением УЗО. При этом должно быть соблюдено условие:

$$R_a I_a \leq 50 \text{ В},$$

где  $I_a$  - ток срабатывания защитного устройства;

$R_a$  - суммарное сопротивление заземлителя и заземляющего проводника, при применении УЗО для защиты нескольких электроприемников - заземляющего проводника наиболее удаленного электроприемника.

1.7.60. При применении защитного автоматического отключения питания должна быть выполнена основная система уравнивания потенциалов в соответствии с 1.7.82, а при необходимости также дополнительная система уравнивания потенциалов в соответствии с 1.7.83.

1.7.61. При применении системы *TN* рекомендуется выполнять повторное заземление *PE*- и *PEN*-проводников на вводе в электроустановки зданий, а также в других доступных местах. Для повторного заземления в первую очередь следует использовать естественные заземлители. Сопротивление заземлителя повторного заземления не нормируется.

Внутри больших и многоэтажных зданий аналогичную функцию выполняет уравнивание потенциалов посредством присоединения нулевого защитного проводника к главной заземляющей шине.

Повторное заземление электроустановок напряжением до 1 кВ, получающих питание по воздушным линиям, должно выполняться в соответствии с 1.7.102-1.7.103.

1.7.62. Если время автоматического отключения питания не удовлетворяет условиям 1.7.78-1.7.79 для системы *TN* и 1.7.81 для системы *IT*, то защита при косвенном прикосновении для отдельных частей электроустановки или отдельных электроприемников может быть выполнена применением двойной или усиленной изоляции (электрооборудование класса II), сверхнизкого

напряжения (электрооборудование класса III), электрического разделения цепей изолирующих (непроводящих) помещений, зон, площадок.

1.7.63. Система *IT* напряжением до 1 кВ, связанная через трансформатор с сетью напряжением выше 1 кВ, должна быть защищена пробивным предохранителем от опасности, возникающей при повреждении изоляции между обмотками высшего и низшего напряжений трансформатора. Пробивной предохранитель должен быть установлен в нейтрали или фазе на стороне низкого напряжения каждого трансформатора.

1.7.64. В электроустановках напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью для защиты от поражения электрическим током должно быть выполнено защитное заземление открытых проводящих частей.

В таких электроустановках должна быть предусмотрена возможность быстрого обнаружения замыканий на землю. Защита от замыканий на землю должна устанавливаться с действием на отключение по всей электрически связанной сети в тех случаях, в которых это необходимо по условиям безопасности (для линий, питающих передвижные подстанции и механизмы, торфяные разработки и т.п.).

1.7.65. В электроустановках напряжением выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью для защиты от поражения электрическим током должно быть выполнено защитное заземление открытых проводящих частей.

1.7.66. Защитное зануление в системе *TN* и защитное заземление в системе *IT* электрооборудования, установленного на опорах ВЛ (силовые и измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители, конденсаторы и другие аппараты), должно быть выполнено с соблюдением требований, приведенных в соответствующих главах ПУЭ, а также в настоящей главе.

Сопротивление заземляющего устройства опоры ВЛ, на которой установлено электрооборудование, должно соответствовать требованиям гл. 2.4 и 2.5.

### **Меры защиты от прямого прикосновения**

1.7.67. Основная изоляция токоведущих частей должна покрывать токоведущие части и выдерживать все возможные воздействия, которым она может подвергаться в процессе ее эксплуатации. Удаление изоляции должно быть возможно только путем ее разрушения. Лакокрасочные покрытия не являются изоляцией, защищающей от поражения электрическим током, за исключением случаев, специально оговоренных техническими условиями на конкретные изделия. При выполнении изоляции во время монтажа она должна быть испытана в соответствии с требованиями гл. 1.8.

В случаях, когда основная изоляция обеспечивается воздушным промежутком, защита от прямого прикосновения к токоведущим частям или приближения к ним на опасное расстояние, в том числе в электроустановках напряжением выше 1 кВ, должна быть выполнена посредством оболочек, ограждений, барьеров или размещением вне зоны досягаемости.

1.7.68. Ограждения и оболочки в электроустановках напряжением до 1 кВ должны иметь степень защиты не менее IP 2X, за исключением случаев, когда большие зазоры необходимы для нормальной работы электрооборудования.

Ограждения и оболочки должны быть надежно закреплены и иметь достаточную механическую прочность.

Вход за ограждение или вскрытие оболочки должны быть возможны только при помощи специального ключа или инструмента либо после снятия напряжения с токоведущих частей. При невозможности соблюдения этих условий должны быть установлены промежуточные ограждения со степенью защиты не менее IP 2X, удаление которых также должно быть возможно только при помощи специального ключа или инструмента.

1.7.69. Барьеры предназначены для защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям в электроустановках напряжением до 1 кВ или приближения к ним на опасное расстояние в электроустановках напряжением выше 1 кВ, но не исключают преднамеренного прикосновения и приближения к токоведущим частям при обходе барьера. Для удаления барьеров не требуется применения ключа или инструмента, однако они должны быть закреплены так, чтобы их нельзя было снять непреднамеренно. Барьеры должны быть из изолирующего материала.

1.7.70. Размещение вне зоны досягаемости для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям в электроустановках напряжением до 1 кВ или приближения к ним на опасное расстояние в электроустановках напряжением выше 1 кВ может быть применено при невозможности выполнения мер, указанных в 1.7.68-1.7.69, или их недостаточности. При этом расстояние между доступными одновременно прикосновению проводящими частями в

электроустановках напряжением до 1 кВ должно быть не менее 2,5 м. Внутри зоны досягаемости не должно быть частей, имеющих разные потенциалы и доступных одновременному прикосновению.

В вертикальном направлении зона досягаемости в электроустановках напряжением до 1 кВ должна составлять 2,5 м от поверхности, на которой находятся люди (рис. 1.7.6).

Указанные размеры даны без учета применения вспомогательных средств (например, инструмента, лестниц, длинных предметов).

1.7.71. Установка барьеров и размещение вне зоны досягаемости допускается только в помещениях, доступных квалифицированному персоналу.

1.7.72. В электропомещениях электроустановок напряжением до 1 кВ не требуется защита от прямого прикосновения при одновременном выполнении следующих условий:

эти помещения отчетливо обозначены, и доступ в них возможен только с помощью ключа;  
обеспечена возможность свободного выхода из помещения без ключа, даже если оно заперто на ключ снаружи;

минимальные размеры проходов обслуживания соответствуют гл. 4.1.

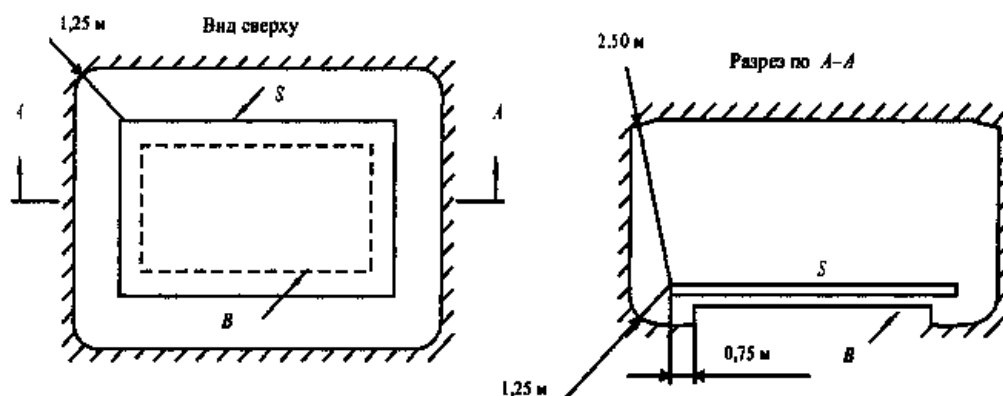


Рис. 1.7.6. Зона досягаемости в электроустановках до 1 кВ:

*S* - поверхность, на которой может находиться человек;

*B* - основание поверхности *S*;

//// - граница зоны досягаемости токоведущих частей рукой человека, находящегося на поверхности *S*;

0,75; 1,25; 2,50 м - расстояния от края поверхности *S* до границы зоны досягаемости

### Меры защиты от прямого и косвенного прикосновений

1.7.73. Сверхнизкое (малое) напряжение (СНН) в электроустановках напряжением до 1 кВ может быть применено для защиты от поражения электрическим током при прямом и/или косвенном прикосновениях в сочетании с защитным электрическим разделением цепей или в сочетании с автоматическим отключением питания.

В качестве источника питания цепей СНН в обоих случаях следует применять безопасный разделительный трансформатор в соответствии с ГОСТ 30030 «Трансформаторы разделительные и безопасные разделительные трансформаторы» или другой источник СНН, обеспечивающий равноценную степень безопасности.

Токосоведущие части цепей СНН должны быть электрически отделены от других цепей так, чтобы обеспечивалось электрическое разделение, равноценное разделению между первичной и вторичной обмотками разделительного трансформатора.

Проводники цепей СНН, как правило, должны быть проложены отдельно от проводников более высоких напряжений и защитных проводников, либо отделены от них заземленным металлическим экраном (оболочкой), либо заключены в неметаллическую оболочку дополнительно к основной изоляции.

Вилки и розетки штепсельных соединителей в цепях СНН не должны допускать подключение к розеткам и вилкам других напряжений.

Штепсельные розетки должны быть без защитного контакта.

При значениях СНН выше 25 В переменного или 60 В постоянного тока должна быть также выполнена защита от прямого прикосновения при помощи ограждений или оболочек или

изоляции, соответствующей испытательному напряжению 500 В переменного тока в течение 1 мин.

1.7.74. При применении СНН в сочетании с электрическим разделением цепей открытые проводящие части не должны быть преднамеренно присоединены к заземлителю, защитным проводникам или открытым проводящим частям других цепей и к сторонним проводящим частям, кроме случая, когда соединение сторонних проводящих частей с электрооборудованием необходимо, а напряжение на этих частях не может превысить значение СНН.

СНН в сочетании с электрическим разделением цепей следует применять, когда при помощи СНН необходимо обеспечить защиту от поражения электрическим током при повреждении изоляции не только в цепи СНН, но и при повреждении изоляции в других цепях, например, в цепи, питающей источник.

При применении СНН в сочетании с автоматическим отключением питания один из выводов источника СНН и его корпус должны быть присоединены к защитному проводнику цепи, питающей источник.

1.7.75. В случаях, когда в электроустановке применено электрооборудование с наибольшим рабочим (функциональным) напряжением, не превышающим 50 В переменного или 120 В постоянного тока, такое напряжение может быть использовано в качестве меры защиты от прямого и косвенного прикосновения, если при этом соблюдены требования 1.7.73-1.7.74.

### **Меры защиты при косвенном прикосновении**

1.7.76. Требования защиты при косвенном прикосновении распространяются на:

- 1) корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т. п.;
- 2) приводы электрических аппаратов;
- 3) каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов, а также съемных или открывающихся частей, если на последних установлено электрооборудование напряжением выше 50 В переменного или 120 В постоянного тока (в случаях, предусмотренных соответствующими главами ПУЭ - выше 25 В переменного или 60 В постоянного тока);
- 4) металлические конструкции распределительных устройств, кабельные конструкции, кабельные муфты, оболочки и броню контрольных и силовых кабелей, оболочки проводов, рукава и трубы электропроводки, оболочки и опорные конструкции шинопроводов (токопроводов), лотки, короба, струны, тросы и полосы, на которых укреплены кабели и провода (кроме струн, тросов и полос, по которым проложены кабели с зануленной или заземленной металлической оболочкой или броней), а также другие металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование;
- 5) металлические оболочки и броню контрольных и силовых кабелей и проводов на напряжения, не превышающие указанные в 1.7.53, проложенные на общих металлических конструкциях, в том числе в общих трубах, коробах, лотках и т. п., с кабелями и проводами на более высокие напряжения;
- 6) металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников;
- 7) электрооборудование, установленное на движущихся частях станков, машин и механизмов.

При применении в качестве защитной меры автоматического отключения питания указанные открытые проводящие части должны быть присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания в системе *TN* и заземлены в системах *IT* и *TT*.

1.7.77. Не требуется преднамеренно присоединять к нейтрали источника в системе *TN* и заземлять в системах *IT* и *TT*:

- 1) корпуса электрооборудования и аппаратов, установленных на металлических основаниях: конструкциях, распределительных устройствах, щитах, шкафах, станинах станков, машин и механизмов, присоединенных к нейтрали источника питания или заземленных, при обеспечении надежного электрического контакта этих корпусов с основаниями;
- 2) конструкции, перечисленные в 1.7.76, при обеспечении надежного электрического контакта между этими конструкциями и установленным на них электрооборудованием, присоединенным к защитному проводнику;
- 3) съемные или открывающиеся части металлических каркасов камер распределительных устройств, шкафов, ограждений и т. п., если на съемных (открывающихся) частях не установлено электрооборудование или если напряжение установленного электрооборудования не превышает значений, указанных в 1.7.53;
- 4) арматуру изоляторов воздушных линий электропередачи и присоединяемые к ней крепежные детали;
- 5) открытые проводящие части электрооборудования с двойной изоляцией;

б) металлические скобы, крепежи, отрезки труб механической защиты кабелей в местах их прохода через стены и перекрытия и другие подобные детали электропроводок площадью до 100 см<sup>2</sup>, в том числе протяжные и ответвительные коробки скрытых электропроводок.

1.7.78. При выполнении автоматического отключения питания в электроустановках напряжением до 1 кВ все открытые проводящие части должны быть присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания, если применена система *TN*, и заземлены, если применены системы *IT* или *TT*. При этом характеристики защитных аппаратов и параметры защитных проводников должны быть согласованы, чтобы обеспечивалось нормированное время отключения поврежденной цепи защитно-коммутационным аппаратом в соответствии с номинальным фазным напряжением питающей сети.

В электроустановках, в которых в качестве защитной меры применено автоматическое отключение питания, должно быть выполнено уравнивание потенциалов.

Для автоматического отключения питания могут быть применены защитно-коммутационные аппараты, реагирующие на сверхтоки или на дифференциальный ток.

1.7.79. В системе *TN* время автоматического отключения питания не должно превышать значений, указанных в табл. 1.7.1.

Таблица 1.7.1

**Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения для системы *TN***

Номинальное фазное напряжение $U_0$ , В	Время отключения, с
127	0,8
220	0,4
380	0,2
Более 380	0,1

Приведенные значения времени отключения считаются достаточными для обеспечения электробезопасности, в том числе в групповых цепях, питающих передвижные и переносные электроприемники и ручной электроинструмент класса 1.

В цепях, питающих распределительные, групповые, этажные и др. щиты и щитки, время отключения не должно превышать 5 с.

Допускаются значения времени отключения более указанных в табл. 1.7.1, но не более 5 с в цепях, питающих только стационарные электроприемники от распределительных щитов или щитков при выполнении одного из следующих условий:

1) полное сопротивление, защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком не превышает значения, Ом:

$$50 \cdot Z_{\text{ц}}/U_0,$$

где  $Z_{\text{ц}}$  - полное сопротивление цепи «фаза-нуль», Ом;

$U_0$  - номинальное фазное напряжение цепи, В;

50 - падение напряжения на участке защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком, В;

2) к шине *PE* распределительного щита или щитка присоединена дополнительная система уравнивания потенциалов, охватывающая те же сторонние проводящие части, что и основная система уравнивания потенциалов.

Допускается применение УЗО, реагирующих на дифференциальный ток.

1.7.80. Не допускается применять УЗО, реагирующие на дифференциальный ток, в четырехпроводных трехфазных цепях (система *TN-C*). В случае необходимости применения УЗО для защиты отдельных электроприемников, получающих питание от системы *TN-C*, защитный *PE*-проводник электроприемника должен быть подключен к *PEN*-проводнику цепи, питающей электроприемник, до защитно-коммутационного аппарата.

1.7.81. В системе *IT* время автоматического отключения питания при двойном замыкании на открытые проводящие части должно соответствовать табл. 1.7.2.

Таблица 1.7.2

**Наибольшее допустимое время защитного автоматического**

### отключения для системы *IT*

Номинальное линейное напряжение $U_0$ , В	Время отключения, с
220	0,8
380	0,4
660	0,2
Более 660	0,1

1.7.82. Основная система уравнивания потенциалов в электроустановках до 1 кВ должна соединять между собой следующие проводящие части (рис. 1.7.7):

- 1) нулевой защитный *PE*- или *PEN*-проводник питающей линии в системе *TN*;
- 2) заземляющий проводник, присоединенный к заземляющему устройству электроустановки, в системах *IT* и *TT*;
- 3) заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание (если есть заземлитель);
- 4) металлические трубы коммуникаций, входящих в здание: горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления, газоснабжения и т.п.

Если трубопровод газоснабжения имеет изолирующую вставку на вводе в здание, к основной системе уравнивания потенциалов присоединяется только та часть трубопровода, которая находится относительно изолирующей вставки со стороны здания;

- 5) металлические части каркаса здания;
- 6) металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования. При наличии децентрализованных систем вентиляции и кондиционирования металлические воздуховоды следует присоединять к шине *PE* щитов питания вентиляторов и кондиционеров;

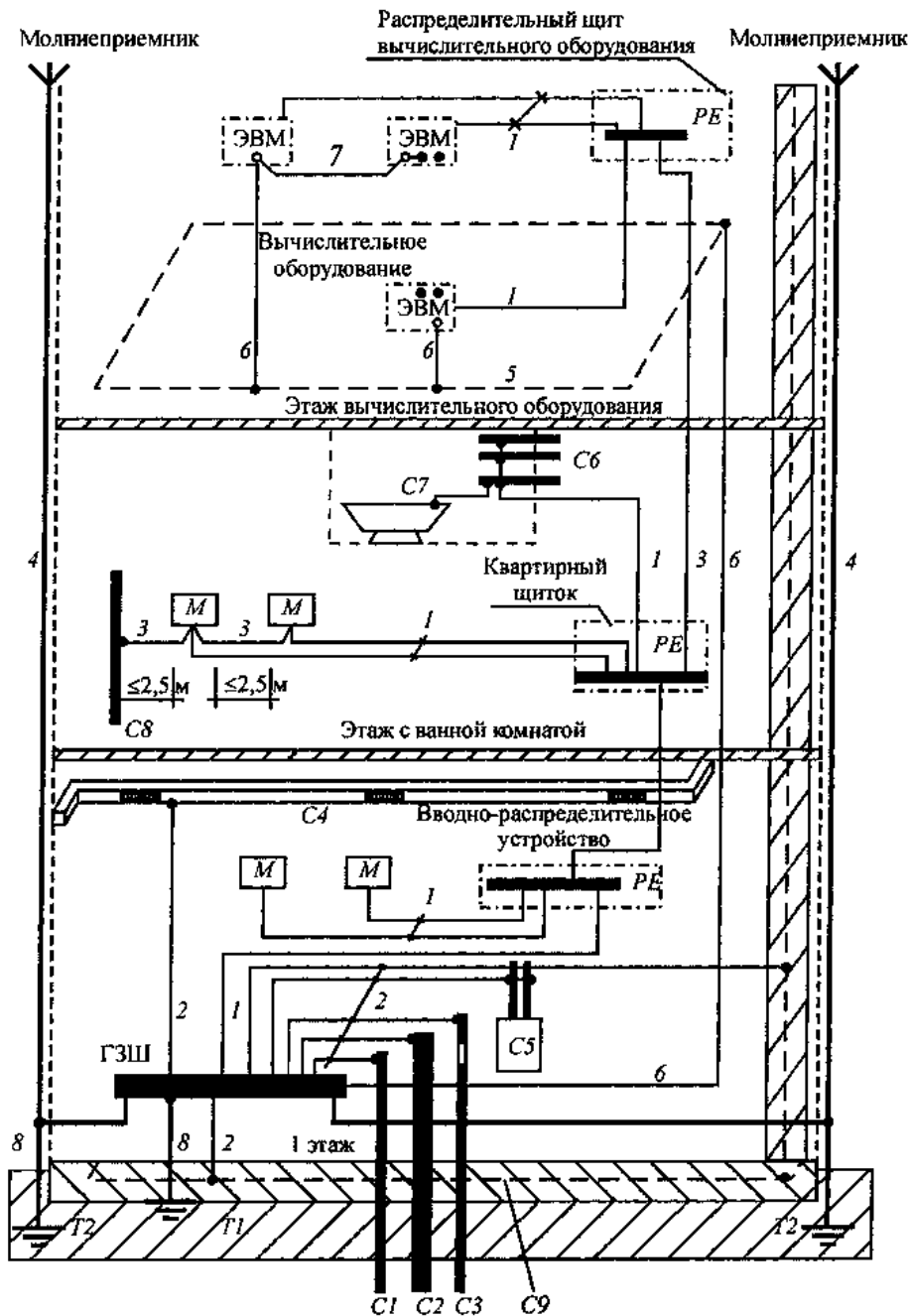


Рис. 1.7.7. Система уравнивания потенциалов в здании:

*M* - открытая проводящая часть; *C1* - металлические трубы водопровода, входящие в здание; *C2* — металлические трубы канализации, входящие в здание; *C3* — металлические трубы газоснабжения с изолирующей вставкой на вводе, входящие в здание; *C4* - воздуховоды вентиляции и кондиционирования; *C5* - система отопления; *C6* - металлические водопроводные трубы в ванной комнате; *C7* - металлическая ванна; *C8* — сторонняя проводящая часть в пределах досягаемости от открытых проводящих частей; *C9* — арматура железобетонных конструкций; ГЗШ - главная заземляющая шина; *T1* - естественный заземлитель; *T2* - заземлитель молниезащиты (если имеется); 1 - нулевой защитный проводник; 2 - проводник основной системы уравнивания потенциалов; 3 - проводник дополнительной системы уравнивания потенциалов; 4 — токоотвод системы молниезащиты; 5 — контур (магистраль) рабочего заземления в помещении информационного вычислительного оборудования; 6 — проводник рабочего (функционального) заземления; 7 - проводник уравнивания потенциалов в системе рабочего (функционального) заземления; 8 - заземляющий проводник

- 7) заземляющее устройство системы молниезащиты 2-й и 3-й категорий;
- 8) заземляющий проводник функционального (рабочего) заземления, если такое имеется и отсутствуют ограничения на присоединение сети рабочего заземления к заземляющему устройству защитного заземления;
- 9) металлические оболочки телекоммуникационных кабелей.

Проводящие части, входящие в здание извне, должны быть соединены как можно ближе к точке их ввода в здание.

Для соединения с основной системой уравнивания потенциалов все указанные части должны быть присоединены к главной заземляющей шине (1.7.119-1.7.120) при помощи проводников системы уравнивания потенциалов.

1.7.83. Система дополнительного уравнивания потенциалов должна соединять между собой все одновременно доступные прикосновению открытые проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, включая доступные прикосновению металлические части строительных конструкций здания, а также нулевые защитные проводники в системе *TN* и защитные заземляющие проводники в системах *IT* и *TT*, включая защитные проводники штепсельных розеток.

Для уравнивания потенциалов могут быть использованы специально предусмотренные проводники либо открытые и сторонние проводящие части, если они удовлетворяют требованиям 1.7.122 к защитным проводникам в отношении проводимости и непрерывности электрической цепи.

1.7.84. Защита при помощи двойной или усиленной изоляции может быть обеспечена применением электрооборудования класса II или заключением электрооборудования, имеющего только основную изоляцию токоведущих частей, в изолирующую оболочку.

Проводящие части оборудования с двойной изоляцией не должны быть присоединены к защитному проводнику и к системе уравнивания потенциалов.

1.7.85. Защитное электрическое разделение цепей следует применять, как правило, для одной цепи.

Наибольшее рабочее напряжение отделяемой цепи не должно превышать 500 В.

Питание отделяемой цепи должно быть выполнено от разделительного трансформатора, соответствующего ГОСТ 30030 «Трансформаторы разделительные и безопасные разделительные трансформаторы», или от другого источника, обеспечивающего равноценную степень безопасности.

Токосоведущие части цепи, питающейся от разделительного трансформатора, не должны иметь соединений с заземленными частями и защитными проводниками других цепей.

Проводники цепей, питающихся от разделительного трансформатора, рекомендуется прокладывать отдельно от других цепей. Если это невозможно, то для таких цепей необходимо использовать кабели без металлической оболочки, брони, экрана или изолированные провода, проложенные в изоляционных трубах, коробах и каналах при условии, что номинальное напряжение этих кабелей и проводов соответствует наибольшему напряжению совместно проложенных цепей, а каждая цепь защищена от сверхтоков.

Если от разделительного трансформатора питается только один электроприемник, то его открытые проводящие части не должны быть присоединены ни к защитному проводнику, ни к открытым проводящим частям других цепей.

Допускается питание нескольких электроприемников от одного разделительного трансформатора при одновременном выполнении следующих условий:

- 1) открытые проводящие части отделяемой цепи не должны иметь электрической связи с металлическим корпусом источника питания;

- 2) открытые проводящие части отделяемой цепи должны быть соединены между собой изолированными незаземленными проводниками местной системы уравнивания потенциалов, не имеющей соединений с защитными проводниками и открытыми проводящими частями других цепей;

- 3) все штепсельные розетки должны иметь защитный контакт, присоединенный к местной незаземленной системе уравнивания потенциалов;

- 4) все гибкие кабели, за исключением питающих оборудование класса II, должны иметь защитный проводник, применяемый в качестве проводника уравнивания потенциалов;

- 5) время отключения устройством защиты при двухфазном замыкании на открытые проводящие части не должно превышать время, указанное в табл. 1.7.2.

1.7.86. Изолирующие (непроводящие) помещения, зоны и площадки могут быть применены в электроустановках напряжением до 1 кВ, когда требования к автоматическому отключению



питания не могут быть выполнены, а применение других защитных мер невозможно либо нецелесообразно.

Сопrotивление относительно локальной земли изолирующего пола и стен таких помещений, зон и площадок в любой точке должно быть не менее:

50 кОм при номинальном напряжении электроустановки до 500 В включительно, измеренное мегаомметром на напряжение 500 В;

100 кОм при номинальном напряжении электроустановки более 500 В, измеренное мегаомметром на напряжение 1000 В.

Если сопротивление в какой-либо точке меньше указанных, такие помещения, зоны, площадки не должны рассматриваться в качестве меры защиты от поражения электрическим током.

Для изолирующих (непроводящих) помещений, зон, площадок допускается использование электрооборудования класса 0 при соблюдении, по крайней мере, одного из трех следующих условий:

1) открытые проводящие части удалены одна от другой и от сторонних проводящих частей не менее чем на 2 м. Допускается уменьшение этого расстояния вне зоны досягаемости до 1,25 м;

2) открытые проводящие части отделены от сторонних проводящих частей барьерами из изоляционного материала. При этом расстояния, не менее указанных в пп. 1, должны быть обеспечены с одной стороны барьера;

3) сторонние проводящие части покрыты изоляцией, выдерживающей испытательное напряжение не менее 2 кВ в течение 1 мин.

В изолирующих помещениях (зонах) не должен предусматриваться защитный проводник.




Должны быть предусмотрены меры против заноса потенциала на сторонние проводящие части помещения извне.

Пол и стены таких помещений не должны подвергаться воздействию влаги.

1.7.87. При выполнении мер защиты в электроустановках напряжением до 1 кВ класса применяемого электрооборудования по способу защиты человека от поражения электрическим током по ГОСТ 12.2.007.0 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» следует принимать в соответствии с табл. 1.7.3.

Таблица 1.7.3

### Применение электрооборудования в электроустановках напряжением до 1 кВ

Класс по ГОСТ 12.2.007.0 Р МЭК536	Маркировка	Назначение защиты	Условия применения электрооборудования в электроустановке
Класс 0	-	При косвенном прикосновении	1. Применение в непроводящих помещениях. 2. Питание от вторичной обмотки разделительного трансформатора только одного электроприемника
Класс I	Защитный зажим -знак  или буквы PE, или желто-зеленые полосы	При косвенном прикосновении	Присоединение заземляющего зажима электрооборудования к защитному проводнику электроустановки
Класс II	Знак 	При косвенном прикосновении	Независимо от мер защиты, принятых в электроустановке
Класс III	Знак 	От прямого и косвенного прикосновений	Питание от безопасного разделительного трансформатора

### Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ в сетях с эффективно заземленной нейтралью

1.7.88. Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ в сетях с эффективно заземленной нейтралью следует выполнять с соблюдением требований либо к их сопротивлению (1.7.90), либо к напряжению прикосновения (1.7.91), а также с соблюдением требований к конструктивному выполнению (1.7.92-1.7.93) и к ограничению напряжения на

заземляющем устройстве (1.7.89). Требования 1.7.89-1.7.93 не распространяются на заземляющие устройства опор ВЛ.

1.7.89. Напряжение на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания на землю не должно, как правило, превышать 10 кВ. Напряжение выше 10 кВ допускается на заземляющих устройствах, с которых исключен вынос потенциалов за пределы зданий и внешних ограждений электроустановок. При напряжении на заземляющем устройстве более 5 кВ должны быть предусмотрены меры по защите изоляции отходящих кабелей связи и телемеханики и по предотвращению выноса опасных потенциалов за пределы электроустановки.

1.7.90. Заземляющее устройство, которое выполняется с соблюдением требований к его сопротивлению, должно иметь в любое время года сопротивление не более 0,5 Ом с учетом сопротивления естественных и искусственных заземлителей.

В целях выравнивания электрического потенциала и обеспечения присоединения электрооборудования к заземлителю на территории, занятой оборудованием, следует прокладывать продольные и поперечные горизонтальные заземлители и объединять их между собой в заземляющую сетку.

Продольные заземлители должны быть проложены вдоль осей электрооборудования со стороны обслуживания на глубине 0,5-0,7 м от поверхности земли и на расстоянии 0,8-1,0 м от фундаментов или оснований оборудования. Допускается увеличение расстояний от фундаментов или оснований оборудования до 1,5 м с прокладкой одного заземлителя для двух рядов оборудования, если стороны обслуживания обращены друг к другу, а расстояние между основаниями или фундаментами двух рядов не превышает 3,0 м.

Поперечные заземлители следует прокладывать в удобных местах между оборудованием на глубине 0,5-0,7 м от поверхности земли. Расстояние между ними рекомендуется принимать увеличивающимся от периферии к центру заземляющей сетки. При этом первое и последующие расстояния, начиная от периферии, не должны превышать соответственно 4,0; 5,0; 6,0; 7,5; 9,0; 11,0; 13,5; 16,0; 20,0 м. Размеры ячеек заземляющей сетки, примыкающих к местам присоединения нейтралей силовых трансформаторов и короткозамыкателей к заземляющему устройству, не должны превышать 6 x 6 м.

Горизонтальные заземлители следует прокладывать по краю территории, занимаемой заземляющим устройством так, чтобы они в совокупности образовывали замкнутый контур.

Если контур заземляющего устройства располагается в пределах внешнего ограждения электроустановки, то у входов и въездов на ее территорию следует выравнивать потенциал путем установки двух вертикальных заземлителей, присоединенных к внешнему горизонтальному заземлителю напротив входов и въездов. Вертикальные заземлители должны быть длиной 3-5 м, а расстояние между ними должно быть равно ширине входа или въезда.

1.7.91. Заземляющее устройство, которое выполняется с соблюдением требований, предъявляемых к напряжению прикосновения, должно обеспечивать в любое время года при стекании с него тока замыкания на землю значения напряжений прикосновения, не превышающие нормированных (см. ГОСТ 12.1.038). Сопротивление заземляющего устройства при этом определяется по допустимому напряжению на заземляющем устройстве и току замыкания на землю.

При определении значения допустимого напряжения прикосновения в качестве расчетного времени воздействия следует принимать сумму времени действия защиты и полного времени отключения выключателя. При определении допустимых значений напряжений прикосновения у рабочих мест, где при производстве оперативных переключений могут возникнуть КЗ на конструкции, доступные для прикосновения производящему переключения персоналу, следует принимать время действия резервной защиты, а для остальной территории - основной защиты.

Примечание. Рабочее место следует понимать как место оперативного обслуживания электрических аппаратов.

Размещение продольных и поперечных горизонтальных заземлителей должно определяться требованиями ограничения напряжений прикосновения до нормированных значений и удобством присоединения заземляемого оборудования. Расстояние между продольными и поперечными горизонтальными искусственными заземлителями не должно превышать 30 м, а глубина их заложения в грунт должна быть не менее 0,3 м. Для снижения напряжения прикосновения у рабочих мест в необходимых случаях может быть выполнена подсыпка щебня слоем толщиной 0,1-0,2 м.

В случае объединения заземляющих устройств разных напряжений в одно общее заземляющее устройство напряжение прикосновения должно определяться по наибольшему току короткого замыкания на землю объединяемых ОРУ.

1.7.92. При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований, предъявляемых к его сопротивлению или к напряжению прикосновения, дополнительно к требованиям 1.7.90-1.7.91 следует:

прокладывать заземляющие проводники, присоединяющие оборудование или конструкции к заземлителю, в земле на глубине не менее 0,3 м;

прокладывать продольные и поперечные горизонтальные заземлители (в четырех направлениях) вблизи мест расположения заземляемых нейтралей силовых трансформаторов, короткозамыкателей.

При выходе заземляющего устройства за пределы ограждения электроустановки горизонтальные заземлители, находящиеся вне территории электроустановки, следует прокладывать на глубине не менее 1 м. Внешний контур заземляющего устройства в этом случае рекомендуется выполнять в виде многоугольника с тупыми или скругленными углами.

1.7.93. Внешнюю ограду электроустановок не рекомендуется присоединять к заземляющему устройству.

Если от электроустановки отходят ВЛ 110 кВ и выше, то ограду следует заземлить с помощью вертикальных заземлителей длиной 2-3 м, установленных у стоек ограды по всему ее периметру через 20-50 м. Установка таких заземлителей не требуется для ограды с металлическими стойками и с теми стойками из железобетона, арматура которых электрически соединена с металлическими звеньями ограды.

Для исключения электрической связи внешней ограды с заземляющим устройством расстояние от ограды до элементов заземляющего устройства, расположенных вдоль нее с внутренней, внешней или с обеих сторон, должно быть не менее 2 м. Выходящие за пределы ограды горизонтальные заземлители, трубы и кабели с металлической оболочкой или броней и другие металлические коммуникации должны быть проложены посередине между стойками ограды на глубине не менее 0,5 м. В местах примыкания внешней ограды к зданиям и сооружениям, а также в местах примыкания к внешней ограде внутренних металлических ограждений должны быть выполнены кирпичные или деревянные вставки длиной не менее 1 м.

Питание электроприемников, установленных на внешней ограде, следует осуществлять от разделительных трансформаторов. Эти трансформаторы не допускается устанавливать на ограде. Линия, соединяющая вторичную обмотку разделительного трансформатора с электроприемником, расположенным на ограде, должна быть изолирована от земли на расчетное значение напряжения на заземляющем устройстве.

Если выполнение хотя бы одного из указанных мероприятий невозможно, то металлические части ограды следует присоединить к заземляющему устройству и выполнить выравнивание потенциалов так, чтобы напряжение прикосновения с внешней и внутренней сторон ограды не превышало допустимых значений. При выполнении заземляющего устройства по допустимому сопротивлению с этой целью должен быть проложен горизонтальный заземлитель с внешней стороны ограды на расстоянии 1 м от нее и на глубине 1 м. Этот заземлитель следует присоединять к заземляющему устройству не менее чем в четырех точках.

1.7.94. Если заземляющее устройство электроустановки напряжением выше 1 кВ сети с эффективно заземленной нейтралью соединено с заземляющим устройством другой электроустановки при помощи кабеля с металлической оболочкой или броней или других металлических связей, то для выравнивания потенциалов вокруг указанной другой электроустановки или здания, в котором она размещена, необходимо соблюдение одного из следующих условий:

1) прокладка в земле на глубине 1 м и на расстоянии 1 м от фундамента здания или от периметра территории, занимаемой оборудованием, заземлителя, соединенного с системой уравнивания потенциалов этого здания или этой территории, а у входов и у въездов в здание - укладка проводников на расстоянии 1 и 2 м от заземлителя на глубине 1 и 1,5 м соответственно и соединение этих проводников с заземлителем;

2) использование железобетонных фундаментов в качестве заземлителей в соответствии с 1.7.109, если при этом обеспечивается допустимый уровень выравнивания потенциалов. Обеспечение условий выравнивания потенциалов посредством железобетонных фундаментов, используемых в качестве заземлителей, определяется в соответствии с ГОСТ 12.1.030 «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление».

Не требуется выполнение условий, указанных в пп. 1 и 2, если вокруг зданий имеются асфальтовые отмостки, в том числе у входов и у въездов. Если у какого-либо входа (въезда)

отмостка отсутствует, у этого входа (въезда) должно быть выполнено выравнивание потенциалов путем укладки двух проводников, как указано в пп. 1, или соблюдено условие по пп. 2. При этом во всех случаях должны выполняться требования 1.7.95.

1.7.95. Во избежание выноса потенциала не допускается питание электроприемников, находящихся за пределами заземляющих устройств электроустановок напряжением выше 1 кВ сети с эффективно заземленной нейтралью, от обмоток до 1 кВ с заземленной нейтралью трансформаторов, находящихся в пределах контура заземляющего устройства электроустановки напряжением выше 1 кВ.

При необходимости питание таких электроприемников может осуществляться от трансформатора с изолированной нейтралью на стороне напряжением до 1 кВ по кабельной линии, выполненной кабелем без металлической оболочки и без брони, или по ВЛ.

При этом напряжение на заземляющем устройстве не должно превышать напряжение срабатывания пробивного предохранителя, установленного на стороне низшего напряжения трансформатора с изолированной нейтралью.

Питание таких электроприемников может также осуществляться от разделительного трансформатора. Разделительный трансформатор и линия от его вторичной обмотки к электроприемнику, если она проходит по территории, занимаемой заземляющим устройством электроустановки напряжением выше 1 кВ, должны иметь изоляцию от земли на расчетное значение напряжения на заземляющем устройстве.

#### **Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью**

1.7.96. В электроустановках напряжением выше 1 кВ сети с изолированной нейтралью сопротивление заземляющего устройства при прохождении расчетного тока замыкания на землю в любое время года с учетом сопротивления естественных заземлителей должно быть

$$R \leq 250/I,$$

но не более 10 Ом, где  $I$  - расчетный ток замыкания на землю, А.

В качестве расчетного тока принимается:

- 1) в сетях без компенсации емкостных токов - ток замыкания на землю;
- 2) в сетях с компенсацией емкостных токов:

для заземляющих устройств, к которым присоединены компенсирующие аппараты, - ток, равный 125 % номинального тока наиболее мощного из этих аппаратов;

для заземляющих устройств, к которым не присоединены компенсирующие аппараты, — ток замыкания на землю, проходящий в данной сети при отключении наиболее мощного из компенсирующих аппаратов.

Расчетный ток замыкания на землю должен быть определен для той из возможных в эксплуатации схем сети, при которой этот ток имеет наибольшее значение.

1.7.97. При использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью должны быть выполнены условия 1.7.104.

При использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью сопротивление заземляющего устройства должно быть не более указанного в 1.7.101 либо к заземляющему устройству должны быть присоединены оболочки и броня не менее двух кабелей на напряжение до или выше 1 кВ или обоих напряжений, при общей протяженности этих кабелей не менее 1 км.

1.7.98. Для подстанций напряжением 6-10/0,4 кВ должно быть выполнено одно общее заземляющее устройство, к которому должны быть присоединены:

- 1) нейтраль трансформатора на стороне напряжением до 1 кВ;
- 2) корпус трансформатора;
- 3) металлические оболочки и броня кабелей напряжением до 1 кВ и выше;
- 4) открытые проводящие части электроустановок напряжением до 1 кВ и выше;
- 5) сторонние проводящие части.

Вокруг площади, занимаемой подстанцией, на глубине не менее 0,5 м и на расстоянии не более 1 м от края фундамента здания подстанции или от края фундаментов открыто установленного оборудования должен быть проложен замкнутый горизонтальный заземлитель (контур), присоединенный к заземляющему устройству.

1.7.99. Заземляющее устройство сети напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью, объединенное с заземляющим устройством сети напряжением выше 1 кВ с эффективно

заземленной нейтралью в одно общее заземляющее устройство, должно удовлетворять также требованиям 1.7.89-1.7.90.

### **Заземляющие устройства электроустановок напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью**

1.7.100. В электроустановках с глухозаземленной нейтралью нейтраль генератора или трансформатора трехфазного переменного тока, средняя точка источника постоянного тока, один из выводов источника однофазного тока должны быть присоединены к заземлителю при помощи заземляющего проводника.

Искусственный заземлитель, предназначенный для заземления нейтрали, как правило, должен быть расположен вблизи генератора или трансформатора. Для внутрицеховых подстанций допускается располагать заземлитель около стены здания.

Если фундамент здания, в котором размещается подстанция, используется в качестве естественных заземлителей, нейтраль трансформатора следует заземлять путем присоединения не менее чем к двум металлическим колоннам или к закладным деталям, приваренным к арматуре не менее двух железобетонных фундаментов.

При расположении встроенных подстанций на разных этажах многоэтажного здания заземление нейтрали трансформаторов таких подстанций должно быть выполнено при помощи специально проложенного заземляющего проводника. В этом случае заземляющий проводник должен быть дополнительно присоединен к колонне здания, ближайшей к трансформатору, а его сопротивление учтено при определении сопротивления растеканию заземляющего устройства, к которому присоединена нейтраль трансформатора.

Во всех случаях должны быть приняты меры по обеспечению непрерывности цепи заземления и защите заземляющего проводника от механических повреждений.

Если в *PEN*-проводнике, соединяющем нейтраль трансформатора или генератора с шиной *PEN* распределительного устройства напряжением до 1 кВ, установлен трансформатор тока, то заземляющий проводник должен быть присоединен не к нейтрали трансформатора или генератора непосредственно, а к *PEN*-проводнику, по возможности сразу за трансформатором тока. В таком случае разделение *PEN*-проводника на *PE*- и *N*-проводники в системе *TN-S* должно быть выполнено также за трансформатором тока. Трансформатор тока следует размещать как можно ближе к выводу нейтрали генератора или трансформатора.

1.7.101. Сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генератора или трансформатора или выходы источника однофазного тока, в любое время года должно быть не более 2, 4 и 8 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока. Это сопротивление должно быть обеспечено с учетом использования естественных заземлителей, а также заземлителей повторных заземлений *PEN*- или *PE*-проводника ВЛ напряжением до 1 кВ при количестве отходящих линий не менее двух. Сопротивление заземлителя, расположенного в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока, должно быть не более 15, 30 и 60 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока.

При удельном сопротивлении земли  $\rho > 100$  Ом·м допускается увеличивать указанные нормы в 0,01  $\rho$  раз, но не более десятикратного.

1.7.102. На концах ВЛ или ответвлений от них длиной более 200 м, а также на вводах ВЛ к электроустановкам, в которых в качестве защитной меры при косвенном прикосновении применено автоматическое отключение питания, должны быть выполнены повторные заземления *PEN*-проводника. При этом в первую очередь следует использовать естественные заземлители, например, подземные части опор, а также заземляющие устройства, предназначенные для грозовых перенапряжений (см. гл. 2.4).

Указанные повторные заземления выполняются, если более частые заземления по условиям защиты от грозовых перенапряжений не требуются.

Повторные заземления *PEN*-проводника в сетях постоянного тока должны быть выполнены при помощи отдельных искусственных заземлителей, которые не должны иметь металлических соединений с подземными трубопроводами.

Заземляющие проводники для повторных заземлений *PEN*-проводника должны иметь размеры не менее приведенных в табл. 1.7.4.

Таблица 1.7.4

**Наименьшие размеры заземлителей и заземляющих проводников,  
положенных в земле**

Материал	Профиль сечения	Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм	Толщина стенки, мм
Сталь черная	Круглый: для вертикальных заземлителей; для горизонтальных заземлителей	16	-	-
		10	-	-
	Прямоугольный	-	100	4
	Угловой	-	100	4
	Трубный	32	-	3,5
Сталь оцинкованная	Круглый: для вертикальных заземлителей; для горизонтальных заземлителей	12	-	-
		10	-	-
	Прямоугольный	-	75	3
	Трубный	25	-	2
Медь	Круглый	12	-	-
	Прямоугольный	-	50	2
	Трубный	20	-	2
	Канат многопроволочный	1,8*	35	

\* Диаметр каждой проволоки.

1.7.103. Общее сопротивление растеканию заземлителей (в том числе естественных) всех повторных заземлений PEN-проводника каждой ВЛ в любое время года должно быть не более 5, 10 и 20 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока. При этом сопротивление растеканию заземлителя каждого из повторных заземлений должно быть не более 15, 30 и 60 Ом соответственно при тех же напряжениях.

При удельном сопротивлении земли  $\rho > 100$  Ом·м допускается увеличивать указанные нормы в 0,01ρ раз, но не более десятикратного.

**Заземляющие устройства электроустановок напряжением  
до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью**

1.7.104. Сопротивление заземляющего устройства, используемого для защитного заземления открытых проводящих частей, в системе IT должно соответствовать условию:

$$R \leq U_{\text{пр}}/I,$$

где  $R$  - сопротивление заземляющего устройства, Ом;

$U_{\text{пр}}$  - напряжение прикосновения, значение которого принимается равным 50 В (см. также 1.7.53);

$I$  - полный ток замыкания на землю, А.

Как правило, не требуется принимать значение сопротивления заземляющего устройства менее 4 Ом. Допускается сопротивление заземляющего устройства до 10 Ом, если соблюдено приведенное выше условие, а мощность генераторов или трансформаторов не превышает 100 кВ·А, в том числе суммарная мощность генераторов или трансформаторов, работающих параллельно.

**Заземляющие устройства в районах с большим удельным сопротивлением земли**

1.7.105. Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью в районах с большим удельным сопротивлением земли, в том числе в

районах многолетней мерзлоты, рекомендуется выполнять с соблюдением требований, предъявляемых к напряжению прикосновения (1.7.91).

В скальных структурах допускается прокладывать горизонтальные заземлители на меньшей глубине, чем этого требуют 1.7.91-1.7.93, но не менее чем 0,15 м. Кроме того, допускается не выполнять требуемые 1.7.90 вертикальные заземлители у входов и у въездов.

1.7.106. При сооружении искусственных заземлителей в районах с большим удельным сопротивлением земли рекомендуются следующие мероприятия:

1) устройство вертикальных заземлителей увеличенной длины, если с глубиной удельное сопротивление земли снижается, а естественные углубленные заземлители (например, скважины с металлическими обсадными трубами) отсутствуют;

2) устройство выносных заземлителей, если вблизи (до 2 км) от электроустановки есть места с меньшим удельным сопротивлением земли;

3) укладка в траншеи вокруг горизонтальных заземлителей в скальных структурах влажного глинистого грунта с последующей трамбовкой и засыпкой щебнем до верха траншеи;

4) применение искусственной обработки грунта с целью снижения его удельного сопротивления, если другие способы не могут быть применены или не дают необходимого эффекта.

1.7.107. В районах многолетней мерзлоты, кроме рекомендаций, приведенных в 1.7.106, следует:

1) помещать заземлители в непромерзающие водоемы и талые зоны;

2) использовать обсадные трубы скважин;

3) в дополнение к углубленным заземлителям применять протяженные заземлители на глубине около 0,5 м, предназначенные для работы в летнее время при оттаивании поверхностного слоя земли;

4) создавать искусственные талые зоны.

1.7.108. В электроустановках напряжением выше 1 кВ, а также до 1 кВ с изолированной нейтралью для земли с удельным сопротивлением более 500 Ом·м, если мероприятия, предусмотренные 1.7.105-1.7.107, не позволяют получить приемлемые по экономическим соображениям заземлители, допускается повысить требуемые настоящей главой значения сопротивлений заземляющих устройств в 0,002р раз, где р - эквивалентное удельное сопротивление земли, Ом·м. При этом увеличение требуемых настоящей главой сопротивлений заземляющих устройств должно быть не более десятикратного.

### Заземлители

1.7.109. В качестве естественных заземлителей могут быть использованы:

1) металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей, в том числе железобетонные фундаменты зданий и сооружений, имеющие защитные гидроизоляционные покрытия в неагрессивных, слабоагрессивных и среднеагрессивных средах;

2) металлические трубы водопровода, проложенные в земле;

3) обсадные трубы буровых скважин;

4) металлические шпунты гидротехнических сооружений, водоводы, закладные части затворов и т. п.;

5) рельсовые пути магистральных неэлектрифицированных железных дорог и подъездные пути при наличии преднамеренного устройства перемычек между рельсами;

6) другие находящиеся в земле металлические конструкции и сооружения;

7) металлические оболочки бронированных кабелей, проложенных в земле. Оболочки кабелей могут служить единственными заземлителями при количестве кабелей не менее двух. Алюминиевые оболочки кабелей использовать в качестве заземлителей не допускается.

1.7.110. Не допускается использовать в качестве заземлителей трубопроводы горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов и смесей и трубопроводов канализации и центрального отопления. Указанные ограничения не исключают необходимости присоединения таких трубопроводов к заземляющему устройству с целью уравнивания потенциалов в соответствии с 1.7.82.

Не следует использовать в качестве заземлителей железобетонные конструкции зданий и сооружений с предварительно напряженной арматурой, однако это ограничение не распространяется на опоры ВЛ и опорные конструкции ОРУ.

Возможность использования естественных заземлителей по условию плотности протекающих по ним токов, необходимость сварки арматурных стержней железобетонных фундаментов и

конструкций, приварки анкерных болтов стальных колонн к арматурным стержням железобетонных фундаментов, а также возможность использования фундаментов в сильноагрессивных средах должны быть определены расчетом.

1.7.111. Искусственные заземлители могут быть из черной или оцинкованной стали или медными.

Искусственные заземлители не должны иметь окраски.

Материал и наименьшие размеры заземлителей должны соответствовать приведенным в табл. 1.7.4.

1.7.112. Сечение горизонтальных заземлителей для электроустановок напряжением выше 1 кВ следует выбирать по условию термической стойкости при допустимой температуре нагрева 400 °С (кратковременный нагрев, соответствующий времени действия защиты и отключения выключателя).

В случае опасности коррозии заземляющих устройств следует выполнить одно из следующих мероприятий:

увеличить сечения заземлителей и заземляющих проводников с учетом расчетного срока их службы;

применить заземлители и заземляющие проводники с гальваническим покрытием или медные.

При этом следует учитывать возможное увеличение сопротивления заземляющих устройств, обусловленное коррозией.

Траншеи для горизонтальных заземлителей должны заполняться однородным грунтом, не содержащим щебня и строительного мусора.

Не следует располагать (использовать) заземлители в местах, где земля подсушивается под действием тепла трубопроводов и т.п.

### **Заземляющие проводники**

1.7.113. Сечения заземляющих проводников в электроустановках напряжением до 1 кВ должны соответствовать требованиям 1.7.126 к защитным проводникам.

Наименьшие сечения заземляющих проводников, проложенных в земле, должны соответствовать приведенным в табл. 1.7.4.


Прокладка в земле алюминиевых неизолированных проводников не допускается.

1.7.114. В электроустановках напряжением выше 1 кВ сечения заземляющих проводников должны быть выбраны такими, чтобы при протекании по ним наибольшего тока однофазного КЗ в электроустановках с эффективно заземленной нейтралью или тока двухфазного КЗ в электроустановках с изолированной нейтралью температура заземляющих проводников не превысила 400 °С (кратковременный нагрев, соответствующий полному времени действия защиты и отключения выключателя).

1.7.115. В электроустановках напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью проводимость заземляющих проводников сечением до 25 мм<sup>2</sup> по меди или равноценное ему из других материалов должна составлять не менее 1/3 проводимости фазных проводников. Как правило, не требуется применение медных проводников сечением более 25 мм<sup>2</sup>, алюминиевых - 35 мм<sup>2</sup>, стальных - 120 мм<sup>2</sup>.

1.7.116. Для выполнения измерений сопротивления заземляющего устройства в удобном месте должна быть предусмотрена возможность отсоединения заземляющего проводника. В электроустановках напряжением до 1 кВ таким местом, как правило, является главная заземляющая шина. Отсоединение заземляющего проводника должно быть возможно только при помощи инструмента.

1.7.117. Заземляющий проводник, присоединяющий заземлитель рабочего (функционального) заземления к главной заземляющей шине в электроустановках напряжением до 1 кВ, должен иметь сечение не менее: медный - 10 мм<sup>2</sup>, алюминиевый - 16 мм<sup>2</sup>, стальной - 75 мм<sup>2</sup>.

1.7.118. У мест ввода заземляющих проводников в здания должен быть предусмотрен опознавательный знак .

### **Главная заземляющая шина**

1.7.119. Главная заземляющая шина может быть выполнена внутри вводного устройства электроустановки напряжением до 1 кВ или отдельно от него.

Внутри вводного устройства в качестве главной заземляющей шины следует использовать шину PE.




При отдельной установке главная заземляющая шина должна быть расположена в доступном, удобном для обслуживания месте вблизи вводного устройства.

Сечение отдельно установленной главной заземляющей шины должно быть не менее сечения *PE (PEN)*-проводника питающей линии.

Главная заземляющая шина должна быть, как правило, медной. Допускается применение главной заземляющей шины из стали. Применение алюминиевых шин не допускается.

В конструкции шины должна быть предусмотрена возможность индивидуального отсоединения присоединенных к ней проводников. Отсоединение должно быть возможно только с использованием инструмента.

В местах, доступных только квалифицированному персоналу (например, щитовых помещениях жилых домов), главную заземляющую шину следует устанавливать открыто. В местах, доступных посторонним лицам (например, подъездах или подвалах домов), она должна иметь защитную оболочку - шкаф или ящик с запирающейся на ключ дверцей. На дверце или на стене над шиной должен быть нанесен знак .

1.7.120. Если здание имеет несколько обособленных вводов, главная заземляющая шина должна быть выполнена для каждого вводного устройства. При наличии встроенных трансформаторных подстанций главная заземляющая шина должна устанавливаться возле каждой из них. Эти шины должны соединяться проводником уравнивания потенциалов, сечение которого должно быть не менее половины сечения *PE (PEN)*-проводника той линии среди отходящих от щитов низкого напряжения подстанций, которая имеет наибольшее сечение. Для соединения нескольких главных заземляющих шин могут использоваться сторонние проводящие части, если они соответствуют требованиям 1.7.122 к непрерывности и проводимости электрической цепи.

### Защитные проводники (*PE*-проводники)

1.7.121. В качестве *PE*-проводников в электроустановках напряжением до 1 кВ могут использоваться:

1) специально предусмотренные проводники:

жилы многожильных кабелей;

изолированные или неизолированные провода в общей оболочке с фазными проводами;

стационарно проложенные изолированные или неизолированные проводники;

2) открытые проводящие части электроустановок:

алюминиевые оболочки кабелей;

стальные трубы электропроводок;

металлические оболочки и опорные конструкции шинопроводов и комплектных устройств заводского изготовления.

Металлические короба и лотки электропроводок можно использовать в качестве защитных проводников при условии, что конструкцией коробов и лотков предусмотрено такое использование, о чем имеется указание в документации изготовителя, а их расположение исключает возможность механического повреждения;

3) некоторые сторонние проводящие части:

металлические строительные конструкции зданий и сооружений (фермы, колонны и т. п.);

арматура железобетонных строительных конструкций зданий при условии выполнения требований 1.7.122;

металлические конструкции производственного назначения (подкрановые рельсы, галереи, площадки, шахты лифтов, подъемников, элеваторов, обрамления каналов и т.п.).

1.7.122. Использование открытых и сторонних проводящих частей в качестве *PE*-проводников допускается, если они отвечают требованиям настоящей главы к проводимости и непрерывности электрической цепи.

Сторонние проводящие части могут быть использованы в качестве *PE*-проводников, если они, кроме того, одновременно отвечают следующим требованиям:

1) непрерывность электрической цепи обеспечивается либо их конструкцией, либо соответствующими соединениями, защищенными от механических, химических и других повреждений;

2) их демонтаж невозможен, если не предусмотрены меры по сохранению непрерывности цепи и ее проводимости.

1.7.123. Не допускается использовать в качестве *PE*-проводников:

металлические оболочки изоляционных трубок и трубчатых проводов, несущие тросы при тросовой электропроводке, металлорукава, а также свинцовые оболочки проводов и кабелей;

трубопроводы газоснабжения и другие трубопроводы горючих и взрывоопасных веществ и смесей, трубы канализации и центрального отопления;

водопроводные трубы при наличии в них изолирующих вставок.

1.7.124. Нулевые защитные проводники цепей не допускается использовать в качестве нулевых защитных проводников электрооборудования, питающегося по другим цепям, а также использовать открытые проводящие части электрооборудования в качестве нулевых защитных проводников для другого электрооборудования, за исключением оболочек и опорных конструкций шинопроводов и комплектных устройств заводского изготовления, обеспечивающих возможность подключения к ним защитных проводников в нужном месте.

1.7.125. Использование специально предусмотренных защитных проводников для иных целей не допускается.

1.7.126. Наименьшие площади поперечного сечения защитных проводников должны соответствовать табл. 1.7.5.

Площади сечений приведены для случая, когда защитные проводники изготовлены из того же материала, что и фазные проводники. Сечения защитных проводников из других материалов должны быть эквивалентны по проводимости приведенным.

Таблица 1.7.5

**Наименьшие сечения защитных проводников**

Сечение фазных проводников, мм <sup>2</sup>	Наименьшее сечение защитных проводников, мм <sup>2</sup>
$S \leq 16$	$S$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Допускается, при необходимости, принимать сечение защитного проводника менее требуемых, если оно рассчитано по формуле (только для времени отключения  $\leq 5$  с):

$$S \geq I \sqrt{t} / k,$$

где  $S$  - площадь поперечного сечения защитного проводника, мм<sup>2</sup>;

$I$  - ток короткого замыкания, обеспечивающий время отключения поврежденной цепи защитным аппаратом в соответствии с табл. 1.7.1 и 1.7.2 или за время не более 5 с в соответствии с 1.7.79, А;

$t$  - время срабатывания защитного аппарата, с;

$k$  — коэффициент, значение которого зависит от материала защитного проводника, его изоляции, начальной и конечной температур. Значение  $k$  для защитных проводников в различных условиях приведены в табл. 1.7.6-1.7.9.

Если при расчете получается сечение, отличное от приведенного в табл. 1.7.5, то следует выбирать ближайшее большее значение, а при получении нестандартного сечения - применять проводники ближайшего большего стандартного сечения.

Значения максимальной температуры при определении сечения защитного проводника не должны превышать предельно допустимых температур нагрева проводников при КЗ в соответствии с гл. 1.4, а для электроустановок во взрывоопасных зонах должны соответствовать ГОСТ 22782.0 «Электрооборудование взрывозащищенное. Общие технические требования и методы испытаний».

1.7.127. Во всех случаях сечение медных защитных проводников, не входящих в состав кабеля или проложенных не в общей оболочке (трубе, коробе, на одном лотке) с фазными проводниками, должно быть не менее:

2,5 мм<sup>2</sup> - при наличии механической защиты;

4 мм<sup>2</sup> - при отсутствии механической защиты.

Сечение отдельно проложенных защитных алюминиевых проводников должно быть не менее 16 мм<sup>2</sup>.

1.7.128. В системе TN для обеспечения требований 1.7.88 нулевые защитные проводники рекомендуется прокладывать совместно или в непосредственной близости с фазными проводниками.

Таблица 1.7.6

**Значение коэффициента  $k$  для изолированных защитных проводников, не входящих в кабель, и для неизолированных проводников, касающихся оболочки кабелей (начальная температура проводника принята равной 30 °С)**

Параметр	Материал изоляции		
	Поливинилхлорид (ПВХ)	Поливинилхлорид (ПВХ)	Бутиловая резина
Конечная температура, °С	160	250	220
$k$ проводника:			
медного	143	176	166
алюминиевого	95	116	110
стального	52	64	60

Таблица 1.7.7

**Значение коэффициента  $k$  для защитного проводника, входящего в многожильный кабель**

Параметр	Материал изоляции		
	Поливинилхлорид (ПВХ)	Сшитый полиэтилен, этиленпропиленовая резина	Бутиловая резина
Начальная температура, °С	70	90	85
Конечная температура, °С	160	250	220
$k$ проводника:			
медного	115	143	134
алюминиевого	76	94	89

Таблица 1.7.8

**Значение коэффициента  $k$  при использовании в качестве защитного проводника алюминиевой оболочки кабеля**

Параметр	Материал изоляции		
	Поливинилхлорид (ПВХ)	Сшитый полиэтилен, этиленпропиленовая резина	Бутиловая резина
Начальная температура, °С	60	80	75
Конечная температура, °С	160	250	220
$k$	81	98	93

Таблица 1.7.9

**Значение коэффициента  $k$  для неизолированных проводников, когда указанные температуры не создают опасности повреждения находящихся вблизи материалов (начальная температура проводника принята равной 30 °С)**

Материал проводника	Условия	Проводники		
		Проложенные открыто и в специально отведенных местах	Эксплуатируемые	
			в нормальной среде	в пожароопасной среде
Медь	Максимальная температура, °С	500*	200	150
	$k$	228	159	138
Алюминий	Максимальная температура, °С	300*	200	150
	$k$	125	105	91

Сталь	Максимальная температура, °C	500*	200	150
	<i>k</i>	82	58	50

\* Указанные температуры допускаются, если они не ухудшают качество соединений.

1.7.129. В местах, где возможно повреждение изоляции фазных проводников в результате искрения между неизолированным нулевым защитным проводником и металлической оболочкой или конструкцией (например, при прокладке проводов в трубах, коробах, лотках), нулевые защитные проводники должны иметь изоляцию, равноценную изоляции фазных проводников.

1.7.130. Неизолированные *PE*-проводники должны быть защищены от коррозии. В местах пересечения *PE*-проводников с кабелями, трубопроводами, железнодорожными путями, в местах их ввода в здания и в других местах, где возможны механические повреждения *PE*-проводников, эти проводники должны быть защищены.

В местах пересечения температурных и осадочных швов должна быть предусмотрена компенсация длины *PE*-проводников.

### **Совмещенные нулевые защитные и нулевые рабочие проводники (*PEN*-проводники)**

1.7.131. В многофазных цепях в системе *TN* для стационарно проложенных кабелей, жилы которых имеют площадь поперечного сечения не менее 10 мм<sup>2</sup> по меди или 16 мм<sup>2</sup> по алюминию, функции нулевого защитного (*PE*) и нулевого рабочего (*N*) проводников могут быть совмещены в одном проводнике (*PEN*-проводник).

1.7.132. Не допускается совмещение функций нулевого защитного и нулевого рабочего проводников в цепях однофазного и постоянного тока. В качестве нулевого защитного проводника в таких цепях должен быть предусмотрен отдельный третий проводник. Это требование не распространяется на ответвления от ВЛ напряжением до 1 кВ к однофазным потребителям электроэнергии.

1.7.133. Не допускается использование сторонних проводящих частей в качестве единственного *PEN*-проводника.

Это требование не исключает использования открытых и сторонних проводящих частей в качестве дополнительного *PEN*-проводника при присоединении их к системе уравнивания потенциалов.

1.7.134. Специально предусмотренные *PEN*-проводники должны соответствовать требованиям 1.7.126 к сечению защитных проводников, а также требованиям гл. 2.1 к нулевому рабочему проводнику.

Изоляция *PEN*-проводников должна быть равноценна изоляции фазных проводников. Не требуется изолировать шину *PEN* сборных шин низковольтных комплектных устройств.

1.7.135. Когда нулевой рабочий и нулевой защитный проводники разделены начиная с какой-либо точки электроустановки, не допускается объединять их за этой точкой по ходу распределения энергии. В месте разделения *PEN*-проводника на нулевой защитный и нулевой рабочий проводники необходимо предусмотреть отдельные зажимы или шины для проводников, соединенные между собой. *PEN*-проводник питающей линии должен быть подключен к зажиму или шине нулевого защитного *PE*-проводника.

### **Проводники системы уравнивания потенциалов**

1.7.136. В качестве проводников системы уравнивания потенциалов могут быть использованы открытые и сторонние проводящие части, указанные в 1.7.121, или специально проложенные проводники, или их сочетание.

1.7.137. Сечение проводников основной системы уравнивания потенциалов должно быть не менее половины наибольшего сечения защитного проводника электроустановки, если сечение проводника уравнивания потенциалов при этом не превышает 25 мм<sup>2</sup> по меди или равноценное ему из других материалов. Применение проводников большего сечения, как правило, не требуется. Сечение проводников основной системы уравнивания потенциалов в любом случае должно быть не менее: медных - 6 мм<sup>2</sup>, алюминиевых - 16 мм<sup>2</sup>, стальных - 50 мм<sup>2</sup>.

1.7.138. Сечение проводников дополнительной системы уравнивания потенциалов должно быть не менее:

при соединении двух открытых проводящих частей - сечения меньшего из защитных проводников, подключенных к этим частям;

при соединении открытой проводящей части и сторонней проводящей части - половины сечения защитного проводника, подключенного к открытой проводящей части.

Сечения проводников дополнительного уравнивания потенциалов, не входящих в состав кабеля, должны соответствовать требованиям 1.7.127.

### **Соединения и присоединения заземляющих, защитных проводников и проводников системы уравнивания и выравнивания потенциалов**

1.7.139. Соединения и присоединения заземляющих, защитных проводников и проводников системы уравнивания и выравнивания потенциалов должны быть надежными и обеспечивать непрерывность электрической цепи. Соединения стальных проводников рекомендуется выполнять посредством сварки. Допускается в помещениях и в наружных установках без агрессивных сред соединять заземляющие и нулевые защитные проводники другими способами, обеспечивающими требования ГОСТ 10434 «Соединения контактные электрические. Общие технические требования» ко 2-му классу соединений.

Соединения должны быть защищены от коррозии и механических повреждений.

Для болтовых соединений должны быть предусмотрены меры против ослабления контакта.

1.7.140. Соединения должны быть доступны для осмотра и выполнения испытаний за исключением соединений, заполненных компаундом или герметизированных, а также сварных, паяных и спрессованных присоединений к нагревательным элементам в системах обогрева и их соединений, находящихся в полах, стенах, перекрытиях и в земле.

1.7.141. При применении устройств контроля непрерывности цепи заземления не допускается включать их катушки последовательно (в рассечку) с защитными проводниками.

1.7.142. Присоединения заземляющих и нулевых защитных проводников и проводников уравнивания потенциалов к открытым проводящим частям должны быть выполнены при помощи болтовых соединений или сварки.

Присоединения оборудования, подвергающегося частому демонтажу или установленного на движущихся частях или частях, подверженных сотрясениям и вибрации, должны выполняться при помощи гибких проводников.

Соединения защитных проводников электропроводок и ВЛ следует выполнять теми же методами, что и соединения фазных проводников.

При использовании естественных заземлителей для заземления электроустановок и сторонних проводящих частей в качестве защитных проводников и проводников уравнивания потенциалов контактные соединения следует выполнять методами, предусмотренными ГОСТ 12.1.030 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление».

1.7.143. Места и способы присоединения заземляющих проводников к протяженным естественным заземлителям (например, к трубопроводам) должны быть выбраны такими, чтобы при разьединении заземлителей для ремонтных работ ожидаемые напряжения прикосновения и расчетные значения сопротивления заземляющего устройства не превышали безопасных значений.

Шунтирование водомеров, задвижек и т. п. следует выполнять при помощи проводника соответствующего сечения в зависимости от того, используется ли он в качестве защитного проводника системы уравнивания потенциалов, нулевого защитного проводника или защитного заземляющего проводника.

1.7.144. Присоединение каждой открытой проводящей части электроустановки к нулевому защитному или защитному заземляющему проводнику должно быть выполнено при помощи отдельного ответвления. Последовательное включение в защитный проводник открытых проводящих частей не допускается.

Присоединение проводящих частей к основной системе уравнивания потенциалов должно быть выполнено также при помощи отдельных ответвлений.

Присоединение проводящих частей к дополнительной системе уравнивания потенциалов может быть выполнено при помощи как отдельных ответвлений, так и присоединения к одному общему неразъемному проводнику.

1.7.145. Не допускается включать коммутационные аппараты в цепи *PE*- и *PEN*-проводников, за исключением случаев питания электроприемников при помощи штепсельных соединителей.

Допускается также одновременное отключение всех проводников на вводе в электроустановки индивидуальных жилых, дачных и садовых домов и аналогичных им объектов,

питающихся по однофазным ответвлениям от ВЛ. При этом разделение *PEN*-проводника на *PE*- и *N*-проводники должно быть выполнено до вводного защитно-коммутационного аппарата.

1.7.146. Если защитные проводники и/или проводники уравнивания потенциалов могут быть разъединены при помощи того же штепсельного соединителя, что и соответствующие фазные проводники, розетка и вилка штепсельного соединителя должны иметь специальные защитные контакты для присоединения к ним защитных проводников или проводников уравнивания потенциалов.

Если корпус штепсельной розетки выполнен из металла, он должен быть присоединен к защитному контакту этой розетки.

### Переносные электроприемники

1.7.147. К переносным электроприемникам в Правилах отнесены электроприемники, которые могут находиться в руках человека в процессе их эксплуатации (ручной электроинструмент, переносные бытовые электроприборы, переносная радиоэлектронная аппаратура и т. п.).

1.7.148. Питание переносных электроприемников переменного тока следует выполнять от сети напряжением не выше 380/220 В.

В зависимости от категории помещения по уровню опасности поражения людей электрическим током (см. гл. 1.1) для защиты при косвенном прикосновении в цепях, питающих переносные электроприемники, могут быть применены автоматическое отключение питания, защитное электрическое разделение цепей, сверхнизкое напряжение, двойная изоляция.

1.7.149. При применении автоматического отключения питания металлические корпуса переносных электроприемников, за исключением электроприемников с двойной изоляцией, должны быть присоединены к нулевому защитному проводнику в системе *TN* или заземлены в системе *IT*, для чего должен быть предусмотрен специальный защитный (*PE*) проводник, расположенный в одной оболочке с фазными проводниками (третья жила кабеля или провода - для электроприемников однофазного и постоянного тока, четвертая или пятая жила — для электроприемников трехфазного тока), присоединяемый к корпусу электроприемника и к защитному контакту вилки штепсельного соединителя. *PE*-проводник должен быть медным, гибким, его сечение должно быть равно сечению фазных проводников. Использование для этой цели нулевого рабочего (*N*) проводника, в том числе расположенного в общей оболочке с фазными проводниками, не допускается.

1.7.150. Допускается применять стационарные и отдельные переносные защитные проводники и проводники уравнивания потенциалов для переносных электроприемников испытательных лабораторий и экспериментальных установок, перемещение которых в период их работы не предусматривается. При этом стационарные проводники должны удовлетворять требованиям 1.7.121-1.7.130, а переносные проводники должны быть медными, гибкими и иметь сечение не меньше чем у фазных проводников. При прокладке таких проводников не в составе общего с фазными проводниками кабеля их сечения должны быть не менее указанных в 1.7.127.

1.7.151. Для дополнительной защиты от прямого прикосновения и при косвенном прикосновении штепсельные розетки с номинальным током не более 20 А наружной установки, а также внутренней установки, но к которым могут быть подключены переносные электроприемники, используемые вне зданий либо в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, должны быть защищены устройствами защитного отключения с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА. Допускается применение ручного электроинструмента, оборудованного УЗО-вилками.

При применении защитного электрического разделения цепей в стесненных помещениях с проводящим полом, стенами и потолком, а также при наличии требований в соответствующих главах ПУЭ в других помещениях с особой опасностью, каждая розетка должна питаться от индивидуального разделительного трансформатора или от его отдельной обмотки.

При применении сверхнизкого напряжения питание переносных электроприемников напряжением до 50 В должно осуществляться от безопасного разделительного трансформатора.

1.7.152. Для присоединения переносных электроприемников к питающей сети следует применять штепсельные соединители, соответствующие требованиям 1.7.146.

В штепсельных соединителях переносных электроприемников, удлинительных проводов и кабелей проводник со стороны источника питания должен быть присоединен к розетке, а со стороны электроприемника - к вилке.

1.7.153. УЗО защиты розеточных цепей рекомендуется размещать в распределительных (групповых, квартирных) щитках. Допускается применять УЗО-розетки.

1.7.154. Защитные проводники переносных проводов и кабелей должны быть обозначены желто-зелеными полосами.

### Передвижные электроустановки

1.7.155. Требования к передвижным электроустановкам не распространяются на:  
судовые электроустановки;  
электрооборудование, размещенное на движущихся частях станков, машин и механизмов;  
электрифицированный транспорт;  
жилые автофургоны.

Для испытательных лабораторий должны также выполняться требования других соответствующих нормативных документов.

1.7.156. Автономный передвижной источник питания электроэнергией - такой источник, который позволяет осуществлять питание потребителей независимо от стационарных источников электроэнергии (энергосистемы).

1.7.157. Передвижные электроустановки могут получать питание от стационарных или автономных передвижных источников электроэнергии.

Питание от стационарной электрической сети должно, как правило, выполняться от источника с глухозаземленной нейтралью с применением систем *TN-S* или *TN-C-S*. Объединение функций нулевого защитного проводника *PE* и нулевого рабочего проводника *N* в одном общем проводнике *PEN* внутри передвижной электроустановки не допускается. Разделение *PEN*-проводника питающей линии на *PE*- и *N*-проводники должно быть выполнено в точке подключения установки к источнику питания.

При питании от автономного передвижного источника его нейтраль, как правило, должна быть изолирована.

1.7.158. При питании стационарных электроприемников от автономных передвижных источников питания режим нейтрали источника питания и меры защиты должны соответствовать режиму нейтрали и мерам защиты, принятым для стационарных электроприемников.

1.7.159. В случае питания передвижной электроустановки от стационарного источника питания для защиты при косвенном прикосновении должно быть выполнено автоматическое отключение питания в соответствии с 1.7.79 с применением устройства защиты от сверхтоков. При этом время отключения, приведенное в табл. 1.7.1, должно быть уменьшено вдвое либо дополнительно к устройству защиты от сверхтоков должно быть применено устройство защитного отключения, реагирующее на дифференциальный ток.

В специальных электроустановках допускается применение УЗО, реагирующих на потенциал корпуса относительно земли.

При применении УЗО, реагирующего на потенциал корпуса относительно земли, уставка по значению отключающего напряжения должна быть равной 25 В при времени отключения не более 5 с.

1.7.160. В точке подключения передвижной электроустановки к источнику питания должно быть установлено устройство защиты от сверхтоков и УЗО, реагирующее на дифференциальный ток, номинальный отключающий дифференциальный ток которого должен быть на 1-2 ступени больше соответствующего тока УЗО, установленного на вводе в передвижную электроустановку.

При необходимости на вводе в передвижную электроустановку может быть применено защитное электрическое разделение цепей в соответствии с 1.7.85. При этом разделительный трансформатор, а также вводное защитное устройство должны быть помещены в изолирующую оболочку.

Устройство присоединения ввода питания в передвижную электроустановку должно иметь двойную изоляцию.

1.7.161. При применении автоматического отключения питания в системе *IT* для защиты при косвенном прикосновении должны быть выполнены:

защитное заземление в сочетании с непрерывным контролем изоляции, действующим на сигнал;

автоматическое отключение питания, обеспечивающее время отключения при двухфазном замыкании на открытые проводящие части в соответствии с табл. 1.7.10.

Таблица 1.7.10

#### Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения для системы *IT* в передвижных электроустановках, питающихся

**от автономного передвижного источника**

Номинальное линейное напряжение, $U$ , В	Время отключения, с
220	0,4
380	0,2
660	0,06
Более 660	0,02

Для обеспечения автоматического отключения питания должно быть применено: устройство защиты от сверхтоков в сочетании с УЗО, реагирующим на дифференциальный ток, или устройством непрерывного контроля изоляции, действующим на отключение, или, в соответствии с 1.7.159, УЗО, реагирующим на потенциал корпуса относительно земли.

1.7.162. На вводе в передвижную электроустановку должна быть предусмотрена главная шина уравнивания потенциалов, соответствующая требованиям 1.7.119 к главной заземляющей шине, к которой должны быть присоединены:

- нулевой защитный проводник  $PE$  или защитный проводник  $PE$  питающей линии;
- защитный проводник передвижной электроустановки с присоединенными к нему защитными проводниками открытых проводящих частей;
- проводники уравнивания потенциалов корпуса и других сторонних проводящих частей передвижной электроустановки;
- заземляющий проводник, присоединенный к местному заземлителю передвижной электроустановки (при его наличии).

При необходимости открытые и сторонние проводящие части должны быть соединены между собой посредством проводников дополнительного уравнивания потенциалов.

1.7.163. Защитное заземление передвижной электроустановки в системе  $IT$  должно быть выполнено с соблюдением требований либо к его сопротивлению, либо к напряжению прикосновения при однофазном замыкании на открытые проводящие части.

При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований к его сопротивлению значение его сопротивления не должно превышать 25 Ом. Допускается повышение указанного сопротивления в соответствии с 1.7.108.

При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований к напряжению прикосновения сопротивление заземляющего устройства не нормируется. В этом случае должно быть выполнено условие:

$$R_3 \leq 25/I_3,$$

где  $R_3$  - сопротивление заземляющего устройства передвижной электроустановки, Ом;  
 $I_3$  - полный ток однофазного замыкания на открытые проводящие части передвижной электроустановки, А.

1.7.164. Допускается не выполнять местный заземлитель для защитного заземления передвижной электроустановки, питающейся от автономного передвижного источника питания с изолированной нейтралью, в следующих случаях:

- 1) автономный источник питания и электроприемники расположены непосредственно на передвижной электроустановке, их корпуса соединены между собой при помощи защитного проводника, а от источника не питаются другие электроустановки;
- 2) автономный передвижной источник питания имеет свое заземляющее устройство для защитного заземления, все открытые проводящие части передвижной электроустановки, ее корпус и другие сторонние проводящие части надежно соединены с корпусом автономного передвижного источника при помощи защитного проводника, а при двухфазном замыкании на разные корпуса электрооборудования в передвижной электроустановке обеспечивается время автоматического отключения питания в соответствии с табл. 1.7.10.

1.7.165. Автономные передвижные источники питания с изолированной нейтралью должны иметь устройство непрерывного контроля сопротивления изоляции относительно корпуса (земли) со световым и звуковым сигналами. Должна быть обеспечена возможность проверки исправности устройства контроля изоляции и его отключения.

Допускается не устанавливать устройство непрерывного контроля изоляции с действием на сигнал на передвижной электроустановке, питающейся от такого автономного передвижного источника, если при этом выполняется условие 1.7.164, пп. 2.

1.7.166. Защита от прямого прикосновения в передвижных электроустановках должна быть обеспечена применением изоляции токоведущих частей, ограждений и оболочек со степенью



защиты не менее IP 2X. Применение барьеров и размещение вне пределов досягаемости не допускается.

В цепях, питающих штепсельные розетки для подключения электрооборудования, используемого вне помещения передвижной установки, должна быть выполнена дополнительная защита в соответствии с 1.7.151.

1.7.167. Защитные и заземляющие проводники и проводники уравнивания потенциалов должны быть медными, гибкими, как правило, находиться в общей оболочке с фазными проводниками. Сечение проводников должно соответствовать требованиям:

защитных - 1.7.126-1.7.127;

заземляющих - 1.7.113;

уравнивания потенциалов - 1.7.136-1.7.138.

При применении системы IT допускается прокладка защитных и заземляющих проводников и проводников уравнивания потенциалов отдельно от фазных проводников.

1.7.168. Допускается одновременное отключение всех проводников линии, питающей передвижную электроустановку, включая защитный проводник при помощи одного коммутационного аппарата (разъема).

1.7.169. Если передвижная электроустановка питается с использованием штепсельных соединителей, вилка штепсельного соединителя должна быть подключена со стороны передвижной электроустановки и иметь оболочку из изолирующего материала.

### Электроустановки помещений для содержания животных

1.7.170. Питание электроустановок животноводческих помещений следует, как правило, выполнять от сети напряжением 380/220 В переменного тока.

1.7.171. Для защиты людей и животных при косвенном прикосновении должно быть выполнено автоматическое отключение питания с применением системы *TN-C-S*. Разделение *PEN*-проводника на нулевой защитный (*PE*) и нулевой рабочий (*N*) проводники следует выполнять на вводном щитке. При питании таких электроустановок от встроенных и пристроенных подстанций должна быть применена система *TN-S*, при этом нулевой рабочий проводник должен иметь изоляцию, равноценную изоляции фазных проводников на всем его протяжении.

Время защитного автоматического отключения питания в помещениях для содержания животных, а также в помещениях, связанных с ними при помощи сторонних проводящих частей, должно соответствовать табл. 1.7.11.

Таблица 1.7.11

#### Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения для системы *TN* в помещениях для содержания животных

Номинальное фазное напряжение, $U_0$ , В	Время отключения, с
127	0,35
220	0,2
380	0,05

Если указанное время отключения не может быть гарантировано, необходимы дополнительные защитные меры, например дополнительное уравнивание потенциалов.

1.7.172. *PEN*-проводник на вводе в помещение должен быть повторно заземлен. Значение сопротивления повторного заземления должно соответствовать 1.7.103.

1.7.173. В помещениях для содержания животных необходимо предусматривать защиту не только людей, но и животных, для чего должна быть выполнена дополнительная система уравнивания потенциалов, соединяющая все открытые и сторонние проводящие части, доступные одновременному прикосновению (трубы водопровода, вакуумпровода, металлические ограждения стойл, металлические привязи и др.).

1.7.174. В зоне размещения животных в полу должно быть выполнено выравнивание потенциалов при помощи металлической сетки или другого устройства, которое должно быть соединено с дополнительной системой уравнивания потенциалов.

1.7.175. Устройство выравнивания и уравнивания электрических потенциалов должно обеспечивать в нормальном режиме работы электрооборудования напряжение прикосновения не более 0,2 В, а в аварийном режиме при времени отключения более указанного в табл. 1.7.11 для электроустановок в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках - не более 12 В.

1.7.176. Для всех групповых цепей, питающих штепсельные розетки, должна быть дополнительная защита от прямого прикосновения при помощи УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА.

1.7.177. В животноводческих помещениях, в которых отсутствуют условия, требующие выполнения выравнивания потенциалов, должна быть выполнена защита при помощи УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током не менее 100 мА, устанавливаемых на вводном щитке.

## **Глава 1.8 НОРМЫ ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

### **ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

1.8.1. Электрооборудование до 500 кВ, вновь вводимое в эксплуатацию в энергосистемах и у потребителей, должно быть подвергнуто приемо-сдаточным испытаниям в соответствии с требованиями настоящей главы.

В случаях, когда указаниями Минтопэнерго России предусматриваются повышенные требования по сравнению с требованиями настоящей главы, при испытаниях электрооборудования, вводимого в эксплуатацию энергосистемами, следует руководствоваться указаниями Министерства. Этими же указаниями следует руководствоваться при испытаниях электрооборудования напряжением выше 500 кВ.

При проведении приемо-сдаточных испытаний электрооборудования, не охваченного настоящими нормами, следует руководствоваться инструкциями заводов-изготовителей.

1.8.2. Устройства релейной защиты и электроавтоматики на электростанциях и подстанциях проверяются по инструкциям, утвержденным в установленном порядке.

Устройства защиты и автоматики электропривода и других электроустановок потребителей проверяются по инструкциям заинтересованных министерств и ведомств Российской Федерации. При этом типовые инструкции должны быть согласованы с Главгосэнергонадзором России.

1.8.3. Помимо испытаний, предусмотренных настоящей главой, все электрооборудование должно пройти проверку работы механической части в соответствии с заводскими и монтажными инструкциями.

1.8.4. Заключение о пригодности оборудования к эксплуатации дается на основании рассмотрения результатов всех испытаний, относящихся к данной единице оборудования.

1.8.5. Все измерения, испытания и опробования в соответствии с действующими директивными документами, инструкциями заводов-изготовителей и настоящими нормами, произведенные монтажным персоналом в процессе монтажа, а также наладочным персоналом непосредственно перед вводом электрооборудования в эксплуатацию, должны быть оформлены соответствующими актами и протоколами.

1.8.6. Испытание повышенным напряжением обязательно для всего электрооборудования 35 кВ и ниже, а при наличии испытательных устройств - и для электрооборудования напряжением выше 35 кВ, за исключением случаев, оговоренных в настоящей главе.

1.8.7. Изоляторы и оборудование с номинальным напряжением, превышающим номинальное напряжение установки, в которой они применены, могут испытываться повышенным напряжением по нормам для соответствующего класса изоляции электроустановки.

1.8.8. Изоляция электрооборудования иностранных фирм (кроме вращающихся машин), имеющая электрическую прочность ниже предусмотренной нормами настоящей главы, должна испытываться напряжением, составляющим 90% заводского испытательного напряжения, если нет других указаний поставщика.

1.8.9. Испытание изоляции аппаратов повышенным напряжением промышленной частоты должно производиться, как правило, совместно с испытанием изоляции шин распределительного устройства (без расшивки). При этом испытательное напряжение допускается принимать по нормам для оборудования, имеющего наименьшее испытательное напряжение.

1.8.10. При проведении нескольких видов испытаний изоляции электрооборудования испытанию повышенным напряжением должны предшествовать другие виды ее испытаний.

1.8.11. Испытание изоляции напряжением промышленной частоты, равным 1 кВ, может быть заменено измерением одноминутного значения сопротивления изоляции мегаомметром на 2,5 кВ. Если при этом значение сопротивления меньше приведенного в нормах, испытание напряжением 1 кВ промышленной частоты является обязательным.

Испытание напряжением промышленной частоты изоляции вторичных цепей с рабочим напряжением более 60 В электроустановок энергосистем является обязательным.

1.8.12. В настоящей главе применяются следующие термины:

1. Испытательное напряжение промышленной частоты - действующее значение напряжения частотой 50 Гц практически синусоидального, которое должна выдерживать в течение 1 мин (или 5 мин) внутренняя и внешняя изоляция электрооборудования при определенных условиях испытания.

2. Электрооборудование с нормальной изоляцией - электрооборудование, предназначенное для применения в электроустановках, подверженных действию атмосферных перенапряжений при обычных мерах по грозозащите.

3. Электрооборудование с облегченной изоляцией - электрооборудование, предназначенное для применения в электроустановках, не подверженных действию атмосферных перенапряжений или оборудованных специальными устройствами грозозащиты, ограничивающими амплитудное значение атмосферных перенапряжений до значения, не превышающего амплитудного значения испытательного напряжения промышленной частоты.

4. Аппараты - выключатели всех классов напряжения, разъединители, отделители, короткозамыкатели, предохранители, разрядники, токоограничивающие реакторы, конденсаторы, комплектные экранированные токопроводы.

5. Ненормированная измеряемая величина - величина, абсолютное значение которой не регламентировано нормативными указаниями. Оценка состояния оборудования в этом случае производится путем сопоставления с данными аналогичных измерений на однотипном оборудовании, имеющем заведомо хорошие характеристики, или с результатами остальных испытаний.

6. Класс напряжения электрооборудования - номинальное напряжение электрической системы, для работы в которой предназначено данное электрооборудование.

## СИНХРОННЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ И КОМПЕНСАТОРЫ

1.8.13. Синхронные генераторы мощностью более 1 МВт напряжением выше 1 кВ, а также синхронные компенсаторы должны испытываться в полном объеме настоящего параграфа.

Генераторы мощностью до 1 МВт напряжением выше 1 кВ должны испытываться по п. 1-5, 7-15 настоящего параграфа.

Генераторы напряжением до 1 кВ независимо от их мощности должны испытываться по п. 2, 4, 5, 8, 10-14 настоящего параграфа.

1. Определение возможности включения без сушки генераторов выше 1 кВ. При решении вопроса о необходимости сушки компаундированной, терморезистивной и гильзовой изоляции обмотки статора синхронного генератора или синхронного компенсатора следует руководствоваться указаниями разд. 3 "Электрические машины" СНиП 3.05.06-85. "Электротехнические устройства" Госстроя России.

Для генераторов с бумажно-масляной изоляцией необходимость сушки устанавливается в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

Для турбогенераторов типа ТГВ-300 допускается включение без сушки при коэффициенте нелинейности более 3, если остальные характеристики изоляции ( $R_{60} / R_{15}$  и  $R_{60}$ ) удовлетворяют установленным нормам.

2. Измерение сопротивления изоляции. Сопротивление изоляции должно быть не менее значений, приведенных в табл. 1.8.1.

3. Испытание изоляции обмотки статора повышенным выпрямленным напряжением с измерением тока утечки по фазам. Испытанию подвергается каждая фаза или ветвь в отдельности при других фазах или ветвях, соединенных с корпусом.

У генераторов с водяным охлаждением обмотки статора испытание производится в случае, если возможность этого предусмотрена в конструкции генератора.

Значения испытательного напряжения приведены в табл. 1.8.2.

Для турбогенераторов типа ТГВ-300 испытание следует производить по ветвям.

Испытательное выпрямленное напряжение для генераторов типов ТГВ-200 и ТГВ-300 следует принимать в соответствии с инструкцией по эксплуатации этих генераторов.

**Таблица 1.8.1. Допустимое сопротивление изоляции**

Испытуемый объект	Напряжение мегаомметра, кВ	Сопротивление изоляции
Обмотка статора напряжением до 1 кВ (каждая фаза в отдельности относительно корпуса и других заземленных фаз) То же напряжением выше 1 кВ	1	Не менее 0,5 МОм при температуре 10-30°C
	2,5	Должно соответствовать требованиям, приведенным в разд. 3 "Электрические машины" СНиП 3.05.06-85. У генераторов с водяным охлаждением обмоток сопротивление изоляции измеряется без воды в обмотке статора при соединенных с экраном мегаомметра водосборных коллекторах, изолированных от внешней системы охлаждения
Обмотка ротора	1 (допускается 0,5)	Не менее 0,5 МОм при температуре 10-30°C. Допускается ввод в эксплуатацию неявнополюсных роторов, имеющих сопротивление изоляции не ниже 2 кОм при температуре +75°C или 20 кОм при +20°C
Подшипники генератора и сопряженного с ним возбудителя	1	Сопротивление изоляции, измеренное относительно фундаментной плиты при полностью собранных маслопроводах, должно быть не менее 0,3 МОм для гидрогенератора и не менее 1 МОм для турбогенератора. Для гидрогенератора измерение производится, если позволяет конструкция генератора
Водородные уплотнения вала	1	Не менее 1 МОм
Щиты вентиляторов турбогенераторов серии ТВВ	1	Сопротивление изоляции, измеренное относительно внутреннего щита и между полущитами вентиляторов, должно быть не менее 0,5 МОм
Щиты вентиляторов турбогенераторов серии ТГВ	1	Сопротивление изоляции, измеренное между частями диффузоров, должно быть не менее 1 МОм
Доступные изолированные стяжные болты стали статора	1	Не менее 1 МОм
Диффузор и обтекатель у турбогенераторов серии ТГВ	0,5	Сопротивление изоляции, измеренное между уплотнением и задним диском диффузора, диффузором и внутренним щитом, обтекателем и внутренним щитом, двумя половинками обтекателя, должно быть не менее 1 МОм
Термоиндикаторы генераторов и синхронных компенсаторов: с косвенным охлаждением обмоток статора	0,25	Сопротивление изоляции, измеренное совместно с сопротивлением соединительных проводов, должно быть не менее 1 МОм
	0,5	Сопротивление изоляции, измеренное совместно с сопротивлением соединительных проводов, должно быть не менее 0,5 МОм
с непосредственным охлаждением обмоток статора		

Цепи возбуждения генератора и возбудителя (без обмоток ротора и электромашинного возбудителя)	1 (допускается 0,5)	Сопротивление изоляции, измеренное с сопротивлением всей присоединенной аппаратуры, должно быть не менее 1 МОм
---	------------------------	--

**Таблица 1.8.2. Испытательное выпрямленное напряжение для обмоток статоров синхронных генераторов и компенсаторов**

Мощность генератора, МВт, компенсатора, МВ·А	Номинальное напряжение, кВ	Амплитудное испытательное напряжение, кВ
Менее 1	Все напряжения	$2,4U_{ном} + 1,2$
1 и более	До 3,3	$2,4U_{ном} + 1,2$
	Выше 3,3 до 6,6	$3U_{ном}$
	Выше 6,6	$2,4U_{ном} + 3,6$

Измерение токов утечки для построения кривых зависимости их от напряжения производится не менее чем при пяти значениях выпрямленного напряжения - от  $0,2 U_{max}$  до  $U_{max}$  равными ступенями. На каждой ступени напряжения выдерживается в течение 1 мин. При этом фиксируются токи утечки через 15 и 60 с.

Оценки полученной характеристики производятся в соответствии с требованиями разд. 3 "Электрические машины" СНИП 3.05.06-85 Госстроя России.

4. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты. Испытание проводится по нормам, приведенным в табл. 1.8.3. Испытанию подвергается каждая фаза или ветвь в отдельности при других фазах или ветвях, соединенных с корпусом.

**Таблица 1.8.3. Испытательное напряжение промышленной частоты для обмоток синхронных генераторов и компенсаторов**

Испытуемый объект	Характеристика электрической машины	Испытательное напряжение, кВ
Обмотка статора синхронного генератора и компенсатора	Мощность до 1 МВт, номинальное напряжение выше 100 В	$1,6U_{ном} + 0,8$ , но не менее 1,2
	Мощность более 1 МВт, номинальное напряжение до 3,3 кВ	$1,6U_{ном} + 0,8$
	То же, но номинальное напряжение выше 3,3 кВ до 6,6 кВ	$2U_{ном}$
Цепи возбуждения генератора со всей присоединенной аппаратурой (без обмоток ротора и возбудителя)	-	1
Реостат возбуждения	-	1
Резистор гашения поля	-	2
Заземляющий резистор	-	$1,5U_{ном}$ генератора
Обмотка статора синхронных генераторов, у которых стыковка частей статора производится на месте монтажа (гидрогенераторы) по окончании полной сборки обмотки и изолировки соединений	Мощность более 1 МВт, номинальное напряжение выше 6,6 кВ	$1,6U_{ном} + 2,4$
	Мощность до 1 МВт, номинальное напряжение выше 100 В	$2U_{ном} + 1$ , но не менее 1,5

	Мощность более 1 МВт, номинальное напряжение до 3,3 кВ	$2U_{ном} + 1$
	То же, но номинальное напряжение выше 3,3 кВ до 6,6 кВ	$2,5U_{ном}$
	То же, но номинальное напряжение выше 6,6 кВ	$2U_{ном} + 3$
Обмотка явнополюсного ротора	-	$7,5U_{ном}$ возбуждения генератора, но не менее 1,1 и не более 2,8
Обмотка неявнополюсного ротора	-	1 (в том случае, если это не противоречит требованиям технических условий завода-изготовителя)

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

При проведении испытаний изоляции повышенным напряжением промышленной частоты следует руководствоваться следующим:

а) испытание изоляции обмоток статора генератора рекомендуется производить до ввода ротора в статор. Если стыковка и сборка статора гидрогенератора осуществляются на монтажной площадке и впоследствии статор устанавливается в шахту в собранном виде, то изоляция его испытывается дважды: после сборки на монтажной площадке и после установки статора в шахту до ввода ротора в статор.

В процессе испытания осуществляется наблюдение за состоянием лобовых частей машины: у турбогенераторов - при снятых торцовых щитах, у гидрогенераторов - при открытых вентиляционных люках;

б) испытание изоляции обмотки статора для машин с водяным охлаждением следует производить при циркуляции дистиллированной воды в системе охлаждения с удельным сопротивлением не менее 75 кОм/см и номинальном расходе;

в) после испытания обмотки статора повышенным напряжением в течение 1 мин у генераторов 10 кВ и выше испытательное напряжение снизить до номинального напряжения генератора и выдержать в течение 5 мин для наблюдения за коронированием лобовых частей обмоток статора. При этом не должно быть сосредоточенного в отдельных точках свечения желтого или красного цвета, появления дыма, тления бандажей и тому подобных явлений. Голубое и белое свечение допускается;

г) испытание изоляции обмотки ротора турбогенераторов производится при номинальной частоте вращения ротора.

5. Измерение сопротивления постоянному току. Нормы допустимых отклонений сопротивления постоянному току приведены в табл. 1.8.4.

**Таблица 1.8.4. Допустимое отклонение сопротивления постоянному току**

Испытуемый объект	Норма
Обмотка статора (измерение производить для каждой фазы или ветви в отдельности)	Измеренные сопротивления в практически холодном состоянии обмоток различных фаз не должны отличаться одно от другого более чем на 2%. Вследствие конструктивных особенностей (большая длина соединительных дуг и пр.) расхождение между сопротивлениями ветвей у некоторых типов генераторов может достигать 5%
Обмотка ротора	Измеренное сопротивление обмоток не должно отличаться от данных завода-изготовителя более чем на 2%. У явнополюсных роторов измерение производится для каждого полюса в отдельности или попарно
Резистор гашения поля, реостаты возбуждения	Сопротивление не должно отличаться от данных завода-изготовителя более чем на 10%

6. Измерение сопротивления обмотки ротора переменному току промышленной частоты. Производится для генераторов мощностью более 1 МВт. Измерение следует производить при напряжении не более 220 В на трех-четырех ступенях частот вращения, включая номинальную, а также в неподвижном состоянии. Для явнополюсных машин при неизолированных местах соединений в неподвижном состоянии измерение производится для каждого полюса в отдельности или попарно. Отклонения измеренных значений от данных завода-изготовителя или от среднего сопротивления полюсов должны находиться в пределах точности измерения.

7. Измерение воздушного зазора между статором и ротором генератора. Если инструкциями на генераторы отдельных типов не предусмотрены более жесткие нормы, то зазоры в диаметрально противоположных точках могут отличаться друг от друга не более чем:

на 5% среднего значения (равного их полусумме)- для турбогенераторов 150 МВт и выше с непосредственным охлаждением проводников;

на 10% - для остальных турбогенераторов;

на 20% - для гидрогенераторов.

Измерение зазора у явнополюсных машин производится под всеми полюсами.

8. Проверка и испытание системы возбуждения. Проверку и испытание электромашинных возбудителей следует производить в соответствии с 1.8.14. Проверка и испытание полупроводниковых высокочастотных возбудителей производится в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

9. Определение характеристик генератора:

а) трехфазного КЗ. Характеристика снимается при изменении тока до номинального. Отклонения от заводской характеристики должны находиться в пределах точности измерения.

Снижение измеренной характеристики, которое превышает точность измерения, свидетельствует о наличии витковых замыканий в обмотке ротора.

У генераторов, работающих в блоке с трансформатором, снимается характеристика КЗ всего блока (с установкой закоротки за трансформатором). Характеристику собственно генератора, работающего в блоке с трансформатором, допускается не определять, если имеются протоколы соответствующих испытаний на стенде заводов-изготовителей.

У синхронных компенсаторов без разгонного двигателя снятие характеристик трехфазного КЗ производится на выбеге в том случае, если не имеется характеристики, снятой на заводе;

б) холостого хода. Подъем напряжения номинальной частоты на холостом ходу производить до 130% номинального напряжения турбогенераторов и синхронных компенсаторов, до 150% номинального напряжения гидрогенераторов. Допускается снимать характеристику холостого хода турбо- и гидрогенератора до номинального тока возбуждения при пониженной частоте вращения генератора при условии, что напряжение на обмотке статора не будет превосходить 1,3 номинального. У синхронных компенсаторов разрешается снимать характеристику на выбеге. У генераторов, работающих в блоке с трансформаторами, снимается характеристика холостого хода блока; при этом генератор возбуждается до 1,15 номинального напряжения (ограничивается трансформатором). Характеристику холостого хода собственно генератора, отсоединенного от трансформатора блока, допускается не снимать, если имеются протоколы соответствующих испытаний на заводе-изготовителе. Отклонение характеристики холостого хода от заводской не нормируется, но должно быть в пределах точности измерения.

10. Испытание междувитковой изоляции. Испытание следует производить подъемом напряжения номинальной частоты генератора на холостом ходу до значения, соответствующего 150% номинального напряжения статора гидрогенераторов, 130% - турбогенераторов и синхронных компенсаторов. Для генераторов, работающих в блоке с трансформатором, - см. указания п. 9. При этом следует проверить симметрию напряжений по фазам. Продолжительность испытания при наибольшем напряжении - 5 мин. Испытание междувитковой изоляции рекомендуется производить одновременно со снятием характеристики холостого хода.

11. Измерение вибрации. Вибрация (удвоенная амплитуда колебаний) подшипников синхронных генераторов и компенсаторов, измеренная в трех направлениях (у гидрогенераторов вертикального исполнения производится измерение вибрации крестовины со встроенными в нее направляющими подшипниками), и их возбудителей не должна превышать значений, приведенных в табл. 1.8.5.

**Таблица 1.8.5. Наибольшая допустимая вибрация подшипников (крестовины) синхронных генераторов, компенсаторов и их возбудителей**

Номинальная частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup>	3000*	1500-500**	375-214	187	До 100
--	-------	------------	---------	-----	--------

Вибрация, мкм	40	70	100	150	180
---------------	----	----	-----	-----	-----

\* Для генераторов блоков мощностью 150 МВт и более вибрация не должна превышать 30 мкм.

\*\*Для синхронных компенсаторов с частотой вращения ротора 750-1000 мин<sup>-1</sup> вибрация не должна превышать 80 мкм.

12. Проверка и испытание системы охлаждения. Производятся в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

13. Проверка и испытание системы маслоснабжения. Производятся в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

14. Проверка изоляции подшипника при работе генератора (компенсатора). Производится путем измерения напряжения между концами вала, а также между фундаментной плитой и корпусом изолированного подшипника. При этом напряжение между фундаментной плитой и подшипником должно быть не более напряжения между концами вала. Различие между напряжениями более чем на 10% указывает на неисправность изоляции.

15. Испытание генератора (компенсатора) под нагрузкой. Нагрузка определяется практическими возможностями в период приемо-сдаточных испытаний. Нагрев статора при данной нагрузке должен соответствовать паспортным данным.

16. Измерение остаточного напряжения генератора при отключении АГП в цепи ротора. Значение остаточного напряжения не нормируется.

17. Определение индуктивных сопротивлений и постоянных времени генератора. Значения индуктивных сопротивлений и постоянных времени не нормируются.

## МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1.8.14. Машины постоянного тока мощностью до 200 кВт, напряжением до 440 В следует испытывать по п. 1, 2, 4, в, 8; все остальные - дополнительно по п. 3, 4, а, 5 настоящего параграфа.

Возбудители синхронных генераторов и компенсаторов следует испытывать по п. 1-6, 8 настоящего параграфа.

Измерение по п. 7 настоящего параграфа следует производить для машин, поступивших на место монтажа в разобранном виде.

1. Определение возможности без сушки машин постоянного тока. Следует производить в соответствии с разд. 3 "Электрические машины" СНиП 3.05.06-85. "Электрические устройства" Госстроя России.

2. Измерение сопротивления изоляции. Измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса и бандажей машины, а также между обмотками производится мегаомметром на напряжение 1 кВ.

Сопротивление изоляции должно быть не ниже:

между обмотками и каждой обмотки относительно корпуса при температуре 10-30°C 0,5 МОм; бандажей якоря (кроме возбудителей) не нормируется;

бандажей якоря возбудителя 1 МОм.

3. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты. Испытание производится по нормам, приведенным в табл. 1.8.6. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

**Таблица 1.8.6. Испытательное напряжение промышленной частоты для изоляции машин постоянного тока**

Испытуемый объект	Характеристика электрической машины	Испытательное напряжение, кВ
Обмотка машины постоянного тока (кроме возбудителя синхронной машины)	Номинальное напряжение до 100 В	$1,6U_{ном} + 0,8$
	Мощность до 1 МВт, номинальное напряжение выше 100 В	$1,6U_{ном} + 0,8$ , но не менее 1,2



		Мощность выше 1 МВт, номинальное напряжение выше 100 В	$1,6U_{\text{ном}} + 0,8$
Обмотки синхронного генератора	возбудителя	-	$8U_{\text{ном}}$ , но не менее 1,2 и не более 2,8
Обмотки синхронного (синхронного компенсатора)	возбудителя двигателя	-	$8U_{\text{ном}}$ , но не менее 1,2
Бандажи якоря		-	1
Реостаты пускорегулировочные резисторы (испытание может проводиться совместно с цепями возбуждения)	и	-	1

#### 4. Измерение сопротивления постоянному току:

а) обмоток возбуждения. Значение сопротивления должно отличаться от данных завода-изготовителя не более чем на 2%;

б) обмотки якоря (между коллекторными пластинами). Значения сопротивлений должны отличаться одно от другого не более чем на 10% за исключением случаев, когда закономерные колебания этих величин обусловлены схемой соединения обмоток;

в) реостатов и пускорегулировочных резисторов. Измеряется общее сопротивление и проверяется целостность отпаек. Значения сопротивления должны отличаться от данных завода-изготовителя не более чем на 10%.

5. Снятие характеристики холостого хода и испытание витковой изоляции. Подъем напряжения следует производить для генераторов постоянного тока до 130% номинального напряжения; для возбудителей - до наибольшего (потолочного) или установленного заводом-изготовителем напряжения. При испытании витковой изоляции машин с числом полюсов более четырех среднее напряжение между соседними коллекторными пластинами должно быть не выше 24 В. Продолжительность испытания витковой изоляции 5 мин.

Отклонение полученных значений характеристики от значений заводской характеристики должно находиться в пределах точности измерения.

6. Снятие нагрузочной характеристики. Следует производить для возбудителей при нагрузке до значения не ниже номинального тока возбуждения генератора. Отклонение от заводской характеристики не нормируется.

7. Измерение воздушных зазоров между полюсами. Размеры зазора в диаметрально противоположных точках должны отличаться один от другого не более чем на 10% среднего размера зазора. Для возбудителей турбогенераторов 300 МВт и более это отличие не должно превышать 5%.

8. Испытание на холостом ходу и под нагрузкой. Определяется предел регулирования частоты вращения или напряжения, который должен соответствовать заводским и проектным данным.

При работе под нагрузкой проверяется степень искрения, которая оценивается по шкале, приведенной в табл. 1.8.7.

**Таблица 1.8.7. Характеристика искрения коллектора**

Степень искрения	Характеристика степени искрения	Состояние коллектора и щеток
1	Отсутствие искрения	Отсутствие почернения на коллекторе и нагара на щетках
1,25	Слабое точечное искрение под небольшой частью щетки	То же
1,5	Слабое искрение под большей частью щетки	Появление следов почернения на коллекторе, легко устранимых при протирании поверхности коллектора бензином, а также появление следов нагара на щетках
2	Искрение под всем краем щетки появляется только при	Появление следов почернения на коллекторе, не устранимых при

3	кратковременных толчках нагрузки и перегрузки	протираении поверхности коллектора бензином, а также появление следов нагара на щетках
	Значительное искрение под всем краем щетки с наличием крупных и вылетающих искр. Допускается только для моментов прямого (без реостатных ступеней) включения или реверсирования машин, если при этом коллектор и щетки остаются в состоянии, пригодном для дальнейшей работы	Значительное почернение на коллекторе, не устраняемое протираением поверхности коллектора бензином, а также подгар и разрушение щеток

Если степень искрения специально не оговорена заводом-изготовителем, то при номинальном режиме она должна быть не выше 1,5.

### ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

1.8.15. Электродвигатели переменного тока до 1 кВ испытываются по п. 2, 4, 6, 10, 11.

Электродвигатели переменного тока выше 1 кВ испытываются по п. 1-4,7,9-11.

По п. 5, 6, 8 испытываются электродвигатели, поступающие на монтаж в разобранном виде.

1. Определение возможности включения без сушки электродвигателей напряжением выше 1 кВ. Следует производить в соответствии с разд. 3 "Электрические машины" СНиП 3.05.06-85. "Электротехнические устройства" Госстроя России.

2. Измерение сопротивления изоляции. Допустимые значения сопротивления изоляции электродвигателей напряжением выше 1 кВ должны соответствовать требованиям инструкции, указанной в п. 1. В остальных случаях сопротивление изоляции должно соответствовать нормам, приведенным в табл. 1.8.8.

**Таблица 1.8.8. Допустимое сопротивление изоляции электродвигателей переменного тока**

Испытуемый объект	Напряжение мегаомметра, кВ	Сопротивление изоляции
Обмотка статора напряжением до 1 кВ	1	Не менее 0,5 МОм при температуре 10-30°C
Обмотка ротора синхронного электродвигателя и электродвигателя с фазным ротором	0,5	Не менее 0,2 МОм при температуре 10-30°C (допускается не ниже 2 кОм при +75°C или 20 кОм при +20°C для неявнополусных роторов)
Термоиндикатор	0,25	Не нормируется
Подшипники синхронных электродвигателей напряжением выше 1 кВ	1	Не нормируется (измерение производится относительно фундаментной плиты при полностью собранных маслопроводах)

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Производится на полностью собранном электродвигателе.

Испытание обмотки статора производится для каждой фазы в отдельности относительно корпуса при двух других, соединенных с корпусом. У двигателей, не имеющих выводов каждой фазы в отдельности, допускается производить испытание всей обмотки относительно корпуса.

Значения испытательных напряжений приведены в табл. 1.8.9. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

4. Измерение сопротивления постоянному току:

а) обмоток статора и ротора. Производится при мощности электродвигателей 300 кВт и более.

Измеренные сопротивления обмоток различных фаз должны отличаться друг от друга или от заводских данных не более чем на 2%;

б) реостатов и пускорегулировочных резисторов. Измеряется общее сопротивление и проверяется целостность отпаяк. Значение сопротивления должно отличаться от паспортных данных не более чем на 10%.

5. Измерение зазоров между стальной ротора и статора. Размеры воздушных зазоров в диаметрально противоположных точках или точках, сдвинутых относительно оси ротора на 90°, должны отличаться не более чем на 10% среднего размера.

**Таблица 1.8.9. Испытательное напряжение промышленной частоты для электродвигателей переменного тока**

Испытуемый объект	Характеристика электродвигателя	Испытательное напряжение, кВ
Обмотка статора	Мощность до 1 МВт, номинальное напряжение выше 1 кВ	$1,6U_{ном} + 0,8$
	Мощность выше 1 МВт, номинальное напряжение до 3,3 кВ	$1,6U_{ном} + 0,8$
	Мощность выше 1 МВт, номинальное напряжение выше 3,3 до 6,6 кВ	$2U_{ном}$
	Мощность выше 1 МВт, номинальное напряжение выше 6,6 кВ	$1,6U_{ном} + 2,4$
Обмотка ротора синхронного электродвигателя	-	$8U_{ном}$ системы возбуждения, но не менее 1,2
Обмотка ротора электродвигателя с фазным ротором	-	1
Реостат и пускорегулировочный резистор	-	1
Резистор гашения поля синхронного электродвигателя	-	2

6. Измерение зазоров в подшипниках скольжения. Размеры зазоров приведены в табл. 1.8.10.

7. Измерение вибрации подшипников электродвигателя. Значения вибрации, измеренной на каждом подшипнике, должны быть не более значений, приведенных ниже:

Синхронная частота вращения электродвигателя, Гц	50	25	16,7	12,5 и ниже
Допустимая вибрация, мкм	50	100	130	160

8. Измерение разбега ротора в осевом направлении. Производится для электродвигателей, имеющих подшипники скольжения. Осевой разбег не должен превышать 2-4 мм.

9. Испытание воздухоохладителя гидравлическим давлением. Производится избыточным гидравлическим давлением 0,2-0,25 МПа (2-2,5 кгс/см<sup>2</sup>). Продолжительность испытания 10 мин. При этом не должно наблюдаться снижение давления или утечки жидкости, применяемой при испытании.

10. Проверка работы электродвигателя на холостом ходу или с ненагруженным механизмом. Продолжительность проверки не менее 1 ч.

11. Проверка работы электродвигателя под нагрузкой. Производится при нагрузке, обеспечиваемой технологическим оборудованием к моменту сдачи в эксплуатацию. При этом для электродвигателя с регулируемой частотой вращения определяются пределы регулирования.

**Таблица 1.8.10. Наибольший допустимый зазор в подшипниках скольжения электродвигателей**

Номинальный диаметр вала, мм	Зазор, мм, при частоте вращения, Гц		
		Менее 16,7	16,7-25

18-30	0,040-0,093	0,060-0,130	0,140-0,280
30-50	0,050-0,112	0,075-0,160	0,170-0,340
50-80	0,065-0,135	0,095-0,195	0,200-0,400
80-120	0,080-0,160	0,120-0,235	0,230-0,460
120-180	0,100-0,195	0,150-0,285	0,260-0,580
180-260	0,120-0,225	0,180-0,300	0,300-0,600
260-360	0,140-0,250	0,210-0,380	0,340-0,680
360-500	0,170-0,305	0,250-0,440	0,380-0,760

**СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ, АВТОТРАНСФОРМАТОРЫ,  
МАСЛЯНЫЕ РЕАКТОРЫ И ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ ДУГОГАСЯЩИЕ РЕАКТОРЫ  
(ДУГОГАСЯЩИЕ КАТУШКИ)**

1.8.16. Маслонаполненные трансформаторы мощностью до 1,6 МВ·А испытываются по п. 1, 2, 4, 8, 9, 11-14.

Маслонаполненные трансформаторы мощностью более 1,6 МВ·А, а также ответственные трансформаторы собственных нужд электростанций независимо от мощности испытываются в полном объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

Сухие и заполненные совтолом трансформаторы всех мощностей испытываются по п. 1-8, 12, 14.

1. Определение условий включения трансформаторов. Следует производить в соответствии с инструкцией "Трансформаторы силовые. Транспортирование, разгрузка, хранение, монтаж и ввод в эксплуатацию" (РД 16.363-87).

2. Измерение характеристик изоляции. Допустимые значения сопротивления изоляции  $R_{60}$ , коэффициент абсорбции  $R_{60} / R_{15}$ , тангенс угла диэлектрических потерь и отношения  $C_2 / C_{50}$  и  $\Delta C / C$  регламентируются инструкцией по п. 1.

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляции обмоток вместе с вводами. Испытательные напряжения приведены в табл. 1.8.11. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции обмоток масляных трансформаторов при вводе в эксплуатацию не обязательно.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции обмоток сухих трансформаторов обязательно и производится по нормам табл. 1.8.11 для аппаратов с облегченной изоляцией.

Импортные трансформаторы разрешается испытывать напряжениями, указанными в табл. 1.8.11, лишь в тех случаях, если они не превышают напряжения, которым данный трансформатор был испытан на заводе.

**Таблица 1.8.11. Испытательное напряжение промышленной частоты внутренней изоляции силовых масляных трансформаторов и реакторов с нормальной изоляцией и трансформаторов с облегченной изоляцией (сухих и масляных)**

Класс напряжения обмотки, кВ	Испытательное напряжение по отношению к корпусу и другим обмоткам, кВ, для изоляции	
	нормальной	облегченной
До 0,69	4,5	2,7
3	16,2	9
6	22,5	15,4
10	31,5	21,6
15	40,5	33,3
20	49,5	-

35	76,5	-
110	180	-
150	207	-
220	292,5	-
330	414	-
500	612	-

Изоляция импортных трансформаторов, которую поставщик испытал напряжением ниже указанного в ГОСТ 18472-88, испытывается напряжением, значение которого устанавливается в каждом случае особо.

Испытательное напряжение заземляющих реакторов на напряжение до 35 кВ аналогично приведенным для трансформаторов соответствующего класса.

Изоляция линейного вывода обмотки трансформаторов классов напряжения 110 кВ и выше, имеющих неполную изоляцию нейтрали (испытательное напряжение 85 и 100 кВ), испытывается только индуктированным напряжением, а изоляция нейтрали - приложенным напряжением;

б) изоляции доступных стяжных шпилек, прессующих колец и ярмовых балок. Испытание следует производить в случае осмотра активной части. Испытательное напряжение 1-2 кВ. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

4. Измерение сопротивления обмоток постоянному току. Производится на всех ответвлениях, если для этого не потребуются выемки сердечника. Сопротивление должно отличаться не более чем на 2% от сопротивления, полученного на таком же ответвлении других фаз, или от данных завода-изготовителя.

5. Проверка коэффициента трансформации. Производится на всех ступенях переключения. Коэффициент трансформации должен отличаться не более чем на 2% от значений, полученных на том же ответвлении на других фазах, или от данных завода-изготовителя. Для трансформаторов с РПН разница между коэффициентами трансформации не должна превышать значения ступени регулирования.

6. Проверка группы соединения трехфазных трансформаторов и полярности выводов однофазных трансформаторов. Производится при монтаже, если отсутствуют паспортные данные или есть сомнения в достоверности этих данных. Группа соединений должна соответствовать паспортным данным и обозначениям на щитке.

7. Измерение тока и потерь холостого хода. Производится одно из измерений, указанных ниже:

а) при номинальном напряжении. Измеряется ток холостого хода. Значение тока не нормируется;

б) при малом напряжении. Измерение производится с приведением потерь к номинальному напряжению или без приведения (метод сравнения).

8. Проверка работы переключающего устройства и снятие круговой диаграммы. Снятие круговой диаграммы следует производить на всех положениях переключателя. Круговая диаграмма не должна отличаться от снятой на заводе-изготовителе. Проверку срабатывания переключающего устройства и давления контактов следует производить согласно заводским инструкциям.

9. Испытание бака с радиаторами гидравлическим давлением. Производится гидравлическим давлением столба масла, высота которого над уровнем заполненного расширителя принимается: для трубчатых и гладких баков 0,6 м; для баков волнистых, радиаторных или с охладителями 0,3 м.

Продолжительность испытания 3 ч при температуре масла не ниже +10°C. При испытании не должно наблюдаться течи масла.

10. Проверка системы охлаждения. Режим пуска и работы охлаждающих устройств должен соответствовать инструкции завода-изготовителя.

11. Проверка состояния силикагеля. Индикаторный силикагель должен иметь равномерную голубую окраску зерен. Изменение цвета свидетельствует об увлажнении силикагеля.

12. Фазировка трансформаторов. Должно иметь место совпадение по фазам.

13. Испытание трансформаторного масла. Свежее масло перед заливкой вновь вводимых трансформаторов, прибывающих без масла, должно быть испытано по показателям п. 1, 2, 4-12 табл. 1.8.38.

Из трансформаторов, транспортируемых без масла, до начала монтажа следует произвести отбор пробы остатков масла (со дна).

Электрическая прочность остатков масла в трансформаторах напряжением 110-220 кВ должна быть не ниже 35 кВ и в трансформаторах напряжением 330-500 кВ - не ниже 45 кВ.

Масло из трансформаторов напряжением 110 кВ и выше, транспортируемых с маслом, до начала монтажа испытывается по показателям п. 1-6 и 12 табл. 1.8.38.

Испытание масла из трансформаторов с массой масла более 1 т, прибывающих с маслом, при отсутствии заводского протокола испытания масла перед включением в работу производится по показателям п. 1-11 табл. 1.8.38, а масла из трансформаторов напряжением 110 кВ и выше, кроме того, по п. 12 табл. 1.8.38.

Испытание масла, залитого в трансформатор, перед включением его под напряжение после монтажа производится по показателям п. 1-6 табл. 1.8.38.

При испытании масла из трансформаторов напряжением 110 кВ и выше по показателям п. 1-6 табл. 1.8.38 следует производить и измерение тангенса угла диэлектрических потерь масла. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь масла следует производить также у трансформаторов, имеющих повышенное значение тангенса угла диэлектрических потерь изоляции.

Масло из трансформаторов I и II габаритов, прибывающих на монтаж заполненными маслом, при наличии удовлетворяющих нормам показателей заводского испытания, проведенного не более чем за 6 мес до включения трансформатора в работу, разрешается испытывать только по показателям п. 1 и 2 табл. 1.8.38.

14. Испытание включением толчком на номинальное напряжение. В процессе 3-5-кратного включения трансформатора на номинальное напряжение не должны иметь место явления, указывающие на неудовлетворительное состояние трансформатора.

Трансформаторы, смонтированные по схеме блока с генератором, рекомендуется включать в сеть подъемом напряжения с нуля.

15. Испытание вводов. Следует производить в соответствии с 1.8.31.

16. Испытание встроенных трансформаторов тока. Следует производить в соответствии с 1.8.17.

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

1.8.17. Измерительные трансформаторы испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

1. Измерение сопротивления изоляции:

а) первичных обмоток. Производится мегаомметром на напряжение 2500 В. Значение сопротивления изоляции не нормируется.

Для трансформаторов тока напряжением 330 кВ типа ТФКН-330 измерение сопротивления изоляции производится по отдельным зонам; при этом значения сопротивления изоляции должны быть не менее приведенных в табл. 1.8.12.

б) вторичных обмоток. Производится мегаомметром на напряжение 500 или 1000 В.

Сопротивление изоляции вторичных обмоток вместе с подсоединенными к ним цепями должно быть не менее 1 МОм.

2. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь изоляции. Производится для трансформаторов тока напряжением 110 кВ и выше.

**Таблица 1.8.12. Наименьшее допустимое сопротивление изоляции первичных обмоток трансформаторов тока типа ТФКН-330**

Измеряемый участок изоляции	Сопротивление изоляции, МОм
Основная изоляция относительно предпоследней обкладки	5000
Измерительный конденсатор (изоляция между предпоследней и последней обкладками)	3000
Наружный слой первичной обмотки (изоляция последней обкладки относительно корпуса)	1000

Тангенс угла диэлектрических потерь изоляции трансформаторов тока при температуре +20°C не должен превышать значений, приведенных в табл. 1.8.13.

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляция первичных обмоток. Испытание является обязательным для трансформаторов тока и трансформаторов напряжения до 35 кВ (кроме трансформаторов напряжения с ослабленной изоляцией одного из выводов).

**Таблица 1.8.13. Наибольший допустимый тангенс угла диэлектрических потерь изоляции трансформаторов тока**

Наименование испытываемого объекта	Тангенс угла диэлектрических потерь, %, при номинальном напряжении, кВ			
	110	150-220	330	500
Маслонаполненные трансформаторы тока (основная изоляция)	2,0	1,5	-	1,0
Трансформаторы тока типа ТФКН-300: основная изоляция относительно предпоследней обкладки	-	-	0,6	-
Измерительный конденсатор (изоляция между предпоследней и последней обкладками)	-	-	0,8	-
Наружный слой первичной обмотки (изоляция последней обкладки относительно корпуса)	-	-	1,2	-

Значения испытательных напряжений для измерительных трансформаторов указаны в табл. 1.8.14.

**Таблица 1.8.14. Испытательное напряжение промышленной частоты для измерительных трансформаторов**

Исполнение изоляции измерительного трансформатора	Испытательное напряжение, кВ, при номинальном напряжении, кВ					
	3	6	10	15	20	35
Нормальная	21,6	28,8	37,8	49,5	58,5	85,5
Ослабленная	9	14	22	33	-	-

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения: для трансформаторов напряжения 1 мин; для трансформаторов тока с керамической, жидкой или бумажно-масляной изоляцией 1 мин; для трансформаторов тока с изоляцией из твердых органических материалов или кабельных масс 5 мин;

б) изоляции вторичных обмоток. Значение испытательного напряжения для изоляции вторичных обмоток вместе с присоединенными к ним цепями составляет 1 кВ. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

4. Измерение тока холостого хода. Производится для каскадных трансформаторов напряжением 110 кВ и выше на вторичной обмотке при номинальном напряжении. Значение тока холостого хода не нормируется.

5. Снятие характеристик намагничивания магнитопровода трансформаторов тока. Следует производить при изменении тока от нуля до номинального, если для этого не требуется напряжение выше 380 В. Для трансформаторов тока, предназначенных для питания устройств релейной защиты, автоматических аварийных осциллографов, фиксирующих приборов и т. п., когда необходимо проведение расчетов погрешностей, токов небаланса и допустимой нагрузки применительно к условиям прохождения токов выше номинального, снятие характеристик производится при изменении тока от нуля до такого значения, при котором начинается насыщение магнитопровода.

При наличии у обмоток ответвлений характеристики следует снимать на рабочем ответвлении.

Снятые характеристики сопоставляются с типовой характеристикой намагничивания или с характеристиками намагничивания других однотипных исправных трансформаторов тока.

6. Проверка полярности выводов (у однофазных) или группы соединения (у трехфазных) измерительных трансформаторов. Производится при монтаже, если отсутствуют паспортные данные или есть сомнения в достоверности этих данных. Полярность и группа соединений должны соответствовать паспортным данным.

7. Измерение коэффициента трансформации на всех ответвлениях. Производится для встроенных трансформаторов тока и трансформаторов, имеющих переключающее устройство (на всех положениях переключателя). Отклонение найденного значения коэффициента от паспортного должно быть в пределах точности измерения.

8. Измерение сопротивления обмоток постоянному току. Производится у первичных обмоток трансформаторов тока напряжением 10 кВ и выше, имеющих переключающее устройство, и у связующих обмоток каскадных трансформаторов напряжения. Отклонение измеренного значения сопротивления обмотки от паспортного или от сопротивления обмоток других фаз не должно превышать 2%.

9. Испытание трансформаторного масла. Производится у измерительных трансформаторов 35 кВ и выше согласно 1.8.33.

Для измерительных трансформаторов, имеющих повышенное значение тангенса угла диэлектрических потерь изоляции, следует произвести испытание масла по п. 12 табл. 1.8.38.

У маслonaполненных каскадных измерительных трансформаторов оценка состояния масла в отдельных ступенях производится по нормам, соответствующим номинальному рабочему напряжению ступени (каскада).

10. Испытание емкостных трансформаторов напряжения типа НДЕ. Производится согласно инструкции завода-изготовителя.

11. Испытание вентильных разрядников трансформаторов напряжения типа НДЕ. Производится в соответствии с 1.8.28.

### МАСЛЯНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

1.8.18. Масляные выключатели всех классов напряжения испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

1. Измерение сопротивления изоляции:

а) подвижных и направляющих частей, выполненных из органических материалов. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ.

Сопротивление изоляции не должно быть менее значений, приведенных ниже:

Номинальное напряжение выключателя, кВ	3-10	15-150	220-500
Сопротивление изоляции, МОм	1000	3000	5000

б) вторичных цепей, электромагнитов включения и отключения и т. п. Производится в соответствии с 1.8.34.

2. Испытание вводов. Производится в соответствии с 1.8.31.

3. Оценка состояния внутрибаковой изоляции и изоляции дугогасительных устройств. Производится для выключателей 35 кВ с установленными вводами путем измерения тангенса угла диэлектрических потерь изоляции. Внутрибаковая изоляция подлежит сушке, если измеренное значение тангенса в 2 раза превышает тангенс угла диэлектрических потерь вводов, измеренный при полном исключении влияния внутрибаковой изоляции дугогасительных устройств, т. е. до установки вводов в выключатель.

4. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляции выключателей относительно корпуса или опорной изоляции. Производится для выключателей напряжением до 35 кВ. Испытательное напряжение для выключателей принимается в соответствии с данными табл. 1.8.15. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин;

**Таблица 1.8.15. Испытательное напряжение промышленной частоты для внешней изоляции аппаратов**

Класс напряжения, кВ	Испытательное напряжение, кВ, для аппаратов с изоляцией			
	нормальной керамической	нормальной из органических материалов	облегченной керамической	облегченной из органических материалов
3	24	21,6	13	11,7
6	32	28,8	21	18,9
10	42	37,8	32	28,8
15	55	49,5	48	43,2
20	65	58,5	-	-
35	95	85,5	-	-



б) изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов включения и отключения. Значение испытательного напряжения 1 кВ. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

5. Измерение сопротивления постоянному току:

а) контактов масляных выключателей. Измеряется сопротивление токоведущей системы полюса выключателя и отдельных его элементов. Значение сопротивления контактов постоянному току должно соответствовать данным завода-изготовителя;

б) шунтирующих резисторов дугогасительных устройств. Измеренное значение сопротивления должно отличаться от заводских данных не более чем на 3%;

в) обмоток электромагнитов включения и отключения, значение сопротивлений обмоток должно соответствовать данным заводов-изготовителей.

6. Измерение скоростных и временных характеристик выключателей. Измерение временных характеристик производится для выключателей всех классов напряжения. Измерение скорости включения и отключения следует производить для выключателей 35 кВ и выше, а также независимо от класса напряжения в тех случаях, когда это требуется инструкцией завода-изготовителя. Измеренные характеристики должны соответствовать данным заводов-изготовителей.

7. Измерение хода подвижных частей (траверс) выключателя, вжима контактов при включении, одновременности замыкания и размыкания контактов. Полученные значения должны соответствовать данным заводов - изготовителей.

8. Проверка регулировочных и установочных характеристик механизмов, приводов и выключателей. Производится в объеме и по нормам инструкций заводов-изготовителей и паспортов для каждого типа привода и выключателя.

9. Проверка действия механизма свободного расцепления. Производится на участке хода подвижных контактов при выключении - от момента замыкания первичной цепи выключателя (с учетом промежутка между его контактами, пробиваемого при сближении последних) до полного включения положения. При этом должны учитываться специфические требования, обусловленные конструкцией привода и определяющие необходимость проверки действия механизма свободного расцепления при поднятом до упора сердечнике электромагнита включения или при незаведенных пружинах (грузе) и т. д.

10. Проверка напряжения (давления) срабатывания приводов выключателей. Производится (без тока в первичной цепи выключателя) с целью определения фактических замечаний напряжения на зажимах электромагнитов приводов или давления сжатого воздуха пневмоприводов, при которых выключатели сохраняют работоспособность, т. е. выполняют операции включения и отключения от начала до конца. При этом временные и скоростные характеристики могут не соответствовать нормируемым значениям.

Напряжение срабатывания должно быть на 15-20% меньше нижнего предела рабочего напряжения на зажимах электромагнитов приводов, а давление срабатывания пневмоприводов - на 20-30% меньше нижнего предела рабочего давления. Работоспособность выключателя с пружинным приводом необходимо проверить при уменьшенном натяге включающих пружин согласно указаниям инструкций заводов-изготовителей.

Масляные выключатели должны обеспечивать надежную работу при следующих значениях напряжения на зажимах электромагнитов приводов: при отключении 65-120% номинального; при включении выключателей 80-110% номинального (с номинальным током включения до 50 кА) и 85-110% номинального (с номинальным током включения более 50 кА). Для выключателей с пневмоприводами диапазон изменения рабочего давления должен быть не менее 90-110% номинального. При указанных значениях нижних пределов рабочего напряжения (давления) приводов выключатели (без тока в первичной цепи) должны обеспечивать нормируемые заводами-изготовителями для соответствующих условий временные и скоростные характеристики.

11. Испытание выключателя многократными включениями и отключениями. Многократные опробования масляных выключателей производятся при напряжении на зажимах электромагнитов: включения 110, 100, 80 (85)% номинального и минимальном напряжении срабатывания; отключения 120, 100, 65% номинального и минимальном напряжении срабатывания.

Количество операций при пониженном и повышенном напряжениях должно быть 3-5, а при номинальном напряжении - 10.

Кроме того, выключатели следует подвергнуть 3-5-кратному опробованию в цикле В-О (без выдержки времени), а выключатели, предназначенные для работы в режиме АПВ, также 2-3-кратному опробованию в циклах О-В и О-В-О. Работа выключателя в сложных циклах должна

проверяться при номинальном и пониженном до 80% (85%) номинального напряжения на зажимах электромагнитов приводов.

12. Испытание трансформаторного масла выключателей. У баковых выключателей всех классов напряжений и малообъемных выключателей 110 кВ и выше испытание масла производится до и после заливки масла в выключатели.

У малообъемных выключателей до 35 кВ масло испытывается до заливки в дугогасительные камеры. Испытание масла производится в соответствии с 1.8.33.

13. Испытание встроенных трансформаторов тока. Производится в соответствии с 1.8.17.

## ВОЗДУШНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

1.8.19. Воздушные выключатели всех классов напряжения испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

**Таблица 1.8.16. Наименьшее допустимое сопротивление опорной изоляции и изоляции подвижных частей воздушных выключателей**

Испытуемый объект	Сопротивление изоляции, МОм, при номинальном напряжении выключателя, кВ		
	До 15	20-35	110 и выше
Опорный изолятор, воздухопровод и тяга (каждое в отдельности), изготовленные из фарфора	1000	5000	5000
Тяга, изготовленная из органических материалов	-	3000	-

1. Измерение сопротивления изоляции:

а) опорных изоляторов, изоляторов гасительных камер и отделителей и изолирующих тяг выключателей всех классов напряжений. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ или от источника напряжения выпрямленного тока.

В случае необходимости измерение сопротивления изоляции опорных изоляторов, изоляторов гасительных камер и отделителей следует производить с установкой охранных колец на внешней поверхности.

Сопротивление изоляции должно быть не ниже значений, приведенных в табл. 1.8.16.

б) вторичных цепей, обмоток электромагнитов включения и отключения. Производится в соответствии с 1.8.34.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляции выключателей. Обязательно для выключателей до 35 кВ. Опорную цельнофарфоровую изоляцию выключателей следует испытывать повышенным напряжением промышленной частоты в соответствии с табл. 1.8.17. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

Изоляция выключателей, состоящая из многоэлементных изоляторов, испытывается в соответствии с 1.8.32;

б) изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления. Производится в соответствии с 1.8.34.

3. Измерение сопротивления постоянному току:

а) контактов воздушных выключателей всех классов напряжения. Измерению подлежит сопротивление контактов каждого элемента гасительной камеры, отделителя, ножа и т. п. в отдельности. Наибольшие допустимые значения сопротивления контактов воздушных выключателей приведены в табл. 1.8.17.

б) обмоток электромагнитов включения и отключения выключателей. Устанавливается для каждого типа выключателей согласно табл. 1.8.18 или данным завода-изготовителя.

в) делителей напряжения и шунтирующих резисторов выключателя. Для них нормы устанавливаются по данным завода-изготовителя.

**Таблица 1.8.17. Наибольшее допустимое сопротивление постоянному току контактов воздушных выключателей на номинальный ток 2 кА**

Тип выключателя	Номинальное напряжение, кВ	Сопротивление контактов, мкОм				
		всего контура полюса	гасительной камеры	одного элемента гасительной камеры	ножа (отделителя)	одного элемента отделителя
ВВН-110-6	110	120	40	20	40	20
ВВН-154-8	150	160	60	20	60	20
ВВН-220-10	220	200	80	20	80	20
ВВ-500-2000/25	500	500*	-	18	-	18
ВВН-35-2	35	60	-	-	-	-

\* Для выключателей с воздушнонаполненным отделителем производятся измерения переходных сопротивлений контактов соединения:  
 шины, соединяющей гасительную камеру с отделителем (не должно превышать 50 мкОм);  
 шины, соединяющей две половины отделителя (не должно превышать 80 мкОм);  
 перехода с аппаратного вывода отделителя на шину, соединяющую фланцы отделителей (не должно превышать 10 мкОм).

**Таблица 1.8.18. Сопротивление постоянному току обмоток электромагнитов воздушных выключателей**

Тип выключателя	Соединение электромагнитов трех фаз	Напряжение, В	Сопротивление обмотки, Ом
ВВН-110-6, ВВН-154-8, ВВН-220-10, ВВ-330Б, ВВ-500, ВВМ-500М	Разделительное или параллельное (электромагниты с форсировкой)	220	1-я обмотка: 10±1,5; 2-я обмотка: 45±2,0; обе обмотки: 55±3,5
		110	1-я обмотка: 24±0,05; 2-я обмотка: 11,3±0,55; обе обмотки: 13,7±0,55

4. Проверка характеристик выключателя. Характеристики выключателя, снятые при номинальном, минимальном и максимальном рабочих давлениях при простых операциях и сложных циклах, должны соответствовать данным завода-изготовителя.

5. Проверка срабатывания привода выключателя при пониженном напряжении. Напряжение срабатывания электромагнитов управления при максимальном давлении воздуха в баках 2,06 МПа ( $21,0 \text{ кг/см}^2$ ) должно быть не более 65% номинального.

6. Испытание выключателя многократным включением и отключением. Количество операций и сложных циклов, выполняемых каждым выключателем, устанавливается согласно табл. 1.8.19.

**Таблица 1.8.19. Количество операций при испытаниях воздушных выключателей многократными опробованиями**

Наименование операций или цикла	Давление опробования выключателя	Количество выполняемых операций и циклов
Включение и отключение	Минимальное давление срабатывания	3
	Минимальное рабочее давление	3
	Номинальное	3
Цикл В-О	Максимальное рабочее	2
	Минимальное срабатывания	2
	Минимальное рабочее *	2
Цикл О-В (АПВ успешное)	Максимальное рабочее *	2
	Минимальное для АПВ	2
	Номинальное *	2
Цикл О-В-О (АПВ неуспешное)	Минимальное для АПВ	2
	Максимальное рабочее	2

\* Должны сниматься осциллограммы работы выключателей.

7. Испытание конденсаторов делителей напряжения воздушных выключателей. Производится в соответствии с 1.8.27.

8. Проверка хода якоря электромагнита управления. Ход якоря электромагнитов с форсировкой должен быть равен  $8^{-1}$  мм.

### ВЫКЛЮЧАТЕЛИ НАГРУЗКИ

1.8.20. Полностью собранный и отрегулированный выключатель нагрузки испытывается в объеме, предусмотренном настоящим параграфом;

1. Измерение сопротивления изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления. Производится в соответствии с 1.8.34.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляции выключателя нагрузки. Производится в соответствии с табл. 1.8.15.;

б) изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления. Производится в соответствии с 1.8.34.

3. Измерение сопротивления постоянному току:

а) контактов выключателя. Производится измерение сопротивления токоведущей системы полюса и каждой пары рабочих контактов. Значение сопротивления должно соответствовать данным завода-изготовителя;

б) обмоток электромагнитов управления. Значение сопротивления должно соответствовать данным завода-изготовителя;

4. Проверка действия механизма свободного расцепления. Механизм свободного расцепления проверяется в работе в соответствии с 1.8.18, п. 9.

5. Проверка срабатывания привода при пониженном напряжении. Производится в соответствии с 1.8.18, п. 10.

6. Испытание выключателя нагрузки многократным опробованием. Производится в соответствии с 1.8.18, п. 11.

7. Испытание предохранителей. Производится в соответствии с 1.8.30.

### РАЗЪЕДИНИТЕЛИ, ОТДЕЛИТЕЛИ И КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛИ

1.8.21. Полностью собранные и отрегулированные разъединители, отделители и короткозамыкатели всех классов напряжений испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

1. Измерение сопротивления изоляции:

а) поводков и тяг, выполненных из органических материалов. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Сопротивление изоляции должно быть не ниже значений, приведенных в 1.8.18, п. 1, а.

б) многоэлементных изоляторов. Производится в соответствии с 1.8.32.

в) вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления. Производится в соответствии с 1.8.34.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляции разъединителей, отделителей и короткозамыкателей. Производится в соответствии с табл. 1.8.15.;

б) изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления. Производится в соответствии с 1.8.34.

3. Измерение сопротивления постоянному току;

а) контактной системы разъединителей и отделителей напряжением 110 кВ и выше. Измеренные значения должны соответствовать данным заводов-изготовителей или приведенным в табл. 1.8.20.

**Таблица 1.8.20. Наибольшее допустимое сопротивление постоянному току контактной системы разъединителей и отделителей**

Тип разъединителя (отделителя)	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Сопротивление, мкОм
РОНЗ	400-500	2000	200

РЛН	110-220	600	220
Остальные типы	110-500	600	175
		1000	120
		1500-2000	50

б) обмоток электромагнитов управления. Значения сопротивления обмоток должны соответствовать данным заводов-изготовителей.

4. Измерение вытягивающих усилий подвижных контактов из неподвижных. Производится у разъединителей и отделителей 35 Кв, а в электроустановках энергосистем - независимо от класса напряжения. Измерение значения вытягивающих усилий при обезжиренном состоянии контактных поверхностей должны соответствовать данным завода-изготовителя, а при их отсутствии - данным, приведенным в табл. 1.8.21.

**Таблица 1.8.21. Нормы вытягивающих усилий подвижных контактов из неподвижных (для одного ножа) для разъединителей и отделителей**

Тип аппарата	Номинальный ток, А	Усилие, Н (кгс)
Разъединители		
РВК-10	3000; 4000; 5000	490-540 (50-55)
РВК-20	5000; 6000	490-540 (50-55)
	7000	830-850 (85-87)
РВ(3)-20	400	118-157 (12-16)
РВ(3)-35	600	137-176 (14-18)
	1000	176-225 (18-23)
	600	157-176 (16-18)
РЛНД-110	600	157-176 (16-18)
	1000	176-196 (18-20)
Отделители		
ОД-110М; ОД-150М	600	157-176 (16-18)
ОД-220М	1000	176-196 (18-20)

**Таблица 1.8.22. Наибольшее допустимое время отключения отделителей и включения короткозамыкателей**

Тип аппарата	Время отключения, не более, с
Отделители	
ОД-35	0,5
ОД-110	0,7-0,9
ОД-110М	0,5
ОД-150	1,0
ОД-150М	0,7
ОД-220	1,0
ОД-220М	0,7
Короткозамыкатели	
КЗ-35	0,4
КЗ-110	0,4
КЗ-110М	0,35
КЗ-220, КЗ-150	0,5
КЗ-150М	0,4
КЗ-220М	0,4

Кроме указанных в табл. 1.8.21 норм для разъединителей наружной установки 35-220 кВ на номинальные токи 630-2000 А заводом-изготовителем установлена общая норма вытягивающего усилия на пару ламелей 78,5-98 Н (8-10 кгс).

5. Проверка работы. Проверку аппаратов с ручным управлением следует производить путем выполнения 10-15 операций включения и отключения. Проверка аппаратов с дистанционным управлением производится путем выполнения 25 циклов включения и отключения при номинальном напряжении управления 5-10 циклов включения и отключения при пониженном до 80% номинального напряжения на зажимах электромагнитов (электродвигателей) включения и отключения.

6. Определение временных характеристик. Производится у короткозамыкателей при включении и у отделителей при отключении. Измеренные значения должны соответствовать данным завода-изготовителя, а при их отсутствии - данным, приведенным в табл. 1.8.22.

### **КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ВНУТРЕННЕЙ И НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ (КРУ И КРУН)**

1.8.22. Комплектные распределительные устройства после монтажа на месте установки испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

Нормы испытаний элементов КРУ: масляных выключателей, измерительных трансформаторов, выключателей нагрузки, вентильных разрядников, предохранителей, разъединителей, силовых трансформаторов и трансформаторного масла - приведены в соответствующих параграфах настоящей главы.

1. Измерение сопротивления изоляции:

а) первичных цепей. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ.

Сопротивление изоляции полностью собранных первичных цепей КРУ с установленными в них узлами и деталями, которые могут оказать влияние на результаты испытаний, должно быть не менее 1000 МОм.

При неудовлетворительных результатах испытаний измерение сопротивления производится поэлементно, при этом сопротивление изоляции каждого элемента должно быть не менее 1000 МОм;

б) вторичных цепей. Производится мегаомметром на напряжение 0,5-1 кВ. Сопротивление изоляции каждого присоединения вторичных цепей со всеми присоединенными аппаратами (реле, приборами, вторичными обмотками трансформаторов тока и напряжения и т. п.) должно быть не менее 1 МОм.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляции первичных цепей ячеек КРУ и КРУН. Испытательное напряжение полностью смонтированных ячеек КРУ и КРУН при вкваченных в рабочее положение тележках и закрытых дверях указано в табл. 1.8.23.

**Таблица 1.8.23. Испытательное напряжение промышленной частоты изоляции ячеек КРУ и КРУН**

Класс напряжения, кВ	Испытательное напряжение, кВ, ячейки с изоляцией	
	керамической	из твердых органических материалов
3	24	21,6
6	32	28,8
10	42	37,8
15	55	49,5
20	65	58,5
35	95	85,5

**Таблица 1.8.24. Наибольшее допустимое сопротивление постоянному току контактов КРУ и КРУН**

Измеряемый объект	Сопротивление, Ом
Соединения сборных шин (выборочно)	Не должно превышать более чем в 1,2 раза сопротивление участка шин той же длины без соединения
Разъемные соединения первичной цепи (выборочно, если позволяет конструкция КРУ)	<p>Определяется заводскими инструкциями. Для КРУ, у которых инструкции не нормируют сопротивление, их сопротивление должно быть не более, мкОм:</p> <p>для контактов: 400 А-75  " 600 А-60  " 900 А-50  " 1200 А-40</p>

Разъединяющие контакты вторичной силовой цепи (выборочно, только для контактов скользящего типа)	Сопротивление контактов должно быть не более 4000 мкОм
--	--

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения для ячеек с керамической изоляцией 1 мин; для ячеек с изоляцией из твердых органических материалов 5 мин;

б) изоляции вторичных цепей. Производится напряжением 1 кВ. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

3. Измерение сопротивления постоянному току. Сопротивление разъемных и болтовых соединений постоянному току должно быть не более значений, приведенных в табл. 1.8.24.

4. Механические испытания. Производятся в соответствии с инструкциями завода-изготовителя. К механическим испытаниям относятся:

а) вкатывание и выкатывание выдвигаемых элементов с проверкой взаимного вхождения разъединяющих контактов, а также работы шторок, блокировок, фиксаторов и т. п.;

б) измерение контактов нажатия разъемных контактов первичной цепи;

в) проверка работы и состояния контактов заземляющего разъединителя.

### **КОМПЛЕКТНЫЕ ЭКРАНИРОВАННЫЕ ТОКОПРОВОДЫ С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ И ШИНОПРОВОДЫ**

1.8.23. Объем и нормы испытаний оборудования, присоединенного к токопроводу и шинопроводу (генератор, силовые и измерительные трансформаторы и т. п.) приведены в соответствующих параграфах настоящей главы.

Полностью смонтированные токопроводы испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

1. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Испытательное напряжение изоляции токопровода при отсоединенных обмотках генератора, силовых трансформаторов и трансформаторов напряжения устанавливается согласно табл. 1.8.25.

**Таблица 1.8.25. Испытательное напряжение промышленной частоты для изоляции токопровода**

Класс напряжения, кВ	Испытательное напряжение, кВ, токопровода с изоляцией	
	фарфоровой	смешанной (керамической и из твердых органических материалов)
6	32	28,8
10	42	37,8
15	55	49,5
20	65	58,5

Длительность приложения нормированного испытательного напряжения к токопроводу с чисто фарфоровой изоляцией 1 мин. Если изоляция токопровода содержит элементы из твердых органических материалов, продолжительность приложения испытательного напряжения 5 мин.

2. Проверка качества выполнения болтовых и сварных соединений. Выборочно проверяется затяжка болтовых соединений токопровода.

Если монтаж токопровода осуществляется в отсутствие заказчика, производится выборочная разборка 1-2 болтовых соединений токопровода с целью проверки качества выполнения контактных соединений.

Сварные соединения подвергаются осмотру в соответствии с инструкцией по сварке алюминия или при наличии соответствующей установки - контролю методом рентгено- или гаммадефектоскопии или другим рекомендованным заводом-изготовителем способом.

3. Проверка состояния изоляционных прокладок. Производится у токопроводов, кожухи которых изолированы от опорных металлоконструкций. Проверка целостности изоляционных прокладок осуществляется путем сравнительных измерений падения напряжения на изоляционных прокладках секции фазы или измерения тока, проходящего в металлоконструкциях между станинами секций.

4. Осмотр и проверка устройства искусственного охлаждения токопровода. Производится согласно инструкции завода-изготовителя.

## СБОРНЫЕ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ШИНЫ

1.8.24. Шины испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом: на напряжение до 1 кВ - по п. 1,3-5; на напряжение выше 1 кВ - по п. 2-6.

1. Измерение сопротивления изоляции. Производится мегаомметром на напряжение 1 кВ. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм.

2. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты:

а) опорных одноэлементных изоляторов. Керамические одноэлементные опорные изоляторы внутренней и наружной установок испытываются в соответствии с 1.8.32;

б) опорных многоэлементных и подвесных изоляторов. Штыревые и подвесные изоляторы испытываются согласно 1.8.32, п. 2,б.

3. Проверка качества выполнения болтовых контактных соединений шин. Производится выборочная проверка качества затяжки контактов и вскрытие 2-3% соединений. Измерение переходного сопротивления контактных соединений следует производить выборочно у сборных и соединительных шин на 1000 А и более на 2-3% соединений. Падение напряжения или сопротивление на участке шины (0,7-0,8 м) в месте контактного соединения не должно превышать падения напряжения или сопротивления участка шин той же длины и того же сечения более чем в 1,2 раза.

4. Проверка качества выполнения опрессованных контактных соединений шин. Опрессованные контактные соединения бракуются, если:

а) их геометрические размеры (длина и диаметр опрессованной части) не соответствуют требованиям инструкции по монтажу соединительных зажимов данного типа;

б) на поверхности соединителя или зажима имеются трещины, следы значительной коррозии и механических повреждений;

в) кривизна опрессованного соединителя превышает 3% его длины;

г) стальной сердечник опрессованного соединителя расположен несимметрично.

Следует произвести выборочное измерение переходного сопротивления 3-5% опрессованных контактных соединений.

Падение напряжения или сопротивление на участке соединения не должно превышать падения напряжения или сопротивления на участке провода той же длины более чем в 1,2 раза.

5. Контроль сварных контактных соединений. Сварные контактные соединения бракуются, если непосредственно после выполнения сварки будут обнаружены:

а) перегоревший провод наружного навива или нарушение сварки при перегибе соединенных проводов;

б) усадочная раковина в месте сварки глубиной более  $\frac{1}{3}$  диаметра провода.

6. Испытание проходных изоляторов. Производится в соответствии с 1.8.31.

## СУХИЕ ТОКОГРАНИЧИВАЮЩИЕ РЕАКТОРЫ

1.8.25. Сухие токоограничивающие реакторы должны быть испытаны в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

1. Измерение сопротивления изоляции обмоток относительно болтов крепления. Производится мегаомметром на напряжение 1-2,5 кВ. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм.

2. Испытание фарфоровой опорной изоляции реакторов повышенным напряжением промышленной частоты. Испытательное напряжение опорной изоляции полностью собранного реактора устанавливается согласно табл. 1.8.26.

**Таблица 1.8.26. Испытательное напряжение промышленной частоты фарфоровой опорной изоляции сухих токоограничивающих реакторов и предохранителей**

Класс напряжения реактора, кВ	3	6	10	15	20	35
Испытательное напряжение, кВ	24	32	42	55	65	95

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.



Испытание опорной изоляции сухих реакторов повышенным напряжением промышленной частоты может производиться совместно с изоляторами ошиновки ячейки.

### СТАТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕЛЕЙ

1.8.26. Комплектные статические преобразователи испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом: ионные нереверсивные - по п. 1-8, 10, 11; ионные реверсивные - по п. 1-11; полупроводниковые управляемые нереверсивные - по п. 1-4, 6-8, 10, 11; полупроводниковые управляемые реверсивные - по п. 1-4, 6-11; полупроводниковые неуправляемые - по п. 1-4, 7, 10, 11.

Настоящий параграф не распространяется на тиристорные возбудители синхронных генераторов и компенсаторов.

1. Измерение сопротивления изоляции элементов и цепей преобразователя. Следует производить в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляция узлов и цепей ионного преобразователя и преобразовательного трансформатора должна выдержать в течение 1 мин испытательное напряжение промышленной частоты. Значения испытательного напряжения приведены в табл. 1.8.27, где  $U_d$  - напряжение холостого хода преобразовательного агрегата.

**Таблица 1.8.27. Испытательное напряжение промышленной частоты  
для элементов и цепей статических преобразователей**

Испытуемые узлы и цепи преобразователя	Узлы, по отношению к которым испытывают изоляцию	Испытательное напряжение, В, для схем	
		нулевых	мостовых
<b>Преобразователи</b>			
Цепи, связанные с анодами	Заземленные детали	$2,25U_d + 3750$	$1,025U_d + 3750$
Катоды и корпуса вентилей и цепи, связанные с катодами, расположенными в шкафах	То же	$1,5U_d + 750$	$1,025U_d + 3750$
Рамы	" "	-	$1,5U_d + 750$
Вторичные обмотки вспомогательных трансформаторов и цепи, связанные с ними	Первичные обмотки вспомогательных трансформаторов и цепи, связанные с ними, а также заземленные детали	$1,5U_d + 750$	$1,025U_d + 3750$ (но не менее 2250 В)
<b>Преобразовательные трансформаторы</b>			
Вентильные обмотки и их выводы	Корпус и другие обмотки	$2,25U_d + 3750$	$1,025U_d + 3750$
Уравнительные реакторы (обмотки и выводы) и вторичные обмотки утроителей частоты	Корпус	$2,25U_d + 3750$	-
Ветви уравнительного реактора	Один по отношению к другому	$1,025U_d + 750$	-
Анодные делители (обмотки и выводы)	Корпус или заземленные детали	$2,25U_d + 3750$	$1,025U_d + 3750$

Испытательные напряжения между катодом и корпусом вентиля относятся к преобразователям с изолированным катодом.

Для встречно-параллельных схем преобразователей для электропривода и преобразователей с последовательным соединением вентилях в каждой фазе катоды и корпуса вентилях, а также цепи, связанные с катодами, должны испытываться напряжением  $2,25 U_d + 3500$ ;

б) изоляция узлов и цепей полупроводникового преобразователя (силовые цепи - корпус и силовые цепи - цепи собственных нужд) должна выдержать в течение 1 мин испытательное напряжение промышленной частоты, равное 1,8 кВ или указанное заводом-изготовителем.

Силовые цепи переменного и выпрямленного напряжения на время испытания должны быть электрически соединены между собой.

3. Проверка всех видов защит преобразователя. Пределы срабатывания защит должны соответствовать расчетным проектным данным.

4. Испытание преобразовательного трансформатора и реакторов. Производится в соответствии с 1.8.16.

5. Проверка зажигания. Зажигание должно происходить четко, без длительной пульсации системы зажигания.

6. Проверка фазировки. Фаза импульсов управления должна соответствовать фазе анодного напряжения в диапазоне регулирования.

7. Проверка системы охлаждения. Разность температур воды на входе и выходе системы охлаждения ртутного преобразователя должна соответствовать данным завода-изготовителя.

Скорость охлаждающего воздуха полупроводникового преобразователя с принудительным воздушным охлаждением должна соответствовать данным завода-изготовителя.

8. Проверка диапазона регулирования выпрямленного напряжения. Диапазон регулирования должен соответствовать данным завода-изготовителя, изменение значения выпрямленного напряжения должно происходить плавно. Снятие регулировочной характеристики производится при работе преобразователя на нагрузку не менее 0,1 номинальной. Характеристики нагрузки, применяемой при испытаниях, должны соответствовать характеристикам нагрузки, для которой предусмотрен преобразователь.

9. Измерение статического уравнивающего тока. Измерение следует производить во всем диапазоне регулирования. Уравнивающий ток не должен превосходить предусмотренного проектом.

10. Проверка работы преобразователя под нагрузкой (для регулируемых преобразователей во всем диапазоне регулирования). При этом производится проверка равномерности распределения токов по фазам и вентилям. Неравномерность не должна приводить к перегрузкам какой-либо фазы или вентиля преобразователя.

11. Проверка параллельной работы преобразователей. Должно иметь место устойчивое распределение нагрузки в соответствии с параметрами параллельно работающих выпрямительных агрегатов.

## БУМАЖНО-МАСЛЯНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

1.8.27. Бумажно-масляные конденсаторы связи, отбора мощности, делительные конденсаторы, конденсаторы продольной компенсации и конденсаторы для повышения коэффициента мощности испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом; конденсаторы для повышения коэффициента мощности напряжением ниже 1 кВ - по п. 1,4, 5; конденсаторы для повышения коэффициента мощности напряжением 1 кВ и выше - по п. 1, 2, 4, 5; конденсаторы связи, отбора мощности и делительные конденсаторы - по п. 1-4.

**Таблица 1.8.28. Наибольшее допустимое отклонение емкости конденсаторов**

Наименование или тип конденсатора	Допустимое отклонение, %
Конденсаторы для повышения коэффициента мощности напряжением:	
до 1050 В	±10
выше 1050 В	+10 -5
Конденсаторы типов:	
СМР-66/ $\sqrt{3}$ , СМР-110/ $\sqrt{3}$	+10 -5
СМР-166/ $\sqrt{3}$ , СМР-133/ $\sqrt{3}$ , ОМР-15	±5
ДМРУ-80, ДМРУ-80, ДМРУ-60, ДМРУ-55, ДМРУ-110	±10

**Таблица 1.8.29. Испытательное напряжение промышленной частоты конденсаторов для повышения коэффициента мощности**

Испытуемая изоляция	Испытательное напряжение, кВ, для конденсаторов с рабочим напряжением, кВ						
	0,22	0,38	0,50	0,66	3,15	6,30	10,50
Между обкладками	0,42	0,72	0,95	1,25	5,9	11,8	20
Относительно корпуса	2,1	2,1	2,1	5,1	5,1	15,3	21,3

**Таблица 1.8.30. Испытательное напряжение промышленной частоты для конденсаторов связи, отбора мощности и делительных конденсаторов**

Тип конденсатора	Испытательное напряжение элементов конденсатора, кВ
СМР-66/ $\sqrt{3}$	90
СМР-110/ $\sqrt{3}$	193,5
СМР-166/ $\sqrt{3}$	235,8
ОМР-15	49,5
ДМР-80, ДМРУ-80, ДМРУ-60, ДМРУ-55	144
ДМРУ-110	252

1. Измерение сопротивления изоляции. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Сопротивление изоляции между выводами и относительно корпуса конденсатора и отношение  $R_{60} / R_{15}$  не нормируются.

2. Измерение емкости. Производится при температуре 15-35°C. Измеренная емкость должна соответствовать паспортным данным с учетом погрешности измерения и приведенных в табл. 1.8.28 допусков.

**Таблица 1.8.31. Испытательное напряжение для конденсаторов продольной компенсации**

Тип конденсатора	Испытательное напряжение, кВ	
	промышленной частоты относительно корпуса	постоянного тока между обкладками конденсатора
КПМ-0,6-50-1	16,2	4,2
КПМ-0,6-25-1	16,2	4,2
КМП-1-50-1	16,2	7,0
КМП-1-50-1-1	-	7,0

3. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь. Производится для конденсаторов связи, конденсаторов отбора мощности и делительных конденсаторов. Измеренные значения тангенса угла диэлектрических потерь для конденсаторов всех типов при температуре 15-35°C не должны превышать 0,4%.

4. Испытание повышенным напряжением. Испытательные напряжения конденсаторов для повышения коэффициента мощности приведены в табл. 1.8.29; для конденсаторов связи, конденсаторов отбора мощности и делительных конденсаторов - в табл. 1.8.30 и конденсаторов продольной компенсации - в табл. 1.8.31.

Продолжительность приложения испытательного напряжения 1 мин.

При отсутствии источника тока достаточной мощности испытания повышенным напряжением промышленной частоты могут быть заменены испытанием выпрямленным напряжением удвоенного значения по отношению к указанному в табл. 1.8.29-1.8.31.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты относительно корпуса изоляции конденсаторов, предназначенных для повышения коэффициента мощности (или конденсаторов продольной компенсации) и имеющих вывод, соединенный с корпусом, не производится.

5. Испытание батареи конденсаторов трехкратным включением. Производится включением на номинальное напряжение с контролем значений токов по каждой фазе. Токи в различных фазах должны отличаться один от другого не более чем на 5%.

### ВЕНТИЛЬНЫЕ РАЗРЯДНИКИ

1.8.28. Вентильные разрядники после установки на месте монтажа испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

1. Измерение сопротивления элемента разрядника. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Сопротивление изоляции элемента не нормируется. Для оценки изоляции сопоставляются измеренные значения сопротивлений изоляции элементов одной и той же фазы разрядника; кроме того, эти значения сравниваются с сопротивлением изоляции элементов других фаз комплекта или данными завода-изготовителя.

2. Измерение тока проводимости (тока утечки). Допустимые токи проводимости (токи утечки) отдельных элементов вентильных разрядников приведены в табл. 1.8.32.

**Таблица 1.8.32. Ток проводимости (утечки) элементов вентильных разрядников**

Тип разрядника или его элементов	Выпрямленное напряжение, приложенное к элементу разрядника, кВ	Ток проводимости элемента разрядника, мкА	Верхний предел тока утечки, мкА
РВВМ-3РВВМ-6РВВМ-10	4 } 6 } 10 }	400-620	-
РВС-15РВС-20 РВС-33, РВС-35	16 } 20 } 32 }	400-620	-
РВО-35	42	70-130	-
РВМ-3	4	380-450	-
РВМ-6	6	120-220	-
РВМ-10	10	200-280	-
РВМ-15	18	500-700	-
РВМ-20	24	500-700	-
РВП-3	4	-	10
РВП-6	6	-	10
РВП-10	10	-	10
Элемент разрядников РВМГ-110, РВМГ-150, РВМГ-220, РВМГ-330, РВМГ-500	30	900-1300	-
Основной элемент разрядника серии РВМК	18	900-1300	-
Искровой элемент разрядника серии РВМК	28	900-1300	-
Основной элемент разрядников РВМК-330П, РВМК-500П	24	900-1300	-

**Таблица 1.8.33. Пробивное напряжение искровых промежутков элементов вентильных разрядников при промышленной частоте**

Тип элемента	Пробивное напряжение, кВ
Элемент разрядников РВМГ-110, РВМГ-150, РВМГ-220	59-73

Элемент разрядников РВМГ-330, РВМГ-500	60-75
Основной элемент разрядников РВМК-330, РВМК-500	40-53
Искровой элемент разрядников РВМК-330, РВМК-500, РВМК-550П	70-85
Основной элемент разрядников РВМК-500П	43-54

3. Измерение пробивных напряжений при промышленной частоте. Пробивное напряжение искровых промежутков элементов вентильных разрядников при промышленной частоте должно быть в пределах значений, указанных в табл. 1.8.33.

Измерение пробивных напряжений промышленной частоты разрядников с шунтирующими резисторами допускается производить на испытательной установке, позволяющей ограничивать ток через разрядник до 0,1 А и время приложения напряжения до 0,5 с.

### ТРУБЧАТЫЕ РАЗРЯДНИКИ

1.8.29. Трубчатые разрядники испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

1. Проверка состояния поверхности разрядника. Производится путем осмотра перед установкой разрядника на опору. Наружная поверхность разрядника не должна иметь трещин и отслоений.

2. Измерение внешнего искрового промежутка. Производится на опоре установки разрядника. Искровой промежуток не должен отличаться от заданного.

3. Проверка расположения зон выхлопа. Производится после установки разрядников. Зоны выхлопа не должны пересекаться и охватывать элементы конструкций и проводов, имеющих потенциал, отличающийся от потенциала открытого конца разрядника.

### ПРЕДОХРАНИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 кВ

1.8.30. Предохранители выше 1 кВ испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

1. Испытание опорной изоляции предохранителей повышенным напряжением промышленной частоты. Испытательное напряжение устанавливается согласно табл. 1.8.26.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин. Испытание опорной изоляции предохранителей повышенным напряжением промышленной частоты может производиться совместно с испытанием изоляторов ошиновки ячейки.

2. Проверка целостности плавких вставок и токоограничивающих резисторов и соответствия их проектным данным. Плавкие вставки и токоограничивающие резисторы должны быть калиброванными и соответствовать проектным данным. У предохранителей с кварцевым песком дополнительно проверяется целостность плавкой вставки.

### ВВОДЫ И ПРОХОДНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ

1.8.31. Вводы и проходные изоляторы испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

1. Измерение сопротивления изоляции. Производится мегаомметром на напряжение 1-2,5 кВ у вводов с бумажно-масляной изоляцией. Измеряется сопротивление изоляции измерительной и последней обкладок вводов относительно соединительной втулки. Сопротивление изоляции должно быть не менее 1000 МОм.

2. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь. Производится у вводов и проходных изоляторов с внутренней основной маслобарьерной, бумажно-масляной и бакелитовой изоляцией. Тангенс угла диэлектрических потерь вводов и проходных изоляторов не должен превышать значений, указанных в табл. 1.8.34.

У вводов и проходных изоляторов, имеющих специальный вывод к потенциометрическому устройству (ПИН), производится измерение тангенса угла диэлектрических потерь основной изоляции и изоляции измерительного конденсатора. Одновременно производится и измерение емкости.

**Таблица 1.8.34. Наибольший допустимый тангенс угла диэлектрических потерь основной изоляции и изоляции измерительного конденсатора вводов и проходных изоляторов при температуре +20°С**

Наименование объекта испытания и вид основной изоляции	Тангенс угла диэлектрических потерь, %, при номинальном напряжении, кВ					
	3-15	20-35	60-110	150-220	330	500
Маслонаполненные вводы и проходные изоляторы с изоляцией: маслобарьерной бумажно-масляной *	-	3,0	2,0	2,0	1,0	1,0
	-	-	1,0	0,8	0,7	0,5
Вводы и проходные изоляторы с бакелитовой изоляцией (в том числе маслонаполненные)	3,0	3,0	2,0	-	-	-

\* У трехзажимных вводов помимо измерения основной изоляции должен производиться и контроль изоляции отводов от регулировочной обмотки. Тангенс угла диэлектрических потерь изоляции отводов должен быть не более 2,5%.

Браковочные нормы по тангенсу угла диэлектрических потерь для изоляции измерительного конденсатора те же, что и для основной изоляции.

У вводов, имеющих измерительный вывод от обкладки последних слоев изоляции (для измерения угла диэлектрических потерь), рекомендуется измерять тангенс угла диэлектрических потерь этой изоляции.

Измерение тангенса угла диэлектрических потерь производится при напряжении 3 кВ.

Для оценки состояния последних слоев бумажно-масляной изоляции вводов и проходных изоляторов можно ориентироваться на средние опытные значения тангенса угла диэлектрических потерь: для вводов 110-115 кВ - 3%; для вводов 220 кВ - 2% и для вводов 330-500 кВ - предельные значения тангенса угла диэлектрических потерь, принятые для основной изоляции.

**Таблица 1.8.35. Испытательное напряжение промышленной частоты вводов и проходных изоляторов**

Номинальное напряжение, кВ	Испытательное напряжение, кВ		
	Керамические изоляторы, испытываемые отдельно	Аппаратные вводы и проходные изоляторы с основной керамической или жидкой изоляцией	Аппаратные вводы и проходные изоляторы с основной бакелитовой изоляцией
3	25	24	21,6
6	32	32	28,8
10	42	42	37,8
15	57	55	49,5
20	68	65	58,5
35	100	95	85,5

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты.

Испытание является обязательным для вводов и проходных изоляторов на напряжении до 35 кВ.

Испытательное напряжение для проходных изоляторов и вводов, испытываемых отдельно или после установки в распределительном устройстве на масляный выключатель и т. п., принимается согласно табл. 1.8.35.

Испытание вводов, установленных на силовых трансформаторах, следует производить совместно с испытанием обмоток последних по нормам, принятым для силовых трансформаторов (см. табл. 1.8.11).

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения для вводов и проходных изоляторов с основной керамической, жидкой или бумажно-масляной изоляцией 1 мин, а с основной изоляцией из бакелита или других твердых органических материалов 5 мин.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения для вводов, испытываемых совместно с обмотками трансформаторов, 1 мин.

Ввод считается выдержавшим испытание, если при этом не наблюдалось пробоя, перекрытия, скользящих разрядов и частичных разрядов в масле (у маслonaполненных вводов), выделений газа, а также если после испытания не обнаружено местного перегрева изоляции.

4. Проверка качества уплотнений вводов. Производится для негерметичных маслonaполненных вводов напряжением 110-500 кВ с бумажно-масляной изоляцией путем создания в них избыточного давления масла 98 кПа (1 кгс/см<sup>2</sup>). Продолжительность испытания 30 мин. При испытании не должно наблюдаться признаков течи масла.

5. Испытание трансформаторного масла из маслonaполненных вводов. Для вновь заливаемых вводов масло должно испытываться в соответствии с 1.8.33.

После монтажа производится испытание залитого масла по показателям п. 1-6 табл. 1.8.38, а для вводов, имеющих повышенный тангенс угла диэлектрических потерь, и вводов напряжением 220 кВ и выше, кроме того, измерение тангенса угла диэлектрических потерь масла. Значения показателей должны быть не хуже приведенных в табл. 1.8.38, а значения тангенса угла диэлектрических потерь - не более приведенных в табл. 1.8.36.

**Таблица 1.8.36. Наибольший допустимый тангенс угла диэлектрических потерь масла в маслonaполненных вводах при температуре +70 °С**

Конструкция ввода	Тангенс угла диэлектрических потерь, % для напряжения вводов, кВ			
	110-220		330-500	
	Масло марки Т-750	Масло прочих марок	Масло марки Т-750	Масло прочих марок
Маслобарьерный	-	7	-	7
Бумажно-масляной:				
негерметичный	5	7	3	5
герметичный	5	7	3	5

## ФАРФОРОВЫЕ ПОДВЕСНЫЕ И ОПОРНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ

1.8.32. Фарфоровые подвесные и опорные изоляторы испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

Для опорно-стержневых изоляторов испытание повышенным напряжением промышленной частоты не обязательно.

Электрические испытания стеклянных подвесных изоляторов не производятся. Контроль их состояния осуществляется путем внешнего осмотра.

1. Измерение сопротивления изоляции подвесных и многоэлементных изоляторов. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ только при положительных температурах окружающего воздуха. Проверку изоляторов следует производить непосредственно перед их установкой в распределительных устройствах и на линиях электропередачи. Сопротивление изоляции каждого подвесного изолятора или каждого элемента штыревого изолятора должно быть не менее 300 МОм.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) опорных одноэлементных изоляторов. Для этих изоляторов внутренней и наружной установок значения испытательного напряжения приводятся в табл. 1.8.37.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин;

б) опорных многоэлементных и подвесных изоляторов. Вновь устанавливаемые штыревые и подвесные изоляторы следует испытывать напряжением 50 кВ, прикладываемым к каждому элементу изолятора.

**Таблица 1.8.37. Испытательное напряжение опорных одноэлементных изоляторов**

Испытуемые изоляторы	Испытательное напряжение, кВ, для номинального напряжения электроустановки, кВ					
	3	6	10	15	20	35
Изоляторы, испытываемые отдельно	25	32	42	57	68	100

Изоляторы, установленные в цепях шин и аппаратов	24	32	42	55	65	95
--	----	----	----	----	----	----

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения для изоляторов, у которых основной изоляцией являются твердые органические материалы, 5 мин, для керамических изоляторов - 1 мин.

### **ТРАНСФОРМАТОРНОЕ МАСЛО**

1.8.33. Трансформаторное масло на месте монтажа оборудования испытывается в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

1. Анализ масла перед заливкой в оборудование. Каждая партия свежего, поступившего с завода трансформаторного масла должна перед заливкой в оборудование подвергаться однократным испытаниям по показателям, приведенным в табл. 1.8.38, кроме п. 3. Значения показателей, полученные при испытаниях, должны быть не хуже приведенных в табл. 1.8.38.



**Таблица 1.8.38. Предельные допустимые значения показателей качества трансформаторного масла**

Показатель качества масла	Свежее сухое масло перед заливкой в оборудование				Масло непосредственно после заливки в оборудование			
	по ГОСТ 982-80* марки ТК <sup>п</sup>	по ГОСТ 10121-76*	по ТУ 38-1-182-68	по ТУ 38-1-239-69	по ГОСТ 982-80* марки ТК	по ГОСТ 10121-76*	по ТУ 38-1-182-68	по ТУ 38-1-239-69
1. Электрическая прочность масла, кВ, определяемая в стандартном сосуде, для трансформаторов и изоляторов напряжением:					п			
до 15 кВ	30	30	30	-	25	25	25	-
выше 15 до 35 кВ	35	35	35	-	30	30	30	-
от 60 до 220 кВ	45	45	45	-	40	40	40	-
от 330 до 500 кВ	55	-	55	55	50	50	50	50
2. Содержание механических примесей				Отсутствие (визуально)				
3. Содержание взвешенного угля в трансформаторах и выключателях				Отсутствие				
4. Кислотное число, мг КОН на 1 г масла, не более	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01
5. Реакция водной вытяжки				Нейтральная				
6. Температура вспышки, °С, не ниже	135	150	135	135	135	150	135	135
7. Кинематическая вязкость, $1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ , не более:								
при 20°С	-	28	30	-	-	-	-	-
при 50°С	9,0	9,0	9,0	9,0	-	-	-	-
8. Температура застывания, °С, не выше <sup>1</sup>	-45	-45	-45	-53	-	-	-	-
9. Натровая проба, баллы, не более	1	1	1	1	-	-	-	-
10. Прозрачность при +5°С				Прозрачно				
11. Общая стабильность против окисления (по ГОСТ 981-75*):								
количество осадка послеокисления, %, не более	0,01	Отсутствие	0,03	Отсутствие	-	-	-	-
кислотное число окисленного масла, мг КОН на 1 г масла, не более	0,1	0,1	0,03	0,03	-	-	-	-
12. Тангенс угла диэлектрических потерь, %, не более <sup>2</sup> :								
при 20°С	0,2	0,2	0,05	-	0,4	0,4	0,1	-
при 70°С	1,5	2,0	0,7	0,3	2,0	2,5	1,0	0,5
при 90°С	-	-	1,5	0,5	-	-	2,0	0,7

<sup>1</sup> Проверка не обязательна для трансформаторов, установленных в районах с умеренным климатом.

<sup>2</sup> Нормы тангенса угла диэлектрических потерь масла в маслonaполненных вводах см. в табл. 1.8.36

Масла, изготовленные по техническим условиям, не указанным в табл. 1.8.38, должны подвергаться испытаниям по тем же показателям, но нормы испытаний следует принимать в соответствии с техническими условиями на эти масла.

2. Анализ масла перед включением оборудования. Масло, отбираемое из оборудования перед его включением под напряжением после монтажа, подвергается сокращенному анализу в объеме, предусмотренном в п. 1-6 табл. 1.8.38, а для оборудования 110 кВ и выше, кроме того, по п. 12, табл. 1.8.38.

3. Испытание масла из аппаратов на стабильность при его смешивании. При заливке в аппараты свежих кондиционных масел разных марок смесь проверяется на стабильность в пропорциях смешения, при этом стабильность смеси должна быть не хуже стабильности одного из смешиваемых масел, обладающего наименьшей стабильностью. Проверка стабильности смеси масел производится только в случае смешения ингибированного и неингибированного масел.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ, ВТОРИЧНЫЕ ЦЕПИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ

1.8.34. Электрические аппараты и вторичные цепи схем защит, управления, сигнализации и измерения испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом. Электропроводки напряжением до 1 кВ от распределительных пунктов до электроприемников испытываются по п. 1.

1. Измерение сопротивления изоляции. Сопротивление изоляции должно быть не менее значений, приведенных в табл. 1.8.39.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Испытательное напряжение для вторичных цепей схем защиты, управления, сигнализации и измерения со всеми присоединительными аппаратами (автоматические выключатели, магнитные пускатели, контакторы, реле, приборы и т. п.) 1 кВ. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

3. Проверка действия максимальных, минимальных или независимых расцепителей автоматических выключателей. Производится у автоматических выключателей с номинальным током 200 А и более. Пределы действия расцепителей должны соответствовать заводским данным.

4. Проверка работы автоматических выключателей и контакторов при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока. Значения напряжения и количество операций при испытании автоматических выключателей и контакторов многократными включениями и отключениями приведены в табл. 1.8.40.

5. Проверка релейной аппаратуры. Проверка реле защиты, управления, автоматики и сигнализации и других устройств производится в соответствии с действующими инструкциями. Пределы срабатывания реле на рабочих уставках должны соответствовать расчетным данным.

6. Проверка правильности функционирования полностью собранных схем при различных значениях оперативного тока. Все элементы схем должны надежно функционировать в предусмотренной проектом последовательности при значениях оперативного тока, приведенных в табл. 1.8.41.

**Таблица 1.8.39. Наименьшее допустимое сопротивление изоляции аппаратов, вторичных цепей и электропроводки до 1 кВ**

Испытуемый объект	Напряжение мегаомметра, В	Сопротивление изоляции, МОм	Примечание
Вторичные цепи управления, защиты, измерения, сигнализации и т. п. в электроустановках напряжением выше 1 кВ: шинки оперативного тока и шинки цепей напряжения на щите управления каждое присоединение вторичных цепей и цепей	500-1000	10	Испытания производятся при отсоединенных цепях Испытания производятся со всеми присоединенными
	500-1000	1	

питания приводов выключателей и разъединителей			аппаратами (обмотки приводов, контакторы, реле, приборы, вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения и т. п.)
Вторичные цепи управления, защиты, сигнализации в релейно-контакторных схемах установок напряжением до 1 кВ	500-1000	0,5	Испытания производятся со всеми присоединенными аппаратами (магнитные пускатели, контакторы, реле, приборы и т. п.)
Цепи бесконтактных схем системы регулирования и управления, а также присоединенные к ним элементы	По данным завода-изготовителя		-
Цепи управления, защиты и возбуждения машин постоянного тока напряжением до 1,1 кВ, присоединенных к цепям главного тока	500-1000	1	-
Силовые и осветительные электропроводки	1000	0,5	Испытания в осветительных проводках производятся до вворачивания ламп с присоединением нулевого провода к корпусу светильника. Изоляция измеряется между проводами и относительно земли
Распределительные устройства, щиты и токопроводы напряжением до 1 кВ	500-1000	0,5	Испытания производятся для каждой секции распределительного устройства

**Таблица 1.8.40. Испытание контакторов и автоматических выключателей многократными включениями и отключениями**

Операция	Напряжение оперативного тока, % номинального	Количество операций
Включение	90	5
Включение и отключение	100	5
Отключение	80	10

**Таблица 1.8.41. Напряжение оперативного тока, при котором должно обеспечиваться нормальное функционирование схем**

Испытуемый объект	Напряжение оперативного тока, % номинального	Примечание
Схемы защиты и сигнализации в установках напряжением выше 1 кВ	80, 100	-
Схемы управления в установках напряжением выше 1 кВ:		
испытание на включение	90, 100	-
то же, но на отключение	80, 100	-
Релейно-контакторные схемы в установках напряжением до 1 кВ	90, 100	Для простых схем кнопка - магнитный пускатель проверка

Бесконтактные схемы на логических элементах	85, 100, 110	работы на пониженном напряжении не производится Изменение напряжения производится на входе в блок питания
---	--------------	--

### АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

1.8.35. Законченная монтажом аккумуляторная батарея испытывается в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

1. Измерение сопротивления изоляции. Измерение производится вольтметром (внутреннее сопротивление вольтметра должно быть точно известно, класс не ниже 1).

При полностью снятой нагрузке должно быть измерено напряжение батареи на зажимах и между каждым из зажимов и землей.

Сопротивление изоляции  $R_x$  вычисляется по формуле

$$R_x = R_q \left( \frac{U}{U_1 + U_2} - 1 \right),$$

где  $R_q$  - внутреннее сопротивление вольтметра;  $U$  - напряжение на зажимах батареи;  $U_1$  и  $U_2$  - напряжения между положительным зажимом и землей и отрицательным зажимом и землей.

Сопротивление изоляции батареи должно быть не менее указанного ниже:

Номинальное напряжение, В	24	48	110	220
Сопротивление, кОм	14	25	50	100

2. Проверка емкости отформованной аккумуляторной батареи. Полностью заряженные аккумуляторы разряжают током 3- или 10-часового режима.

Емкость аккумуляторной батареи, приведенная к температуре +25°C, должна соответствовать данным завода-изготовителя.

3. Проверка плотности температуры электролита. Плотность и температура электролита каждого элемента в конце заряда и разряда батареи должны соответствовать данным завода-изготовителя. Температура электролита при заряде должна быть не выше +40°C.

4. Химический анализ электролита. Электролит для заливки кислотных аккумуляторных батарей должен готовиться из серной аккумуляторной кислоты сорта А по ГОСТ 667-73\* и дистиллированной воды по ГОСТ 6709-72.

Содержание примесей и нелетучего остатка в разведенном электролите не должно превышать значений, приведенных ниже.

Прозрачность	Прозрачная
Окраска согласно колориметрическому определению, мл	0,6
Плотность, т/м <sup>3</sup> , при 20°C	1,18
Содержание, %:	
моногодрата	24,8
железа	0,006
мышьяка	0,00005
марганца	0,00005
хлора	0,0005
окислов азота	0,00005
Нелетучий остаток, %	0,3
Реакция на металлы, осаждаемые сероводородом	Выдерживает испытание по ГОСТ 667-73, п. 19
Вещества, восстанавливающие марганцовокислый калий	Выдерживает испытание по ГОСТ 667-73, п. 18

5. Измерение напряжения на элементах. Напряжение отстающих элементов в конце разряда не должно отличаться более чем на 1-1,5% от среднего напряжения остальных элементов, а количество отстающих элементов должно быть не более 5% их общего количества в батарее.

## ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

1.8.36. Заземляющие устройства испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

1. Проверка элементов заземляющего устройства. Ее следует производить путем осмотра элементов заземляющего устройства в пределах доступности осмотра. Сечения и проводимости элементов заземляющего устройства должны соответствовать требованиям настоящих Правил и проектным данным.

2. Проверка цепи между заземлителями и заземляющими элементами. Следует проверить сечения, целость и прочность проводников заземления и зануления, их соединений и присоединений. Не должно быть обрывов и видимых дефектов в заземляющих проводниках, соединяющих аппараты с контуром заземления. Надежность сварки проверяется ударом молотка.

3. Проверка состояния пробивных предохранителей в электроустановках до 1 кВ. Пробивные предохранители должны быть исправны и соответствовать номинальному напряжению электроустановки.

4. Проверка цепи фаза - нуль в электроустановках до 1 кВ с глухим заземлением нейтрали. Проверку следует производить одним из способов: непосредственным измерением тока однофазного замыкания на корпус или провод с помощью специальных приборов; измерением полного сопротивления петли фаза - нуль с последующим вычислением тока однофазного замыкания.

Ток однофазного замыкания на корпус или нулевой провод должен обеспечивать надежное срабатывание защиты с учетом коэффициентов, приведенных в соответствующих главах настоящих Правил.

5. Измерение сопротивления заземляющих устройств. Значения сопротивления должны удовлетворять значениям, приведенным в соответствующих главах настоящих Правил.

## СИЛОВЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ

1.8.37. Силовые кабельные линии напряжением до 1 кВ испытываются по п. 1, 2, 7, 13, напряжением выше 1 кВ и до 35 кВ - по п. 1-3, 6, 7, 11, 13, напряжением 110 кВ и выше - в полном объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

1. Проверка целости и фазировки жил кабеля. Проверяются целость и совпадение обозначений фаз подключаемых жил кабеля.

2. Измерение сопротивления изоляции. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Для силовых кабелей до 1 кВ сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм. Для силовых кабелей выше 1 кВ сопротивление изоляции не нормируется. Измерение следует производить до и после испытания кабеля повышенным напряжением.

3. Испытание повышенным напряжением выпрямленного тока. Силовые кабели выше 1 кВ испытываются повышенным напряжением выпрямленного тока.

Значения испытательного напряжения и длительность приложения нормированного испытательного напряжения приведены в табл. 1.8.42.

**Таблица 1.8.42. Испытательное напряжение выпрямленного тока для силовых кабелей**

Изоляция и марка кабеля	Испытательное напряжение, кВ, для кабелей на рабочее напряжение, кВ								Продолжительность испытания, мин
	2	3	6	10	20	35	110	220	
Бумажная	12	18	36	60	100	175	300	450	10
Резиновая марок ГТШ, КШЭ, КШВГ, КШВГЛ, КШБГД	-	6	12	-	-	-	-	-	5
Пластмассовая	-	15	-	-	-	-	-	-	10

В процессе испытания повышенным напряжением выпрямленного тока обращается внимание на характер изменения тока утечки.

Кабель считается выдержавшим испытания, если не произошло пробоя, не было скользящих разрядов и толчков тока утечки или его нарастания после того, как он достиг установившегося значения.

4. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Допускается производить для линий 110-220 кВ взамен испытания выпрямленным током; значение испытательного напряжения: для линий 110 кВ-220 кВ (130 кВ по отношению к земле); для линий 220 кВ-500 кВ (288 кВ по отношению к земле). Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 5 мин.

5. Определение активного сопротивления жил. Производится для линий 35 кВ и выше. Активное сопротивление жил кабельной линии постоянному току, приведенное к  $1 \text{ мм}^2$  сечения, 1 м длины и температуре  $+20^\circ\text{C}$ , должно быть не более 0,0179 Ом для медной жилы и не более 0,0294 Ом для алюминиевой жилы.

6. Определение электрической рабочей емкости жил. Производится для линий 35 кВ и выше. Измеренная емкость, приведенная к удельным величинам, не должна отличаться от результатов заводских испытаний более чем на 5%.

7. Измерение распределения тока по одножильным кабелям. Неравномерность в распределении токов на кабелях не должна быть более 10%.

8. Проверка защиты от блуждающих токов. Производится проверка действия установленных катодных защит.

9. Испытание на наличие нерастворенного воздуха (пропиточное испытание). Производится для маслonaполненных кабельных линий 110-220 кВ. Содержание нерастворенного воздуха в масле должно быть не более 0,1%.

10. Испытание подпитывающих агрегатов и автоматического подогрева концевых муфт. Производится для маслonaполненных кабельных линий 110-220 кВ.

**Таблица 1.8.43. Предельные значения показателей качества масла кабельных линий**

Показатель масла	Нормы для масла марки	
	С-220	МН-3
Электрическая прочность, кВ/см, не менее	180	180
Тангенс угла диэлектрических потерь при $+100^\circ\text{C}$ , %, не более	0,005	0,008
Кислотное число, мг КОН на 1 г масла, не более	0,02	0,02
Степень дегазации, %, не более	0,5	1,0

11. Контроль состояния антикоррозийного покрытия. Производится для стального трубопровода маслonaполненных кабельных линий 110-220 кВ.

12. Проверка характеристик масла. Производится для маслonaполненных кабельных линий 110-220 кВ. Отбор проб следует производить из всех элементов линии. Пробы масла марки С-220, отбираемые через 3 сут. после заливки, должны удовлетворять требованиям табл. 1.8.43.

Пробы масла марки МН-3, отбираемые из линий низкого и высокого давления через 5 сут. после заливки, должны удовлетворять требованиям табл. 1.8.43.

13. Измерение сопротивления заземления. Производится на линиях всех напряжений для концевых заделок, а на линиях 110-220 кВ, кроме того, для металлических конструкций кабельных колодцев и подпиточных пунктов.

## **ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 кВ**

1.8.38. Воздушные линии электропередачи испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

1. Проверка изоляторов. Производится согласно 1.8.32.

2. Проверка соединений проводов. Ее следует производить путем внешнего осмотра и измерения падения напряжения или сопротивления. Опрессованные соединения проводов бракуются, если:

стальной сердечник расположен несимметрично;  
геометрические размеры (длина и диаметр опрессованной части) не соответствуют требованиям инструкции по монтажу соединительных зажимов данного типа;

на поверхности соединителя или зажима имеются трещины, следы значительной коррозии и механических повреждений;

падение напряжения или сопротивление на участке соединения (соединителя) более чем в 1,2 раза превышает падение напряжения или сопротивление на участке провода той же длины (испытание проводится выборочно на 5-10% соединителей);

кривизна опрессованного соединителя превышает 3% его длины, стальной сердечник опрессованного соединителя расположен несимметрично.

Сварные соединения бракуются, если:

произошел пережог повива наружного провода или обнаружено нарушение сварки при перегибе соединенных проводов;

усадочная раковина в месте сварки имеет глубину более 1/3 диаметра провода, а для сталалюминиевых проводов сечением 150-600 мм<sup>2</sup> - более 6 мм;

падение напряжения или сопротивление превышает более чем в 1,2 раза падение напряжения или сопротивление на участке провода такой же длины.

3. Измерение сопротивления заземления опор, их оттяжек и тросов. Производится в соответствии с 1.8.36.

## Глава 1.9 ИЗОЛЯЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

### УТВЕРЖДЕНО

Министерством энергетики  
Российской Федерации

Приказ от 8 июля 2002 г. № 204

*Вводится в действие  
с 1 января 2003 г.*

### Область применения. Определения

1.9.1. Настоящая глава распространяется на выбор изоляции электроустановок переменного тока на номинальное напряжение 6-750 кВ.

1.9.2. Длина пути утечки изоляции (изолятора) или составной изоляционной конструкции ( $L$ ) - наименьшее расстояние по поверхности изоляционной детали между металлическими частями разного потенциала.

1.9.3. Эффективная длина пути утечки - часть длины пути утечки, определяющая электрическую прочность изолятора или изоляционной конструкции в условиях загрязнения и увлажнения.

Удельная эффективная длина пути утечки ( $\lambda_s$ ) - отношение эффективной длины пути утечки к наибольшему рабочему межфазному напряжению сети, в которой работает электроустановка.

1.9.4. Коэффициент использования длины пути утечки ( $k$ ) - поправочный коэффициент, учитывающий эффективность использования длины пути утечки изолятора или изоляционной конструкции.

1.9.5. Степень загрязнения (СЗ) - показатель, учитывающий влияние загрязненности атмосферы на снижение электрической прочности изоляции электроустановок.

1.9.6. Карта степеней загрязнения (КСЗ) - географическая карта, районирующая территорию по СЗ.

### Общие требования

1.9.7. Выбор изоляторов или изоляционных конструкций из стекла и фарфора должен производиться по удельной эффективной длине пути утечки в зависимости от СЗ в месте расположения электроустановки и ее номинального напряжения. Выбор изоляторов или изоляционных конструкций из стекла и фарфора может производиться также по разрядным характеристикам в загрязненном и увлажненном состоянии.

Выбор полимерных изоляторов или конструкций в зависимости от СЗ и номинального напряжения электроустановки должен производиться по разрядным характеристикам в загрязненном и увлажненном состоянии.

1.9.8. Определение СЗ должно производиться в зависимости от характеристик источников загрязнения и расстояния от них до электроустановки (табл. 1.9.3-1.9.18). В случаях, когда использование табл. 1.9.3-1.9.18 по тем или иным причинам невозможно, определение СЗ следует производить по КСЗ.

Вблизи промышленных комплексов, а также в районах с наложением загрязнений от крупных промышленных предприятий, ТЭС и источников увлажнения с высокой электрической проводимостью определение СЗ, как правило, должно производиться по КСЗ.

1.9.9. Длина пути утечки  $L$  (см) изоляторов и изоляционных конструкций из стекла и фарфора должна определяться по формуле

$$L = \lambda_3 \cdot U \cdot k,$$

где  $\lambda_3$  — удельная эффективная длина пути утечки по табл. 1.9.1, см/кВ;

$U$  — наибольшее рабочее междуфазное напряжение, кВ (по ГОСТ 721);

$k$  — коэффициент использования длины пути утечки (1.9.44-1.9.53).

### Изоляция ВЛ

1.9.10. Удельная эффективная длина пути утечки поддерживающих гирлянд изоляторов и штыревых изоляторов ВЛ на металлических и железобетонных опорах в зависимости от СЗ и номинального напряжения (на высоте до 1000 м над уровнем моря) должна приниматься по табл. 1.9.1.

Таблица 1.9.1

**Удельная эффективная длина пути утечки поддерживающих гирлянд изоляторов и штыревых изоляторов ВЛ на металлических и железобетонных опорах, внешней изоляции электрооборудования и изоляторов ОРУ**

Степень загрязнения	$\lambda_3$ , см/кВ (не менее), при номинальном напряжении, кВ	
	до 35 включительно	110-750
1	1,90	1,60
2	2,35	2,00
3	3,00	2,50
4	3,50	3,10

Удельная эффективная длина пути утечки поддерживающих гирлянд и штыревых изоляторов ВЛ на высоте более 1000 м над уровнем моря должна быть увеличена по сравнению с нормированной в табл. 1.9.1:

от 1000 до 2000 м - на 5 %;

от 2000 до 3000 м - на 10 %;

от 3000 до 4000 м - на 15 %.

1.9.11. Изоляционные расстояния по воздуху от токоведущих до заземленных частей опор должны соответствовать требованиям гл. 2.5.

1.9.12. Количество подвесных тарельчатых изоляторов в поддерживающих гирляндах и в последовательной цепи гирлянд специальной конструкции (V-образных,  $\Lambda$ -образных,  $\sphericalangle$ -образных,  $\Upsilon$ -образных и др., составленных из изоляторов одного типа) для ВЛ на металлических и железобетонных опорах должно определяться по формуле

$$m = \frac{L}{L_{и}},$$

где  $L_{и}$  — длина пути утечки одного изолятора по стандарту или техническим условиям на изолятор конкретного типа, см. Если расчет  $m$  не дает целого числа, то выбирают следующее целое число.

1.9.13. На ВЛ напряжением 6-20 кВ с металлическими и железобетонными опорами количество подвесных тарельчатых изоляторов в поддерживающих и натяжных гирляндах должно определяться по 1.9.12 и независимо от материала опор должно составлять не менее двух.



На ВЛ напряжением 35-110 кВ с металлическими, железобетонными и деревянными опорами с заземленными креплениями гирлянд количество тарельчатых изоляторов в натяжных гирляндах всех типов в районах с 1-2-й СЗ следует увеличивать на один изолятор в каждой гирлянде по сравнению с количеством, полученным по 1.9.12.

На ВЛ напряжением 150-750 кВ на металлических и железобетонных опорах количество тарельчатых изоляторов в натяжных гирляндах должно определяться по 1.9.12.

1.9.14. На ВЛ напряжением 35-220 кВ с деревянными опорами в районах с 1-2-й СЗ количество подвесных тарельчатых изоляторов из стекла или фарфора допускается принимать на 1 меньше, чем для ВЛ на металлических или железобетонных опорах.

На ВЛ напряжением 6-20 кВ с деревянными опорами или деревянными траверсами на металлических и железобетонных опорах в районах с 1-2-й СЗ удельная эффективная длина пути утечки изоляторов должна быть не менее 1,5 см/кВ.

1.9.15. В гирляндах опор больших переходов должно предусматриваться по одному дополнительному тарельчатому изолятору из стекла или фарфора на каждые 10 м превышения высоты опоры сверх 50 м по отношению к количеству изоляторов нормального исполнения, определенному для одноцепных гирлянд при  $\lambda_3 = 1,9$  см/кВ для ВЛ напряжением 6-35 кВ и  $\lambda_3 = 1,4$  см/кВ для ВЛ напряжением 110-750 кВ. При этом количество изоляторов в гирляндах этих опор должно быть не менее требуемого по условиям загрязнения в районе перехода.

1.9.16. В гирляндах тарельчатых изоляторов из стекла или фарфора, подвешенных на высоте более 100 м, должны предусматриваться сверх определенного в соответствии с 1.9.12 и 1.9.15 два дополнительных изолятора.

1.9.17. Выбор изоляции ВЛ с изолированными проводами должен производиться в соответствии с 1.9.10-1.9.16.

#### **Внешняя стеклянная и фарфоровая изоляция электрооборудования и ОРУ**

1.9.18. Удельная эффективная длина пути утечки внешней фарфоровой изоляции электрооборудования и изоляторов ОРУ напряжением 6-750 кВ, а также наружной части вводов ЗРУ в зависимости от СЗ и номинального напряжения (на высоте до 1000 м над уровнем моря) должна приниматься по табл. 1.9.1.

Удельная эффективная длина пути утечки внешней изоляции электрооборудования и изоляторов ОРУ напряжением 6-220 кВ, расположенных на высоте более 1000 м, должна приниматься: на высоте до 2000 м - по табл. 1.9.1, а на высоте от 2000 до 3000 м - на одну степень загрязнения выше по сравнению с нормированной.

1.9.19. При выборе изоляции ОРУ изоляционные расстояния по воздуху от токоведущих частей ОРУ до заземленных конструкций должны соответствовать требованиям гл. 4.2.

1.9.20. В натяжных и поддерживающих гирляндах ОРУ число тарельчатых изоляторов следует определять по 1.9.12-1.9.13 с добавлением в каждую цепь гирлянды напряжением 110-150 кВ - одного, 220-330 кВ - двух, 500 кВ - трех, 750 кВ - четырех изоляторов.

1.9.21. При отсутствии электрооборудования, удовлетворяющего требованиям табл. 1.9.1 для районов с 3-4-й СЗ, необходимо применять оборудование, изоляторы и вводы на более высокие номинальные напряжения с изоляцией, удовлетворяющей табл. 1.9.1.

1.9.22. В районах с условиями загрязнения, превышающими 4-ю СЗ, как правило, следует предусматривать сооружение ЗРУ.

1.9.23. ОРУ напряжением 500-750 кВ и, как правило, ОРУ напряжением 110-330 кВ с большим количеством присоединений не должны располагаться в зонах с 3-4-й СЗ.

1.9.24. Удельная эффективная длина пути утечки внешней изоляции электрооборудования и изоляторов в ЗРУ напряжением 110 кВ и выше должна быть не менее 1,2 см/кВ в районах с 1-й СЗ и не менее 1,5 см/кВ в районах с 2-4-й СЗ.

1.9.25. В районах с 1-3-й СЗ должны применяться КРУН и КТП с изоляцией по табл. 1.9.1. В районах с 4-й СЗ допускается применение только КРУН и КТП с изоляторами специального исполнения.

1.9.26. Изоляторы гибких и жестких наружных открытых токопроводов должны выбираться с удельной эффективной длиной пути утечки по табл. 1.9.1:  $\lambda_3 = 1,9$  см/кВ на номинальное напряжение 20 кВ для токопроводов 10 кВ в районах с 1-3-й СЗ;  $\lambda_3 = 3,0$  см/кВ на номинальное напряжение 20 кВ для токопроводов 10 кВ в районах с 4-й СЗ;  $\lambda_3 = 2,0$  см/кВ на номинальное напряжение 35 кВ для токопроводов 13,8-24 кВ в районах с 1-4-й СЗ.

#### **Выбор изоляции по разрядным характеристикам**

1.9.27. Гирлянды ВЛ напряжением 6-750 кВ, внешняя изоляция электрооборудования и изоляторы ОРУ напряжением 6-750 кВ должны иметь 50%-ные разрядные напряжения промышленной частоты в загрязненном и увлажненном состоянии не ниже значений, приведенных в табл. 1.9.2.

Удельная поверхностная проводимость слоя загрязнения должна приниматься (не менее):  
для 1-й СЗ - 5 мкСм, 2-й СЗ - 10 мкСм, 3-й СЗ - 20 мкСм, 4-й СЗ – 30 мкСм.

Таблица 1.9.2

**50%-ные разрядные напряжения гирлянд ВЛ 6-750 кВ, внешней изоляции электрооборудования и изоляторов ОРУ 6-750 кВ в загрязненном и увлажненном состоянии**

Номинальное напряжение электроустановки, кВ	50%-ные разрядные напряжения, кВ (действующие значения)
6	8
10	13
35	42
110	110
150	150
220	220
330	315
500	460
750	685

**Определение степени загрязнения**

1.9.28. В районах, не попадающих в зону влияния промышленных источников загрязнения (леса, тундра, лесотундра, луга), может применяться изоляция с меньшей удельной эффективной длиной пути утечки, чем нормированная в табл. 1.9.1 для 1-й СЗ.

1.9.29. К районам с 1-й СЗ относятся территории, не попадающие в зону влияния источников промышленных и природных загрязнений (болота, высокогорные районы, районы со слабозасоленными почвами, сельскохозяйственные районы).

1.9.30. В промышленных районах при наличии обосновывающих данных может применяться изоляция с большей удельной эффективной длиной пути утечки, чем нормированная в табл. 1.9.1 для 4-й СЗ.

1.9.31. Степень загрязнения вблизи промышленных предприятий должна определяться по табл. 1.9.3-1.9.12 в зависимости от вида и расчетного объема выпускаемой продукции и расстояния до источника загрязнений.

Расчетный объем продукции, выпускаемой промышленным предприятием, определяется суммированием всех видов продукции. СЗ в зоне уносов действующего или сооружаемого предприятия должна определяться по наибольшему годовому объему продукции с учетом перспективного плана развития предприятия (не более чем на 10 лет вперед).

1.9.32. Степень загрязнения вблизи ТЭС и промышленных котельных должна определяться по табл. 1.9.13 в зависимости от вида топлива, мощности станции и высоты дымовых труб.

1.9.33. При отсчете расстояний по табл. 1.9.3-1.9.13 границей источника загрязнения является кривая, огибающая все места выбросов в атмосферу на данном предприятии (ТЭС).

1.9.34. В случае превышения объема выпускаемой продукции и мощности ТЭС, по сравнению с указанными в табл. 1.9.3-1.9.13, следует увеличивать СЗ не менее чем на одну ступень.

1.9.35. Объем выпускаемой продукции при наличии на одном предприятии нескольких источников загрязнения (цехов) должен определяться суммированием объемов продукции отдельных цехов. Если источник выброса загрязняющих веществ отдельных производств (цехов) отстоит от других источников выброса предприятия больше чем на 1000 м, годовой объем продукции должен определяться для этих производств и остальной части предприятия отдельно. В этом случае расчетная СЗ должна определяться согласно 1.9.43.

1.9.36. Если на одном промышленном предприятии выпускается продукция нескольких отраслей (или подотраслей) промышленности, указанных в табл. 1.9.3-1.9.12, то СЗ следует определять согласно 1.9.43.

1.9.37. Границы зоны с данной СЗ следует корректировать с учетом розы ветров по формуле

$$S = S_0 \frac{W}{W_0},$$

где  $S$  - расстояние от границы источника загрязнения до границы района с данной СЗ, скорректированное с учетом розы ветров, м;

$S_0$  - нормированное расстояние от границы источника загрязнения до границы района с данной СЗ при круговой розе ветров, м;

$W$  — среднегодовая повторяемость ветров рассматриваемого румба, %;

$W_0$  — повторяемость ветров одного румба при круговой розе ветров, %.

Значения  $S/S_0$  должны ограничиваться пределами  $0,5 \leq S/S_0 \leq 2$ .

1.9.38. Степень загрязнения вблизи отвалов пылящих материалов, складских зданий и сооружений, канализационно-очистных сооружений следует определять по табл. 1.9.14.

1.9.39. Степень загрязнения вблизи автодорог с интенсивным использованием в зимнее время химических противогололедных средств следует определять по табл. 1.9.15.

1.9.40. Степень загрязнения в прибрежной зоне морей, соленых озер и водоемов должна определяться по табл. 1.9.16 в зависимости от солености воды и расстояния до береговой линии. Расчетная соленость воды определяется по гидрологическим картам как максимальное значение солености поверхностного слоя воды в зоне до 10 км вглубь акватории. Степень загрязнения над поверхностью засоленных водоемов следует принимать на одну ступень выше, чем в табл. 1.9.16 для зоны до 0,1 км.

1.9.41. В районах, подверженных ветрам со скоростью более 30 м/с со стороны моря (периодичностью не реже одного раза в 10 лет), расстояния от береговой линии, приведенные в табл. 1.9.16, следует увеличить в 3 раза.

Для водоемов площадью 1000-10000 м<sup>2</sup> СЗ допускается снижать на одну ступень по сравнению с данными табл. 1.9.16.

1.9.42. Степень загрязнения вблизи градирен или брызгальных бассейнов должна определяться по табл. 1.9.17 при удельной проводимости циркуляционной воды менее 1000 мкСм/см и по табл. 1.9.18 при удельной проводимости от 1000 до 3000 мкСм/см.

1.9.43. Расчетную СЗ в зоне наложения загрязнений от двух независимых источников, определенную с учетом розы ветров по 1.9.37, следует определять по табл. 1.9.19 независимо от вида промышленного или природного загрязнения.

Таблица 1.9.3

### СЗ вблизи химических предприятий и производств

Расчетный объем выпускаемой продукции, тыс. т/год	СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м							
	до 500	от 500 до 1000	от 1000 до 1500	от 1500 до 2000	от 2000 до 2500	от 2500 до 3000	от 3000 до 5000	от 5000
До 10	1	1	1	1	1	1	1	1
От 10 до 500	2	1	1	1	1	1	1	1
От 500 до 1500	3	2	1	1	1	1	1	1
От 1500 до 2500	3	3	2	1	1	1	1	1
От 2500 до 3500	4	3	3	2	2	1	1	1
От 3500 до 5000	4	4	3	3	3	2	2	1

Таблица 1.9.4

### СЗ вблизи нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий и производств

Подотрасль	Расчетный объем выпускаемой продукции, тыс. т/год	СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м					
		до 500	от 500 до 1000	от 1000 до 1500	от 1500 до 2000	от 2000 до 3500	от 3500
Нефтеперерабатывающие заводы	До 1000	1	1	1	1	1	1
	От 1000 до 5000	2	1	1	1	1	1
	От 5000 до 9000	3	2	1	1	1	1

	От 9000 до 18000	3	3	2	1	1	1
Нефтехимические заводы и комбинаты	До 5000	3	2	1	1	1	1
	От 5000 до 10000	3	3	2	1	1	1
	От 10000 до 15000	4	3	3	2	1	1
	От 15000 до 20000	4	4	3	3	2	1
Заводы синтетического каучука	До 50	1	1	1	1	1	1
	От 50 до 150	2	1	1	1	1	1
	От 150 до 500	3	2	1	1	1	1
	От 500 до 1000	3	3	2	1	1	1
Заводы резинотехнических изделий	До 100	1	1	1	1	1	1
	От 100 до 300	2	1	1	1	1	1

Таблица 1.9.5

### СЗ вблизи предприятий по производству газов и переработке нефтяного газа

Подотрасль	Расчетный объем выпускаемой продукции	СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м		
		до 500	от 500 до 1000	от 1000
Производство газов	Независимо от объема	2	1	1
Переработка нефтяного газа	Независимо от объема	3	2	1

Таблица 1.9.6

### СЗ вблизи предприятий по производству целлюлозы и бумаги

Подотрасль	Расчетный объем выпускаемой продукции, тыс. т/год	СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м			
		до 500	от 500 до 1000	от 1000 до 1500	от 1500
Производство целлюлозы и полуцеллюлозы	До 75	1	1	1	1
	От 75 до 150	2	1	1	1
	От 150 до 500	3	2	1	1
	От 500 до 1000	4	3	2	1
Производство бумаги	Независимо от объема	1	1	1	1

Таблица 1.9.7

### СЗ вблизи предприятий и производств черной металлургии

Подотрасль	Расчетный объем выпускаемой продукции, тыс. т/год	СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м					
		до 500	от 500 до 1000	от 1000 до 1500	от 1500 до 2000	от 2000 до 2500	от 2500
Выплавка чугуна и стали	До 1500	2	1	1	1	1	1
	От 1500 до 7500	2	2	2	1	1	1
	От 7500 до 12000	3	2	2	2	1	1
Горнообогатительные комбинаты	До 2000	1	1	1	1	1	1
	От 2000 до 5500	2	1	1	1	1	1
	От 5500 до 10000	3	2	1	1	1	1
	От 10000 до 13000	3	3	2	1	1	1
Коксохимпроизводство	До 5000	2	2	2	2	2	1

	От 5000 до 12000	3	2	2	2	2	1
Ферросплавы	До 500	1	1	1	1	1	1
	От 500 до 700	2	2	1	1	1	1
	От 700 до 1000	3	3	2	1	1	1
	Независимо от объема	3	2	2	2	1	1
Производство магнизиальных изделий	Независимо от объема	2	1	1	1	1	1
Прокат и обработка чугуна и стали	Независимо от объема						

Таблица 1.9.8

### СЗ вблизи предприятий и производств цветной металлургии

Подотрасль	Расчетный объем выпускаемой продукции, тыс. т/год	СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м						
		до 500	от 500 до 1000	от 1000 до 1500	от 1500 до 2000	от 2000 до 2500	от 2500 до 3500	от 3500
Производство алюминия	До 100	1	1	1	1	1	1	1
	От 100 до 500	2	2	1	1	1	1	1
	От 500 до 1000	3	3	2	2	1	1	1
	От 1000 до 2000	3	3	3	2	2	1	1
Производство никеля	От 1 до 5	1	1	1	1	1	1	1
	От 5 до 25	2	2	1	1	1	1	1
	От 25 до 1000	3	2	2	1	1	1	1
Производство редких металлов	Независимо от объема	4	4	3	3	2	2	1
Производство цинка	Независимо от объема	3	2	1	1	1	1	1
Производство и обработка цветных металлов	Независимо от объема	2	1	1	1	1	1	1

Таблица 1.9.9

### СЗ вблизи предприятий по производству строительных материалов

Подотрасль	Расчетный объем выпускаемой продукции, тыс. т/год	СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м						
		до 250	от 250 до 500	от 500 до 1000	от 1000 до 1500	от 1500 до 2000	от 2000 до 3000	от 3000
Производство цемента	До 100	1	1	1	1	1	1	1
	От 100 до 500	2	2	1	1	1	1	1
	От 500 до 1500	3	3	2	1	1	1	1
	От 1500 до 2500	3	3	3	2	1	1	1
	От 2500 до 3500	4	4	3	3	2	1	1
	От 3500	4	4	4	3	3	2	1
Производство асбеста и др.	Независимо от объема	3	2	1	1	1	1	1
Производство бетонных изделий и др.	Независимо от объема	2	1	1	1	1	1	1

Таблица 1.9.10

### СЗ вблизи машиностроительных предприятий и производств

Расчетный объем выпускаемой продукции	СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м	
	до 500	от 500
Независимо от объема	2	1

Таблица 1.9.11

### СЗ вблизи предприятий легкой промышленности

Подотрасль	Расчетный объем выпускаемой продукции	СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м		
		до 250	от 250 до 500	от 500
Обработка тканей	Независимо от объема	3	2	1

Производство искусственных кож и пленочных материалов	Независимо от объема	2	1	1
---	----------------------	---	---	---

Таблица 1.9.12

**СЗ вблизи предприятий по добыче руд и нерудных ископаемых**

Подотрасль	Расчетный объем выпускаемой продукции	СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м		
		до 250	от 250 до 500	от 500
Железная руда и др.	Независимо от объема	2	1	1
Уголь*	Независимо от объема	3	2	1

\* Распространяется на определение СЗ вблизи терриконов.

Таблица 1.9.13

**СЗ вблизи ТЭС и промышленных котельных**

Вид топлива	Мощность, МВт	Высота дымовых труб, м	СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м					
			до 250	от 250 до 500	от 500 до 1000	от 1000 до 1500	от 1500 до 3000	от 3000
ТЭС и котельные на углях при зольности менее 30 %, мазуте, газе	Независимо от мощности	Любая	1	1	1	1	1	1
ТЭС и котельные на углях при зольности более 30 %	До 1000	Любая	1	1	1	1	1	1
	От 1000 до 4000	До 180	2	2	2	1	1	1
		От 180	2	2	1	1	1	1
ТЭС и котельные на сланцах	До 500	Любая	3	2	2	2	1	1
	От 500 до 2000	До 180	4	3	2	2	2	1
		От 180	3	3	2	2	2	1

Таблица 1.9.14

**СЗ вблизи отвалов пылящих материалов, складских зданий и сооружений, канализационно-очистных сооружений**

(золоотвалы, солеотвалы, шлакоотвалы, крупные промышленные свалки, предприятия по сжиганию мусора, склады и элеваторы пылящих материалов, склады для хранения минеральных удобрений и ядохимикатов, гидрошахты и обогатительные фабрики, станции аэрации и другие канализационно-очистные сооружения)

СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м		
до 200	от 200 до 600	от 600
3	2	1

Таблица 1.9.15

**СЗ вблизи автодорог с интенсивным использованием в зимнее время химических противогололедных средств**

СЗ при расстоянии от автодорог, м		
до 25	от 25 до 100	от 100
3	2	1

Таблица 1.9.16

**СЗ в прибрежной зоне морей и озер площадью более 10000 м<sup>2</sup>**

Тип водоема	Расчетная соленость воды, г/л	Расстояние от береговой линии, км	СЗ
Незасоленный	До 2	До 0,1	1
Слабозасоленный	От 2 до 10	До 0,1	2
		От 0,1 до 1,0	1
Среднезасоленный	От 10 до 20	До 0,1	3
		От 0,1 до 1,0	2
		От 1,0 до 5,0	1
Сильнозасоленный	От 20 до 40	До 1,0	3
		От 1,0 до 5,0	2
		От 5,0 до 10,0	1

Таблица 1.9.17

**СЗ вблизи градирен и брызгальных бассейнов с удельной проводимостью циркуляционной воды менее 1000 мкСм/см**

СЗ района	Расстояние от градирен (брызгального бассейна), м	
	до 150	от 150
1	2	1
2	3	2
3	4	3
4	4	4

Таблица 1.9.18

**СЗ вблизи градирен и брызгальных бассейнов с удельной проводимостью циркуляционной воды от 1000 до 3000 мкСм/см**

СЗ района	Расстояние от градирен (брызгального бассейна), м		
	до 150	от 150 до 600	от 600
1	3	2	1
2	4	3	2
3	4	4	3
4	4	4	4

Таблица 1.9.19

**Расчетная СЗ при наложении загрязнений от двух независимых источников**

СЗ от первого источника	Расчетная СЗ при степени загрязнения от второго источника		
	2	3	4
2	2	3	4
3	3	4	4
4	4	4	4

**Коэффициенты использования основных типов изоляторов и изоляционных конструкций (стеклянных и фарфоровых)**

1.9.44. Коэффициенты использования  $k$  изоляционных конструкций, составленных из однотипных изоляторов, следует определять как

$$k = k_n \cdot k_k,$$

где  $k_n$  - коэффициент использования изолятора;  
 $k_k$  - коэффициент использования составной конструкции с параллельными или последовательно-параллельными ветвями.

1.9.45. Коэффициенты использования  $k_n$  подвесных тарельчатых изоляторов по ГОСТ 27661 со слабо развитой нижней поверхностью изоляционной детали следует определять по табл. 1.9.20 в зависимости от отношения длины пути утечки изолятора  $L_n$  к диаметру его тарелки  $D$ .

1.9.46. Коэффициенты использования  $k_n$  подвесных тарельчатых изоляторов специального исполнения с сильно развитой поверхностью следует определять по табл. 1.9.21.



1.9.47. Коэффициенты использования  $k_n$  штыревых изоляторов (линейных, опорных) со слабо развитой поверхностью должны приниматься равными 1,0, с сильно развитой поверхностью - 1,1.

1.9.48. Коэффициенты использования  $k_n$  внешней изоляции электрооборудования наружной установки, выполненной в виде одиночных изоляционных конструкций, в том числе опорных изоляторов наружной установки на номинальное напряжение до 110 кВ, а также подвесных изоляторов стержневого типа на номинальное напряжение 110 кВ, следует определять по табл. 1.9.22 в зависимости от отношения длины пути утечки изолятора или изоляционной конструкции  $L_n$  к длине их изоляционной части  $h$ .

1.9.49. Коэффициенты использования  $k_k$  одноцепных гирлянд и одиночных опорных колонок, составленных из однотипных изоляторов, следует принимать равными 1,0.

1.9.50. Коэффициенты использования  $k_k$  составных конструкций с параллельными ветвями (без перемычек), составленных из однотипных элементов (двухцепных и многоцепных поддерживающих и натяжных гирлянд, двух- и многостоечных колонок), следует определять по табл. 1.9.23.

1.9.51. Коэффициенты использования  $k_k$   $\Lambda$ -образных и V-образных гирлянд с одноцепными ветвями следует принимать равными 1,0.

1.9.52. Коэффициенты использования  $k_k$  составных конструкций с последовательно-параллельными ветвями, составленными из изоляторов одного типа (гирлянд типа  или , опорных колонок с различным числом параллельных ветвей по высоте, а также подстанционных аппаратов с растяжками), следует принимать равными 1,1.

1.9.53. Коэффициенты использования  $k_n$  одноцепных гирлянд и одиночных опорных колонок, составленных из разнотипных изоляторов с коэффициентами использования  $k_{n1}$  и  $k_{n2}$ , должны определяться по формуле

$$k = \frac{L_1 + L_2}{\frac{L_1}{k_{n1}} + \frac{L_2}{k_{n2}}},$$

где  $L_1$  и  $L_2$  - длина пути утечки участков конструкции из изоляторов соответствующего типа. Аналогичным образом должна определяться величина  $k_n$  для конструкций указанного вида при числе разных типов изоляторов, большем двух.

Таблица 1.9.20

**Коэффициенты использования  $k_n$  подвесных тарельчатых изоляторов со слабо развитой нижней поверхностью изоляционной детали**

$L_n/D$	$k_n$
От 0,90 до 1,05 включительно	1,00
От 1,05 до 1,10 включительно	1,05
От 1,10 до 1,20 включительно	1,10
От 1,20 до 1,30 включительно	1,15
От 1,30 до 1,40 включительно	1,20

Таблица 1.9.21



**Коэффициенты использования  $k_n$  подвесных тарельчатых изоляторов специального исполнения**

Конфигурация изолятора	$k_n$
Двукрылая	1,20
С увеличенным вылетом ребра на нижней поверхности	1,25
Аэродинамического профиля (конусная, полусферическая)	1,0
Колоколообразная с гладкой внутренней и ребристой наружной поверхностями	1,15

Таблица 1.9.22

**Коэффициенты использования одиночных изоляционных колонок, опорных и подвесных стержневых изоляторов**

$L_n/h$	менее 2,5	2,5-3,00	3,01-3,30	3,31-3,50	3,51-3,71	3,71-4,00
$k_k$	1,0	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30

Таблица 1.9.23

**Коэффициенты использования  $k_k$  составных конструкций с электрически параллельными ветвями (без перемычек)**

Количество параллельных ветвей	1	2	3-5
$k_k$	1,0	1,05	1,10

1.9.54. Конфигурация подвесных изоляторов для районов с различными видами загрязнений должна выбираться по табл. 1.9.24.

Таблица 1.9.24

**Рекомендуемые области применения подвесных изоляторов различной конфигурации**

Конфигурация изолятора	Характеристика районов загрязнения
Тарельчатый с ребристой нижней поверхностью ( $L_n/D \leq 1,4$ )	Районы с 1-2-й СЗ при любых видах загрязнения
Тарельчатый гладкий, полусферический, тарельчатый гладкий конусный	Районы с 1-2-й СЗ при любых видах загрязнения, районы с засоленными почвами и с промышленными загрязнениями не выше 3-й СЗ
Тарельчатый фарфоровый	Районы с 4-й СЗ вблизи цементных и сланцевоперерабатывающих предприятий, предприятий черной металлургии, предприятий по производству калийных удобрений, химических производств, выпускающих фосфаты, алюминиевых заводов при наличии цехов производства электродов (цехов анодной массы)
Стержневой фарфоровый нормального исполнения ( $L_n/h \leq 2,5$ )	Районы с 1-й СЗ, в том числе с труднодоступными трассами ВЛ
Тарельчатый двукрылый	Районы с засоленными почвами и с промышленными загрязнениями (2-4-я СЗ)
Тарельчатый с сильно выступающим ребром на нижней поверхности ( $L_n/D > 1,4$ )	Побережья морей и соленых озер (2-4-я СЗ)
Стержневой фарфоровый специального исполнения ( $L_n/h > 2,5$ )	Районы с 2-4-й СЗ при любых видах загрязнения; районы с труднодоступными трассами ВЛ (2-3-я СЗ)
Стержневой полимерный нормального исполнения	Районы с 1-2-й СЗ при любых видах загрязнения, в том числе районы с труднодоступными трассами ВЛ

Стержневой специального исполнения	полимерный	Районы с 2-3-й СЗ при любых видах загрязнения, в том числе районы с труднодоступными трассами ВЛ
---------------------------------------	------------	---

Примечание.  $D$  - диаметр тарельчатого изолятора, см;  $h$  - высота изоляционной части стержневого изолятора, см;  $L_{и}$  - длина пути утечки, см.

## Раздел 2. КАНАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

### Глава 2.1. ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ

#### ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ

2.1.1. Настоящая глава Правил распространяется на электропроводки силовых, осветительных и вторичных цепей напряжением до 1 кВ переменного и постоянного тока, выполняемые внутри зданий и сооружений, на наружных их стенах, территориях предприятий, учреждений, микрорайонов, дворов, приусадебных участков, на строительных площадках с применением изолированных установочных проводов всех сечений, а также небронированных силовых кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией в металлической, резиновой или пластмассовой оболочке с сечением фазных жил до  $16 \text{ мм}^2$  (при сечении более  $16 \text{ мм}^2$  - см. гл. 2.3).

Линии, выполняемые неизолированными проводами внутри помещений, должны отвечать требованиям, приведенным в гл. 2.2, вне зданий - в гл. 2.4.

Ответвления от ВЛ к вводам (см. 2.1.6 и 2.4.2), выполняемые с применением изолированных или неизолированных проводов, должны сооружаться с соблюдением требований гл. 2.4, а ответвления, выполняемые с применением проводов (кабелей) на несущем тресе, - в соответствии с требованиями настоящей главы.

Кабельные линии, проложенные непосредственно в земле, должны отвечать требованиям, приведенным в гл. 2.3.

Дополнительные требования к электропроводам приведены в гл. 1.5, 3.4, 5.4, 5.5 и в разд. 7.

2.1.2. Электропроводкой называется совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими защитными конструкциями и деталями, установленными в соответствии с настоящими Правилами.

2.1.3. Кабель, шнур, провод защищенный, незащищенный, кабель и провод специальный - определения по ГОСТ.

2.1.4. Электропроводки разделяются на следующие виды:

1. Открытая электропроводка - проложенная по поверхности стен, потолков, по фермам и другим строительным элементам зданий и сооружений, по опорам и т.п.

При открытой электропроводке применяются следующие способы прокладки проводов и кабелей: непосредственно по поверхности стен, потолков и т. п., на струнах, тросах, роликах, изоляторах, в трубах, коробах, гибких металлических рукавах, на лотках, в электротехнических плинтусах и наличниках, свободной подвеской и т. п.

Открытая электропроводка может быть стационарной, передвижной и переносной.

2. Скрытая электропроводка - проложенная внутри конструктивных элементов зданий и сооружений (в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях), а также по перекрытиям в подготовке пола, непосредственно под съемным полом и т. п.

При скрытой электропроводке применяются следующие способы прокладки проводов и кабелей: в трубах, гибких металлических рукавах, коробах, замкнутых каналах и пустотах строительных конструкций, в заштукатуриваемых бороздах, под штукатуркой, а также замоноличиванием в строительные конструкции при их изготовлении.

2.1.5. Наружной электропроводкой называется электропроводка, проложенная по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами и т. п., а также между зданиями на опорах (не более четырех пролетов длиной до 25 м каждый) вне улиц, дорог и т. п.

Наружная электропроводка может быть открытой и скрытой.

2.1.6. Вводом от воздушной линии электропередачи называется электропроводка, соединяющая ответвление от ВЛ с внутренней электропроводкой, считая от изоляторов, установленных на наружной поверхности (стене, крыше) здания или сооружения, до зажимов вводного устройства.

2.1.7. Струной как несущим элементом электропроводки называется стальная проволока, натянутая вплотную к поверхности стены, потолка и т. п., предназначенная для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков.

2.1.8. Полосой как несущим элементом электропроводки называется металлическая полоса, закрепленная вплотную к поверхности стены, потолка и т. п., предназначенная для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков.

2.1.9. Тросом как несущим элементом электропроводки называется стальная проволока или стальной канат, натянутые в воздухе, предназначенные для подвески к ним проводов, кабелей или их пучков.

2.1.10. Коробом называется закрытая полая конструкция прямоугольного или другого сечения, предназначенная для прокладки в ней проводов и кабелей. Короб должен служить защитой от механических повреждений проложенных в нем проводов и кабелей.

Короба могут быть глухими или с открываемыми крышками, со сплошными или перфорированными стенками и крышками. Глухие короба должны иметь только сплошные стенки со всех сторон и не иметь крышек.

Короба могут применяться в помещениях и наружных установках.

2.1.11. Лотком называется открытая конструкция, предназначенная для прокладки на ней проводов и кабелей.

Лоток не является защитой от внешних механических повреждений проложенных на нем проводов и кабелей. Лотки должны изготавливаться из негорючих материалов. Они могут быть сплошными, перфорированными или решетчатыми. Лотки могут применяться в помещениях и наружных установках.

2.1.12. Чердачным помещением называется такое непроизводственное помещение над верхним этажом здания, потолком которого является крыша здания и которое имеет несущие конструкции (кровлю, фермы, стропила, балки и т. п.) из сгораемых материалов.

Аналогичные помещения и технические этажи, расположенные непосредственно над крышей, перекрытия и конструкции которых выполнены из негорючих материалов, не рассматриваются как чердачные помещения.

## **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

2.1.13. Допустимые длительные токи на провода и кабели электропроводок должны приниматься по гл. 1.3 с учетом температуры окружающей среды и способа прокладки.

2.1.14. Сечения токопроводящих жил проводов и кабелей в электропроводках должны быть не менее приведенных в табл. 2.1.1. Сечения жил для зарядки осветительных арматур должны приниматься по 6.5.12-6.5.14. Сечения заземляющих и нулевых защитных проводников должны быть выбраны с соблюдением требований гл. 1.7.

**Таблица 2.1.1. Наименьшие сечения токопроводящих жил проводов и кабелей в электропроводках**

Проводники	Сечение жил, мм <sup>2</sup>	
	медных	алюми- ниевых
Шнуры для присоединения бытовых электроприемников	0,35	-
Кабели для присоединения переносных и передвижных электроприемников в промышленных установках	0,75	-
Скрученные двухжильные провода с многопроволочными жилами для стационарной прокладки на роликах	1	-
Незащищенные изолированные провода для стационарной электропроводки внутри помещений:		
непосредственно по основаниям, на роликах, клицах и тросах	1	2,5
на лотках, в коробах (кроме глухих):		
для жил, присоединяемых к винтовым зажимам	1	2
для жил, присоединяемых пайкой:		
однопроволочных	0,5	-
многопроволочных (гибких)	0,35	-
на изоляторах	1,5	4
Незащищенные изолированные провода в наружных электропроводках:		
по стенам, конструкциям или опорам на изоляторах;	2,5	4
вводы от воздушной линии		
под навесами на роликах	1,5	2,5
Незащищенные и защищенные изолированные провода и кабели в трубах, металлических рукавах и глухих коробах	1	2
Кабели и защищенные изолированные провода для стационарной электропроводки (без труб, рукавов и глухих коробов):		
для жил, присоединяемых к винтовым зажимам	1	2
для жил, присоединяемых пайкой:		

однопроволочных	0,5	-
многопроволочных (гибких)	0,35	-
Защищенные и незащищенные провода и кабели, прокладываемые в замкнутых каналах или замоноличенно (в строительных конструкциях или под штукатуркой)	1	2

2.1.15. В стальных и других механических прочных трубах, рукавах, коробах, лотках и замкнутых каналах строительных конструкций зданий допускается совместная прокладка проводов и кабелей (за исключением взаиморезервируемых):

1. Всех цепей одного агрегата.
2. Силовых и контрольных цепей нескольких машин, панелей, щитов, пультов и т. п., связанных технологическим процессом.
3. Цепей, питающих сложный светильник.
4. Цепей нескольких групп одного вида освещения (рабочего или аварийного) с общим числом проводов в трубе не более восьми.
5. Осветительных цепей до 42 В с цепями выше 42 В при условии заключения проводов цепей до 42 В в отдельную изоляционную трубу.

2.1.16. В одной трубе, рукаве, коробе, пучке, замкнутом канале строительной конструкции или на одном лотке запрещается совместная прокладка взаиморезервируемых цепей, цепей рабочего и аварийного эвакуационного освещения, а также цепей до 42 В с цепями выше 42 В (исключение см. в 2.1.15, п. 5 и в 6.1.16, п. 1). Прокладка этих цепей допускается лишь в разных отсеках коробов и лотков, имеющих сплошные продольные перегородки с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч из несгораемого материала.

Допускается прокладка цепей аварийного (эвакуационного) и рабочего освещения по разным наружным сторонам профиля (швеллера, уголка и т. п.).

2.1.17. В кабельных сооружениях, производственных помещениях и электропомещениях для электропроводок следует применять провода и кабели с оболочками только из трудносгораемых или несгораемых материалов, а незащищенные провода - с изоляцией только из трудносгораемых или несгораемых материалов.

2.1.18. При переменном или выпрямленном токе прокладка фазных и нулевого (или прямого и обратного) проводников в стальных трубах или в изоляционных трубах со стальной оболочкой должна осуществляться в одной общей трубе.

Допускается прокладывать фазный и нулевой рабочий (или прямой и обратный) проводники в отдельных стальных трубах или в изоляционных трубах со стальной оболочкой, если длительный ток нагрузки в проводниках не превышает 25 А.

2.1.19. При прокладке проводов и кабелей в трубах, глухих коробах, гибких металлических рукавах и замкнутых каналах должна быть обеспечена возможность замены проводов и кабелей.

2.1.20. Конструктивные элементы зданий и сооружений, замкнутые каналы и пустоты которых используются для прокладки проводов и кабелей, должны быть несгораемыми.

2.1.21. Соединение, ответвление и оконцевание жил проводов и кабелей должны производиться при помощи опрессовки, сварки, пайки или сжимов (винтовых, болтовых и т. п.) в соответствии с действующими инструкциями, утвержденными в установленном порядке.

2.1.22. В местах соединения, ответвления и присоединения жил проводов или кабелей должен быть предусмотрен запас провода (кабеля), обеспечивающий возможность повторного соединения, ответвления или присоединения.

2.1.23. Места соединения и ответвления проводов и кабелей должны быть доступны для осмотра и ремонта.

2.1.24. В местах соединения и ответвления провода и кабели не должны испытывать механических усилий тяжения.

2.1.25. Места соединения и ответвления жил проводов и кабелей, а также соединительные и ответвительные сжимы и т. п. должны иметь изоляцию, равноценную изоляции жил целых мест этих проводов и кабелей.

2.1.26. Соединение и ответвление проводов и кабелей, за исключением проводов, проложенных на изолирующих опорах, должны выполняться в соединительных и ответвительных коробках, в изоляционных корпусах соединительных и ответвительных сжимов, в специальных нишах строительных конструкций, внутри корпусов электроустановочных изделий, аппаратов и машин. При прокладке на изолирующих опорах соединение или ответвление проводов следует выполнять непосредственно у изолятора, клицы или на них, а также на ролике.

2.1.27. Конструкция соединительных и ответвительных коробок и сжимов должна соответствовать способам прокладки и условиям окружающей среды.

2.1.28. Соединительные и ответвительные коробки и изоляционные корпуса соединительных и ответвительных сжимов должны быть, как правило, изготовлены из негорючих или трудногорючих материалов.

2.1.29. Металлические элементы электропроводок (конструкции, коробка, лотки, трубы, рукава, коробки, скобы и т. п.) должны быть защищены от коррозии в соответствии с условиями окружающей среды.

2.1.30. Электропроводки должны быть выполнены с учетом возможных перемещений их в местах пересечений с температурными и осадочными швами.

## **ВЫБОР ВИДА ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ, ВЫБОР ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ И СПОСОБА ИХ ПРОКЛАДКИ**

2.1.31. Электропроводка должна соответствовать условиям окружающей среды, назначению и ценности сооружений, их конструкции и архитектурным особенностям. Электропроводка должна обеспечивать возможность легкого распознавания по всей длине проводников по цветам:

голубого цвета - для обозначения нулевого рабочего или среднего проводника электрической сети;

двухцветной комбинации зелено-желтого цвета - для обозначения защитного или нулевого защитного проводника;

двухцветной комбинации зелено-желтого цвета по всей длине с голубыми метками на концах линии, которые наносятся при монтаже - для обозначения совмещенного нулевого рабочего и нулевого защитного проводника;

черного, коричневого, красного, фиолетового, серого, розового, белого, оранжевого, бирюзового цвета - для обозначения фазного проводника.

2.1.32. При выборе вида электропроводки и способа прокладки проводов и кабелей должны учитываться требования электробезопасности и пожарной безопасности.

2.1.33. Выбор видов электропроводки, выбор проводов и кабелей и способа их прокладки следует осуществлять в соответствии с табл. 2.1.2.

При наличии одновременно двух или более условий, характеризующих окружающую среду, электропроводка должна соответствовать всем этим условиям.

2.1.34. Оболочки и изоляция проводов и кабелей, применяемых в электропроводках, должны соответствовать способу прокладки и условиям окружающей среды. Изоляция, кроме того, должна соответствовать номинальному напряжению сети.

При наличии специальных требований, обусловленных характеристиками установки, изоляция проводов и защитные оболочки проводов и кабелей должны быть выбраны с учетом этих требований (см. также 2.1.50 и 2.1.51).

2.1.35. Нулевые рабочие проводники должны иметь изоляцию, равноценную изоляции фазных проводников.

В производственных нормальных помещениях допускается использование стальных труб и тросов открытых электропроводок, а также металлических корпусов открыто установленных токопроводов, металлических конструкций зданий, конструкций производственного назначения (например, фермы, колонны, подкрановые пути) и механизмов в качестве одного из рабочих проводников линии в сетях напряжением до 42 В. При этом должны быть обеспечены непрерывность и достаточная проводимость этих проводников, видимость и надежная сварка стыков.

Использование указанных выше конструкций в качестве рабочего проводника не допускается, если конструкции находятся в непосредственной близости от сгораемых частей зданий или конструкций.

2.1.36. Прокладка проводов и кабелей, труб и коробов с проводами и кабелями по условиям пожарной безопасности должна удовлетворять требованиям табл. 2.1.3.

2.1.37. При открытой прокладке защищенных проводов (кабелей) с оболочками из сгораемых материалов и незащищенных проводов расстояние в свету от провода (кабеля) до поверхности оснований, конструкций, деталей из сгораемых материалов должно составлять не менее 10 мм. При невозможности обеспечить указанное расстояние провод (кабель) следует отделять от поверхности слоем несгораемого материала, выступающим с каждой стороны провода (кабеля) не менее чем на 10 мм.

2.1.38. При скрытой прокладке защищенных проводов (кабелей) с оболочками из сгораемых материалов и незащищенных проводов в закрытых нишах, в пустотах строительных конструкций (например, между стеной и облицовкой), в бороздах и т. п. с наличием сгораемых конструкций необходимо защищать провода и кабели сплошным слоем несгораемого материала со всех сторон.

2.1.39. При открытой прокладке труб и коробов из трудносгораемых материалов по несгораемым и трудносгораемым основаниям и конструкциям расстояние в свету от трубы (короба) до поверхности конструкций, деталей из сгораемых материалов должно составлять не менее 100 мм. При невозможности обеспечить указанное расстояние трубу (короб) следует отделять со всех сторон от этих поверхностей сплошным слоем несгораемого материала (штукатурка, алебастр, цементный раствор, бетон и т. п.) толщиной не менее 10 мм.

2.1.40. При скрытой прокладке труб и коробов из трудносгораемых материалов в закрытых нишах, в пустотах строительных конструкций (например, между стеной и облицовкой), в бороздах и т. п. трубы и короба следует отделять со всех сторон от поверхностей конструкций, деталей из сгораемых материалов сплошным слоем несгораемого материала толщиной не менее 10 мм.



2.1.41. При пересечениях на коротких участках электропроводки с элементами строительных конструкций из сгораемых материалов эти участки должны быть выполнены с соблюдением требований 2.1.36-2.1.40.

2.1.42. В местах, где вследствие высокой температуры окружающей среды применение проводов и кабелей с изоляцией и оболочками нормальной теплостойкости невозможно или приводит к нерациональному повышению расхода цветного металла, следует применять провода и кабели с изоляцией и оболочками повышенной теплостойкости.

2.1.43. В сырых и особо сырых помещениях и наружных установках изоляция проводов и изолирующие опоры, а также опорные и несущие конструкции, трубы, короба и лотки должны быть влагостойкими.

2.1.44. В пыльных помещениях не рекомендуется применять способы прокладки, при которых на элементах электропроводки может скапливаться пыль, а удаление ее затруднительно.

2.1.45. В помещениях и наружных установках с химически активной средой все элементы электропроводки должны быть стойкими по отношению к среде либо защищены от ее воздействия.

2.1.46. Провода и кабели, имеющие несветостойкую наружную изоляцию или оболочку, должны быть защищены от воздействия прямых лучей.

2.1.47. В местах, где возможны механические повреждения электропроводки, открыто проложенные провода и кабели должны быть защищены от них своими защитными оболочками, а если такие оболочки отсутствуют или недостаточно стойки по отношению к механическим воздействиям, - трубами, коробами, ограждениями или применением скрытой электропроводки.

2.1.48. Провода и кабели должны применяться лишь в тех областях, которые указаны в стандартах и технических условиях на кабели (провода).

2.1.49. Для стационарных электропроводок должны применяться преимущественно провода и кабели с алюминиевыми жилами. Исключения см. в 2.1.70, 3.4.3, 3.4.12, 5.5.6, 6.5.12-6.5.14, 7.2.53 и 7.3.93.

**Таблица 2.1.2. Выбор видов электропроводок, способов прокладки и проводов и кабелей**

Условия окружающей среды	Вид электропроводки и способ прокладки	Провода и кабели
Открытые электропроводки		
Сухие и влажные помещения	На роликах и клицах	Незащищенные одножильные провода
Сухие помещения	То же	Скрученные двухжильные провода
Помещения всех видов и наружные установки	На изоляторах, а также на роликах, предназначенных для применения в сырых местах. В наружных установках ролики для сырых мест (больших размеров) допускается применять только в местах, где исключена возможность непосредственного попадания на электропроводку дождя или снега (под навесами)	Незащищенные одножильные провода

Наружные установки	Непосредственно по поверхности стен, потолков и на струнах, полосах и других несущих конструкциях	Кабель в неметаллической и металлической оболочках
Помещения всех видов	То же	Незащищенные и защищенные одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической и металлической оболочках
Помещения всех видов и наружные установки	На лотках и в коробах с открываемыми крышками	То же
Помещения всех видов и наружные установки (только специальные провода с несущим тросом для наружных установок или кабели)	На тросах	Специальные провода с несущим тросом. Незащищенные и защищенные одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической и металлической оболочках
Скрытые электропроводки		
Помещения всех видов и наружные установки	В неметаллических трубах из сгораемых материалов (несамозатухающий полиэтилен и т. п.). В замкнутых каналах строительных конструкций. Под штукатуркой  Исключения:  1. Запрещается применение изоляционных труб с металлической оболочкой в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках  2. Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и менее в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках	Незащищенные и защищенные, одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической оболочке
Сухие, влажные и сырые помещения	Замоноличено в строительных конструкциях при их изготовлении	Незащищенные провода
Открытые и скрытые электропроводки		
Помещения всех видов и наружные установки	В металлических гибких рукавах. В стальных трубах (обыкновенных и тонкостенных) и глухих стальных коробах. В неметаллических трубах и неметаллических глухих коробах из трудносгораемых материалов. В изоляционных трубах с металлической оболочкой  Исключения:	Незащищенные и защищенные одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической оболочке

	<p>1. Запрещается применение изоляционных труб с металлической оболочкой в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках</p> <p>2. Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и менее в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках</p>	
--	--	--

**Таблица 2.1.3. Выбор видов электропроводок и способов прокладки проводов и кабелей по условиям пожарной безопасности**

Вид электропроводки и способ прокладки по основаниям и конструкциям		Провода и кабели
из сгораемых материалов	из несгораемых или трудносгораемых материалов	
Открытые электропроводки		
На роликах, изоляторах или с подкладкой несгораемых материалов <sup>1</sup>	Непосредственно	Незащищенные провода; защищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых материалов
Непосредственно	"	Защищенные провода и кабели в оболочке из несгораемых и трудносгораемых материалов
В трубах и коробах из несгораемых материалов	В трубах и коробах из трудносгораемых и несгораемых материалов	Незащищенные и защищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых, трудносгораемых материалов
Скрытые электропроводки		
С подкладкой несгораемых материалов <sup>1</sup> и последующим оштукатуриванием или защитой со всех сторон сплошным слоем других несгораемых материалов	Непосредственно	Незащищенные провода; защищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых материалов
С подкладкой несгораемых материалов <sup>1</sup>	"	Защищенные провода и кабели в оболочке из трудносгораемых материалов
Непосредственно	"	То же из несгораемых
В трубах и коробах из трудносгораемых материалов - с подкладкой под трубы и короба несгораемых	В трубах и коробах: из сгораемых материалов - замкнуто, в бороздах и т. п., в сплошном слое несгораемых материалов <sup>3</sup>	Незащищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых, трудносгораемых и несгораемых материалов

материалов <sup>1</sup> и последующим заштукатуриванием <sup>2</sup>		
То же из негорючих материалов - непосредственно	То же из трудногорючих и негорючих материалов - непосредственно	
<p><sup>1</sup> Подкладка из негорючих материалов должна выступать с каждой стороны провода, кабеля, трубы или короба не менее чем на 10 мм.</p> <p><sup>2</sup> Заштукатуривание трубы осуществляется сплошным слоем штукатурки, алебастра и т. п. толщиной не менее 10 мм над трубой.</p> <p><sup>3</sup> Сплошным слоем негорючего материала вокруг трубы (короба) может быть слой штукатурки, алебастрового, цементного раствора или бетона толщиной не менее 10 мм.</p>		

Не допускается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами для присоединения к электротехническим устройствам, установленным непосредственно на виброизолирующих опорах.

В музеях, картинных галереях, библиотеках, архивах и других хранилищах союзного значения следует применять провода и кабели только с медными жилами.

2.1.50. Для питания переносных и передвижных электроприемников следует применять шнуры и гибкие кабели с медными жилами, специально предназначенные для этой цели, с учетом возможных механических воздействий. Все жилы указанных проводников, в том числе заземляющая, должны быть в общей оболочке, оплетке или иметь общую изоляцию.

Для механизмов, имеющих ограниченное перемещение (краны, передвижные пилы, механизмы ворот и пр.), следует применять такие конструкции токопровода к ним, которые защищают жилы проводов и кабелей от излома (например, шлейфы гибких кабелей, каретки для подвижной подвески гибких кабелей).

2.1.51. При наличии масел и эмульсий в местах прокладки проводов следует применять провода с маслостойкой изоляцией либо защищать провода от их воздействия.

## ОТКРЫТЫЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ

2.1.52. Открытую прокладку незащищенных изолированных проводов непосредственно по основаниям, на роликах, изоляторах, на тросах и лотках следует выполнять:

1. При напряжении выше 42 В в помещениях без повышенной опасности и при напряжении до 42 В в любых помещениях - на высоте не менее 2 м от уровня пола или площадки обслуживания.

2. При напряжении выше 42 В в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных - на высоте не менее 2,5 м от уровня пола или площадки обслуживания.

Данные требования не распространяются на спуски к выключателям, розеткам, пусковым аппаратам, щиткам, светильникам, устанавливаемым на стене.

В производственных помещениях спуски незащищенных проводов к выключателям, розеткам, аппаратам, щиткам и т. п. должны быть защищены от механических воздействий до высоты не менее 1,5 м от уровня пола или площадки обслуживания.

В бытовых помещениях промышленных предприятий, в жилых и общественных зданиях указанные спуски допускается не защищать от механических воздействий.

В помещениях, доступных только для специально обученного персонала, высота расположения открыто проложенных незащищенных изолированных проводов не нормируется.

2.1.53. В крановых пролетах незащищенные изолированные провода следует прокладывать на высоте не менее 2,5 м от уровня площадки тележки крана (если площадка расположена выше настила моста крана) или от настила моста крана (если настил расположен выше площадки тележки). Если это невозможно, то должны быть выполнены защитные устройства для предохранения персонала, находящегося на тележке и мосту крана, от случайного прикосновения к проводам. Защитное устройство должно быть установлено на всем протяжении проводов или на самом мосту крана в пределах расположения проводов.

2.1.54. Высота открытой прокладки защищенных изолированных проводов, кабелей, а также проводов и кабелей в трубах, коробах со степенью защиты не ниже IP20, в гибких металлических рукавах от уровня пола или площадки обслуживания не нормируется.

2.1.55. Если незащищенные изолированные провода пересекаются с незащищенными или защищенными изолированными проводами с расстоянием между проводами менее 10 мм, то в местах пересечения на каждый незащищенный провод должна быть наложена дополнительная изоляция.

2.1.56. При пересечении незащищенных и защищенных проводов и кабелей с трубопроводами расстояния между ними в свету должны быть не менее 50 мм, а с трубопроводами, содержащими горючие или легковоспламеняющиеся жидкости и газы, - не менее 100 мм. При расстоянии от проводов и кабелей до трубопроводов менее 250 мм провода и кабели должны быть дополнительно защищены от механических повреждений на длине не менее 250 мм в каждую сторону от трубопровода.

При пересечении с горячими трубопроводами провода и кабели должны быть защищены от воздействия высокой температуры или должны иметь соответствующее исполнение.

2.1.57. При параллельной прокладке расстояние от проводов и кабелей до трубопроводов должно быть не менее 100 мм, а до трубопроводов с горячими или легковоспламеняющимися жидкостями и газами - не менее 400 мм.

Провода и кабели, проложенные параллельно горячим трубопроводам, должны быть защищены от воздействия высокой температуры либо должны иметь соответствующее исполнение.

2.1.58. В местах прохода проводов и кабелей через стены, междуэтажные перекрытия или выхода их наружу необходимо обеспечивать возможность смены электропроводки. Для этого проход должен быть выполнен в трубе, коробе, проеме и т. п. С целью предотвращения проникновения и скопления воды и распространения пожара в местах прохода через стены, перекрытия или выхода наружу следует заделывать зазоры между проводами, кабелями и трубой (коробом, проемом и т. п.), а также резервные трубы (короба, проемы и т. п.) легко удаляемой массой от негорючего материала. Заделка должна допускать замену, дополнительную прокладку новых проводов и кабелей и обеспечивать предел огнестойкости проема не менее предела огнестойкости стены (перекрытия).

2.1.59. При прокладке незащищенных проводов на изолирующих опорах провода должны быть дополнительно изолированы (например, изоляционной трубой) в местах проходов через стены или перекрытия. При проходе этих проводов из одного сухого или влажного помещения в другое сухое или влажное помещение все провода одной линии допускается прокладывать в одной изоляционной трубе.

При проходе проводов из сухого или влажного помещения в сырое, из одного сырого помещения в другое сырое или при выходе проводов из помещения наружу каждый провод должен прокладываться в отдельной изоляционной трубе. При выходе из сухого или влажного помещения в сырое или наружу здания соединения проводов должны выполняться в сухом или влажном помещении.

2.1.60. На лотках, опорных поверхностях, тросах, струнах, полосах и других несущих конструкциях допускается прокладывать провода и кабели вплотную один к другому пучками (группами) различной формы (например, круглой, прямоугольной в несколько слоев).

Провода и кабели каждого пучка должны быть скреплены между собой.

2.1.61. В коробах провода и кабели допускается прокладывать многослойно с упорядоченным и произвольным (россыпью) взаимным расположением. Сумма сечений проводов и кабелей, рассчитанных по их наружным диаметрам, включая изоляцию и наружные оболочки, не должна превышать: для глухих коробов 35% сечения короба в свету; для коробов с открываемыми крышками 40%.

2.1.62. Допустимые длительные токи на провода и кабели, проложенные пучками (группами) или многослойно, должны приниматься с учетом снижающих коэффициентов, учитывающих количество и расположение проводников (жил) в пучке, количество и взаимное расположение пучков (слоев), а также наличие ненагруженных проводников.

2.1.63. Трубы, короба и гибкие металлические рукава электропроводок должны прокладываться так, чтобы в них не могла скапливаться влага, в том числе от конденсации паров, содержащихся в воздухе.

2.1.64. В сухих непыльных помещениях, в которых отсутствуют пары и газы, отрицательно воздействующие на изоляцию и оболочку проводов и кабелей, допускается соединение труб, коробов и гибких металлических рукавов без уплотнения.

Соединение труб, коробов и гибких металлических рукавов между собой, а также с коробами, корпусами электрооборудования и т. п. должно быть выполнено:

в помещениях, которые содержат пары или газы, отрицательно воздействующие на изоляцию или оболочки проводов и кабелей, в наружных установках и в местах, где возможно попадание в трубы, короба и рукава масла, воды или эмульсии, - с уплотнением; короба в этих случаях должны быть со сплошными стенками и с уплотненными сплошными крышками либо глухими, разъемные короба - с уплотнениями в местах разъема, а гибкие металлические рукава - герметичными;

в пыльных помещениях - с уплотнением соединений и ответвлений труб, рукавов и коробов для защиты от пыли.

2.1.65. Соединение стальных труб и коробов, используемых в качестве заземляющих или нулевых защитных проводников, должно соответствовать требованиям, приведенным в настоящей главе и гл. 1.7.

## **СКРЫТЫЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ**

2.1.66. Скрытые электропроводки в трубах, коробах и гибких металлических рукавах должны быть выполнены с соблюдением требований, приведенных в 2.1.63-2.1.65, причем во всех случаях - с уплотнением. Короба скрытых электропроводок должны быть глухими.

2.1.67. Выполнение электропроводки в вентиляционных каналах и шахтах запрещается. Допускается пересечение этих каналов и шахт одиночными проводами и кабелями, заключенными в стальные трубы.

2.1.68. Прокладку проводов и кабелей за подвесными потолками следует выполнять в соответствии с требованиями настоящей главы и гл. 7.1.

## **ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ В ЧЕРДАЧНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ**

2.1.69. В чердачных помещениях могут применяться следующие виды электропроводок:

открытая;

проводами и кабелями, проложенными в трубах, а также защищенными проводами и кабелями в оболочках из негорюемых или трудногорюемых материалов - на любой высоте;

незащищенными изолированными одножильными проводами на роликах или изоляторах (в чердачных помещениях производственных зданий - только на изоляторах) - на высоте не менее 2,5 м; при высоте до проводов менее 2,5 м они должны быть защищены от прикосновения и механических повреждений;

скрытая: в стенах и перекрытиях из негорюемых материалов - на любой высоте.

2.1.70. Открытые электропроводки в чердачных помещениях должны выполняться проводами и кабелями с медными жилами.

Провода и кабели с алюминиевыми жилами допускаются в чердачных помещениях: зданий с негорюемыми перекрытиями - при открытой прокладке их в стальных трубах или скрытой прокладке их в негорюемых стенах и перекрытиях; производственных зданий сельскохозяйственного назначения со сгораемыми перекрытиями - при открытой прокладке их в стальных трубах с исключением проникновения пыли внутрь труб и соединительных (ответвительных) коробок; при этом должны быть применены резьбовые соединения.

2.1.71. Соединение и ответвление медных или алюминиевых жил проводов и кабелей в чердачных помещениях должны осуществляться в металлических соединительных (ответвительных) коробках сваркой, опрессовкой или с применением сжимов, соответствующих материалу, сечению и количеству жил.

2.1.72. Электропроводка в чердачных помещениях, выполненная с применением стальных труб, должна отвечать также требованиям, приведенным в 2.1.63-2.1.65.

2.1.73. Ответвления от линий, проложенных в чердачных помещениях, к электроприемникам, установленным вне чердаков, допускаются при условии прокладки линий и ответвлений открыто в стальных трубах или скрыто в негорюемых стенах (перекрытиях).

2.1.74. Коммутационные аппараты в цепях светильников и других электроприемников, установленных непосредственно в чердачных помещениях, должны быть установлены вне этих помещений.

## **НАРУЖНЫЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ**

2.1.75. Незащищенные изолированные провода наружной электропроводки должны быть расположены или ограждены таким образом, чтобы они были недоступны для прикосновения с мест, где возможно частое пребывание людей (например, балкон, крыльцо).

От указанных мест эти провода, проложенные открыто по стенам, должны находиться на расстоянии не менее, м:

При горизонтальной прокладке:

под балконом, крыльцом, а также над крышей промышленного здания.	2,5
над окном	0,5
под балконом	1,0
под окном (от подоконника)	1,0
При вертикальной прокладке до окна	0,75
То же, но до балкона	1,0
От земли ..	2,75

При подвеске проводов на опорах около зданий расстояния от проводов до балконов и окон должны быть не менее 1,5 м при максимальном отклонении проводов.

Наружная электропроводка по крышам жилых, общественных зданий и зрелищных предприятий не допускается, за исключением вводов в здания (предприятия) и ответвлений к этим вводам (см. 2.1.79).

Незащищенные изолированные провода наружной электропроводки в отношении прикосновения следует рассматривать как неизолированные.

2.1.76. Расстояния от проводов, пересекающих пожарные проезды и пути для перевозки грузов, до поверхности земли (дороги) в проезжей части должны быть не менее 6 м, в непроезжей части - не менее 3,5 м.

2.1.77. Расстояния между проводами должно быть: при пролете до 6 м - не менее 0,1 м, при пролете более 6 м - не менее 0,15 м. Расстояния от проводов до стен и опорных конструкций должны быть не менее 50 мм.

2.1.78. Прокладка проводов и кабелей наружной электропроводки в трубах, коробах и гибких металлических рукавах должна выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в 2.1.63-2.1.65, причем во всех случаях с уплотнением. Прокладка проводов в стальных трубах и коробах в земле вне зданий не допускается.

2.1.79. Вводы в здания рекомендуется выполнять через стены в изоляционных трубах таким образом, чтобы вода не могла скапливаться в проходе и проникать внутрь здания.

Расстояние от проводов перед вводом и проводов ввода до поверхности земли должно быть не менее 2,75 м (см. также 2.4.37 и 2.4.56).

Расстояние между проводами у изоляторов ввода, а также от проводов до выступающих частей здания (свесы крыши и т. п.) должно быть не менее 0,2 м.

Вводы допускается выполнять через крыши в стальных трубах. При этом расстояние по вертикали от проводов ответвления к вводу и от проводов ввода до крыши должно быть не менее 2,5 м.



Для зданий небольшой высоты (торговые павильоны, киоски, здания контейнерного типа, передвижные будки, фургоны и т. п.), на крышах которых исключено пребывание людей, расстояние в свету от проводов ответвлений к вводу и проводов ввода до крыши допускается принимать не менее 0,5 м. При этом расстояние от проводов до поверхности земли должно быть не менее 2,75 м.

## **Глава 2.2. ТОКОПРОВОДЫ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 35 кВ**

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

2.2.1. Настоящая глава Правил распространяется на токопроводы переменного и постоянного тока напряжением до 35 кВ. Дополнительные требования к токопроводам, устанавливаемым во взрывоопасных и пожароопасных зонах, приведены соответственно в гл. 7.3. и 7.4. Глава не распространяется на специальные токопроводы для электролизных установок, короткой сети электротермических установок, а также на токопроводы, устройство которых определяется специальными правилами или нормами.

2.2.2. Токопроводом называется устройство, предназначенное для передачи и распределения электроэнергии, состоящее из неизолированных или изолированных проводников и относящихся к ним изоляторов, защитных оболочек, ответвительных устройств, поддерживающих и опорных конструкций.

2.2.3. В зависимости от вида проводников токопроводы подразделяются на гибкие (при использовании проводов) и жесткие (при использовании жестких шин).

Жесткий токопровод до 1 кВ заводского изготовления, поставляемый комплектными секциями, называется шинопроводом.

В зависимости от назначения шинопроводы подразделяются на:

магистральные, предназначенные в основном для присоединения к ним распределительных шинопроводов и силовых распределительных пунктов, щитов и отдельных мощных электроприемников;

распределительные, предназначенные в основном для присоединения к ним электроприемников;

троллейные, предназначенные для питания передвижных электроприемников;

осветительные, предназначенные для питания светильников и электроприемников небольшой мощности.

2.2.4. Токопровод напряжением выше 1 кВ, выходящий за пределы одной электроустановки, называется протяженным.

### **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

2.2.5. В сетях 6-35 кВ промышленных предприятий для передачи в одном направлении мощности более 15-20 МВ·А при напряжении 6 кВ, более 25-35 МВ·А при напряжении 10 кВ и более 35 МВ·А при напряжении 35 кВ следует применять, как правило, гибкие или жесткие токопроводы преимущественно перед линиями, выполненными из большого числа параллельно прокладываемых кабелей.

Открытую прокладку токопроводов следует применять во всех случаях, когда она возможна по условиям генплана объекта электроснабжения и окружающей среды.

2.2.6. В местах, где в воздухе содержатся химически активные вещества, воздействующие разрушающе на токоведущие части, поддерживающие конструкции и изоляторы, токопроводы должны иметь соответствующее исполнение или должны быть приняты другие меры их защиты от указанных воздействий.

2.2.7. Расчет и выбор проводников, изоляторов, арматуры, конструкций и аппаратов токопроводов следует производить как по нормальным условиям работы (соответствие рабочему напряжению и току), так и по условиям работы при коротких замыканиях (см. гл. 1.4).

2.2.8. Токоведущие части должны иметь обозначение и расцветку в соответствии с требованиями гл. 1.1.

2.2.9. Токоведущие части токопроводов следует выполнять, как правило, из алюминиевых, сталеалюминиевых и стальных проводов, труб и шин профильного сечения.

2.2.10. Для заземления токоведущих частей токопроводов должны предусматриваться стационарные заземляющие ножи или переносные заземления в соответствии с требованиями 4.2.25 (см. также 2.2.30, п. 3).

2.2.11. Механические нагрузки на токопроводы, а также расчетные температуры окружающей среды следует определять в соответствии с требованиями, приведенными в 4.2.46-4.2.49.

2.2.12. Компонировка и конструктивное выполнение токопроводов должны предусматривать возможность удобного и безопасного производства монтажных и ремонтных работ.

2.2.13. Токопроводы выше 1 кВ на открытом воздухе должны быть защищены от грозовых перенапряжений в соответствии с требованиями 4.2.167 и 4.2.168.

2.2.14. В токопроводах переменного тока с симметричной нагрузкой при токе 1 кА и более рекомендуется, а при токе 1,6 кА и более следует предусматривать меры по снижению потерь электроэнергии в шинодержателях, арматуре и конструкциях от воздействия магнитного поля.

При токах 2,5 кА и более должны быть, кроме того, предусмотрены меры по снижению и выравниванию индуктивного сопротивления (например, расположение полюсов в пакетах по сторонам квадрата, применение спаренных фаз, профильных шин, круглых и квадратных полых труб, транспозиции). Для протяженных гибких токопроводов рекомендуется также применение внутрифазных транспозиций, количество которых должно определяться расчетным путем в зависимости от длины токопровода.

При несимметричных нагрузках значение тока, при котором необходимо предусматривать меры по снижению потерь электроэнергии от воздействия магнитного поля, должно в каждом отдельном случае определяться расчетом.

2.2.15. В случаях, когда изменение температуры, вибрация трансформаторов, неравномерная осадка здания и т. п. могут повлечь за собой опасные механические напряжения в проводниках, изоляторах или других элементах токопроводов, следует предусматривать меры к устранению этих напряжений (компенсаторы или подобные им приспособления). На жестких токопроводах компенсаторы должны устанавливаться также в местах пересечений с температурными и осадочными швами зданий и сооружений.

2.2.16. Неразъемные соединения токопроводов рекомендуется выполнять при помощи сварки. Для соединения ответвлений с гибкими токопроводами допускается применение прессуемых зажимов.

Соединения проводников из разных материалов должны выполняться так, чтобы была предотвращена коррозия контактных поверхностей.

2.2.17. Выбор сечения токопроводов выше 1 кВ по длительно допустимому току в нормальном и послеаварийном режимах следует производить с учетом ожидаемого роста нагрузок, но не более чем на 25-30% выше расчетных.

2.2.18. Для токопроводов, выполняемых с применением неизолированных проводов, длительно допустимые токи следует определять по гл. 1.3 с применением коэффициента 0,8 при отсутствии внутрифазной транспозиции проводов, 0,98 при наличии внутрифазной транспозиции проводов.

## **ТОКОПРОВОДЫ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ**

2.2.19. Места ответвлений от токопроводов должны быть доступны для обслуживания.

2.2.20. В производственных помещениях токопроводы исполнения IP00 следует располагать на высоте не менее 3,5 м от уровня пола или площадки обслуживания, а токопроводы исполнения до IP31 - не менее 2,5 м.

Высота установки токопроводов исполнения IP20 и выше с изолированными шинами, а также токопроводов исполнения IP40 и выше не нормируется. Не нормируется также высота установки токопроводов любого исполнения при напряжении сети 42 В и ниже переменного тока и 110 В и ниже постоянного тока.

В помещениях, посещаемых только квалифицированным обслуживающим персоналом (например, в технических этажах зданий и т. п.), высота установки токопроводов исполнения IP20 и выше не нормируется.

В электропомещениях промышленных предприятий высота установки токопроводов исполнения IP00 и выше не нормируется. Места, где возможны случайные прикосновения к токопроводам исполнения IP00, должны быть ограждены.

Токопроводы должны иметь дополнительную защиту в местах, где возможны механические повреждения.

Токопроводы и ограждения, размещаемые над проходами, должны быть установлены на высоте не менее 1,9 м от пола или площадки обслуживания.

Сетчатые ограждения токопроводов должны иметь сетку с ячейками не более 25x25 мм.

Конструкции, на которые устанавливаются токопроводы, должны быть выполнены из несгораемых материалов и иметь предел огнестойкости не менее 0,25 ч.

Узлы прохода токопроводов через перекрытия, перегородки и стены должны исключать возможность распространения пламени и дыма из одного помещения в другое.

2.2.21. Расстояние от токоведущих частей токопроводов без оболочек (исполнение IP00) до трубопроводов должно быть не менее 1 м, а до технологического оборудования - не менее 1,5 м.

Расстояние от шинпроводов, имеющих оболочки (исполнение IP21; IP31; IP51; IP65), до трубопроводов и технологического оборудования не нормируется.

2.2.22. Расстояние в свету между проводниками разных фаз или полюсов токопроводов без оболочек (IP00) и от них до стен зданий и заземленных конструкций должно быть не менее 50 мм, а до сгораемых элементов зданий - не менее 200 мм.

2.2.23. Коммутационная и защитная аппаратура для ответвлений от токопроводов должна устанавливаться непосредственно на токопроводах или вблизи пункта ответвления (см. также 3.1.16). Эта аппаратура должна быть расположена и ограждена так, чтобы исключалась возможность случайного прикосновения к частям, находящимся под напряжением. Для оперативного управления с уровня пола или площадки обслуживания аппаратами, установленными на недоступной высоте, должны быть предусмотрены соответствующие устройства (тяги, тросы). Аппараты должны иметь различные с пола или площадки обслуживания признаки, указывающие положение аппарата (включено, отключено).

2.2.24. Для токопроводов следует применять изоляторы из негорючих материалов (фарфор, стеатит и т. п.).

2.2.25. По всей трассе токопроводов без защитных оболочек (IP00) через каждые 10-15 м, а также в местах, посещаемых людьми (посадочные площадки для крановщиков и т. п.), должны быть укреплены предупреждающие плакаты по технике безопасности.

2.2.26. Должны быть предусмотрены меры (например, изоляционные распорки) для предотвращения недопустимого сближения проводников фаз между собой и с оболочкой токопровода при прохождении токов КЗ.

2.2.27. На токопроводы в крановых пролетах распространяются следующие дополнительные требования:

1. Неогражденные токопроводы без защитных оболочек (IP00), прокладываемые по фермам, следует размещать на высоте не менее 2,5 м от уровня настила моста и тележки крана; при прокладке токопроводов ниже 2,5 м, но не ниже уровня нижнего пояса фермы перекрытия должны быть предусмотрены ограждения от случайного прикосновения к ним с настила моста и тележки крана на всем протяжении токопроводов. Допускается устройство ограждения в виде навеса на самом кране под токопроводом.

2. Участки токопроводов без защитных оболочек (IP00) над ремонтными загонами для кранов (см. 5.4.16) должны иметь ограждения, предотвращающие прикосновение к токоведущим частям с настила тележки крана. Ограждение не требуется, если токопровод расположен над этим настилом на уровне не менее 2,5 м или если в этих местах применяются изолированные проводники; в последнем случае наименьшее расстояние до них определяют, исходя из ремонтных условий.

3. Прокладка токопроводов под краном без применения специальных мер защиты от механических повреждений допускается в мертвой зоне крана. Специальных мер защиты от механических повреждений не требуется предусматривать для шинопроводов в оболочке любого исполнения на ток до 630 А, расположенных вблизи технологического оборудования вне мертвой зоны крана.

## **ТОКОПРОВОДЫ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 кВ**

2.2.28. В производственных помещениях допускается применение токопроводов исполнения IP41 и выше, токопроводы должны быть расположены от уровня пола или площадки обслуживания на высоте не менее 2,5 м.

В производственных помещениях, посещаемых только квалифицированным обслуживающим персоналом (например, в технических этажах зданий и т. п.), высота установки токопроводов исполнения IP41 и выше не нормируется.

В электропомещениях допускается применение токопроводов любого исполнения. Высота установки от уровня пола или площадки обслуживания для токопроводов исполнения ниже IP41 - не менее 2,5 м; IP41 и выше - не нормируется.

2.2.29. На открытом воздухе могут применяться токопроводы всех исполнений (см. также 2.2.5 и 2.2.13).

2.2.30. При размещении токопроводов в туннелях и галереях должны быть выполнены требования 4.2.82, а также следующие требования:

1. Ширина коридоров обслуживания токопроводов, не имеющих оболочки (IP00), должна быть не менее: 1 м при одностороннем расположении и 1,2 м при двустороннем расположении. При длине токопровода более 150 м ширина коридора обслуживания как при одностороннем, так и при двустороннем обслуживании оборудования должна быть увеличена по сравнению с приведенной не менее чем на 0,2 м.

2. Высота ограждения токопроводов, не имеющих оболочки, от уровня пола должна быть не менее 1,7 м.

3. В начале и в конце токопровода, а также в промежуточных точках следует предусматривать стационарные заземляющие ножи или устройства для присоединения переносных заземлений. Число мест установки переносных заземлений должно выбираться таким, чтобы наведенное от соседних токопроводов при КЗ напряжение между двумя соседними точками установки заземлений не превышало 250 В.

2.2.31. В туннелях и галереях, где размещены токопроводы, должно быть выполнено освещение в соответствии с требованиями разд. 6. Освещение туннелей и галерей должно питаться от двух источников с чередованием присоединений ламп к обоим источникам.

Там, где прокладываются токопроводы без оболочек (IP00), осветительная арматура должна быть установлена так, чтобы было обеспечено безопасное ее обслуживание. В этом случае осветительная электропроводка в туннелях и галереях должна быть экранирована (кабели с металлической оболочкой, электропроводки в стальных трубах и др.).

2.2.32. При выполнении туннелей и галерей для токопроводов должны быть соблюдены следующие требования:

1. Сооружения должны выполняться из негорючих материалов. Несущие строительные конструкции из железобетона должны иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч, а из стального проката - не менее 0,25 ч.

2. Вентиляция должна быть выполнена такой, чтобы разность температур входящего и выходящего воздуха при номинальной нагрузке не превышала 15°C. Вентиляционные отверстия должны быть закрыты жалюзи или сетками и защищены козырьками.

3. Внутреннее пространство туннелей и галерей не должно пересекаться какими-либо трубопроводами.

4. Туннели и галереи токопроводов должны быть оборудованы устройствами связи. Аппаратура средств связи и места ее установки должны определяться при конкретном проектировании.

## **ГИБКИЕ ТОКОПРОВОДЫ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 кВ**

2.2.33. Гибкие токопроводы на открытом воздухе должны прокладываться на самостоятельных опорах. Совмещенная прокладка токопроводов и технологических трубопроводов на общих опорах не допускается.

2.2.34. Расстояние между проводами расщепленной фазы рекомендуется принимать равным не менее чем шести диаметрам применяемых проводов.

2.2.35. Расстояние между токоведущими частями и от них до заземленных конструкций, зданий и других сооружений, а также до полотна автомобильной или железной дороги должно приниматься по гл. 2.5.

2.2.36. Сближение токопроводов со зданиями и сооружениями, содержащими взрывоопасные помещения, а также со взрывоопасными наружными установками должно выполняться в соответствии с требованиями гл. 7.3.

2.2.37. Проверку расстояний от токопроводов до пересекаемых сооружений следует производить с учетом дополнительных весовых нагрузок на провода от междуфазных и внутрифазных распорок и возможной максимальной температуры провода в послеаварийном режиме. Максимальная температура при работе токопровода в послеаварийном режиме принимается равной плюс 70°C.

2.2.38. Располагать фазы цепи протяженного токопровода рекомендуется по вершинам равностороннего треугольника.

2.2.39. Конструкция протяжного токопровода должна предусматривать возможность применения переносных заземлений, позволяющих безопасно выполнять работы на отключенной цепи.

Число мест установки переносных заземлений выбирается по 2.2.30, п. 3.

2.2.40. При расчете проводов гибких токопроводов необходимо руководствоваться следующим:

1. Тяжение и напряжение в проводах при различных сочетаниях внешних нагрузок должны приниматься в зависимости от допустимого нормативного тяжения на фазу, обусловленного прочностью применяемых опор и узлов, воспринимающих усилия.

Нормативное тяжение на фазу следует принимать, как правило, не более 9,8 кН (10 тс).

2. Должны учитываться дополнительные весовые нагрузки на провода от междуфазных и внутрифазных распорок.

3. Давление ветра на провода должно рассчитываться по 2.5.30.

## **Глава 2.3. КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 220 кВ**

Внесено изменение решением Минтопэнерго от 13.07.98 (параграф 2.3.24)

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

2.3.1. Настоящая глава Правил распространяется на кабельные силовые линии до 220 кВ, а также линии, выполняемые контрольными кабелями. Кабельные линии более высоких напряжений выполняются по специальным проектам. Дополнительные требования к кабельным линиям приведены в гл. 7.3, 7.4 и 7.7.

2.3.2. Кабельной линией называется линия для передачи электроэнергии или отдельных импульсов ее, состоящая из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными, стопорными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями, а для маслonaполненных линий, кроме того, с подпитывающими аппаратами и системой сигнализации давления масла.

2.3.3. Кабельным сооружением называется сооружение, специально предназначенное для размещения в нем кабелей, кабельных муфт, а также маслoподпитывающих аппаратов и другого оборудования, предназначенного для обеспечения нормальной работы маслonaполненных кабельных линий. К кабельным сооружениям относятся: кабельные туннели, каналы, короба, блоки, шахты, этажи, двойные полы, кабельные эстакады, галереи, камеры, подпитывающие пункты.

Кабельным туннелем называется закрытое сооружение (коридор) с расположенными в нем опорными конструкциями для размещения на них кабелей и кабельных муфт, со свободным проходом по всей длине, позволяющим производить прокладку кабелей, ремонты и осмотры кабельных линий.

Кабельным каналом называется закрытое и заглубленное (частично или полностью) в грунт, пол, перекрытие и т. п. непроходное сооружение, предназначенное для размещения в нем кабелей, укладку, осмотр и ремонт которых возможно производить лишь при снятом перекрытии.

Кабельной шахтой называется вертикальное кабельное сооружение (как правило, прямоугольного сечения), у которого высота в несколько раз больше стороны сечения, снабженное скобами или лестницей для передвижения вдоль него людей (проходные шахты) или съемной полностью или частично стенкой (непроходные шахты).

Кабельным этажом называется часть здания, ограниченная полом и перекрытием или покрытием, с расстоянием между полом и выступающими частями перекрытия или покрытия не менее 1,8 м.

Двойным полом называется полость, ограниченная стенами помещения, междуэтажным перекрытием и полом помещения со съемными плитами (на всей или части площади).

Кабельным блоком называется кабельное сооружение с трубами (каналами) для прокладки в них кабелей с относящимися к нему колодцами.

Кабельной камерой называется подземное кабельное сооружение, закрываемое глухой съемной бетонной плитой, предназначенное для укладки кабельных муфт или для протяжки кабелей в блоки. Камера, имеющая люк для входа в нее, называется кабельным колодцем.

Кабельной эстакадой называется надземное или наземное открытое горизонтальное или наклонное протяженное кабельное сооружение. Кабельная эстакада может быть проходной или непроходной.

Кабельной галереей называется надземное или наземное закрытое полностью или частично (например, без боковых стен) горизонтальное или наклонное протяженное проходное кабельное сооружение.

2.3.4. Коробом называется - см. 2.1.10.

2.3.5. Лотком называется - см. 2.1.11.

2.3.6. Кабельной маслonaполненной линией низкого или высокого давления называется линия, в которой длительно допустимое избыточное давление составляет:

0,0245-0,294 МПа (0,25-3,0 кгс/см<sup>2</sup>) для кабелей низкого давления в свинцовой оболочке;

0,0245-0,49 МПа (0,25-5,0 кгс/см<sup>2</sup>) для кабелей низкого давления в алюминиевой оболочке;

1,08-1,57 МПа ( $11-16 \text{ кгс/см}^2$ ) для кабелей высокого давления.

2.3.7. Секцией кабельной маслонаполненной линии низкого давления называется участок линии между стопорными муфтами или стопорной и концевой муфтами.

2.3.8. Подпитывающим пунктом называется надземное, наземное или подземное сооружение с подпитывающими аппаратами и оборудованием (баки питания, баки давления, подпитывающие агрегаты и др.).

2.3.9. Разветвительным устройством называется часть кабельной линии высокого давления между концом стального трубопровода и концевыми однофазными муфтами.

2.3.10. Подпитывающим агрегатом называется автоматически действующее устройство, состоящее из баков, насосов, труб, перепускных клапанов, вентилях, щита автоматики и другого оборудования, предназначенного для обеспечения подпитки маслом кабельной линии высокого давления.

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

2.3.11. Проектирование и сооружение кабельных линий должны производиться на основе технико-экономических расчетов с учетом развития сети, ответственности и назначения линии, характера трассы, способа прокладки, конструкций кабелей и т. п.

2.3.12. При выборе трассы кабельной линии следует по возможности избегать участков с грунтами, агрессивными по отношению к металлическим оболочкам кабелей (см. также 2.3.44).

2.3.13. Над подземными кабельными линиями в соответствии с действующими правилами охраны электрических сетей должны устанавливаться охранные зоны в размере площадки над кабелями:

для кабельных линий выше 1 кВ по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей;

для кабельных линий до 1 кВ по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей, а при прохождении кабельных линий в городах под тротуарами - на 0,6 м в сторону зданий сооружений и на 1 м в сторону проезжей части улицы.

Для подводных кабельных линий до и выше 1 кВ в соответствии с указанными правилами должна быть установлена охранный зона, определяемая параллельными прямыми на расстоянии 100 м от крайних кабелей.

Охранные зоны кабельных линий используются с соблюдением требований правил охраны электрических сетей.

2.3.14. Трасса кабельной линии должна выбираться с учетом наименьшего расхода кабеля, обеспечения его сохранности при механических воздействиях, обеспечения защиты от коррозии, вибрации, перегрева и от повреждений соседних кабелей электрической дугой при возникновении КЗ на одном из кабелей. При размещении кабелей следует избегать перекрещиваний их между собой, с трубопроводами и пр.

При выборе трассы кабельной маслонаполненной линии низкого давления принимается во внимание рельеф местности для наиболее рационального размещения и использования на линии подпитывающих баков.

2.3.15. Кабельные линии должны выполняться так, чтобы в процессе монтажа и эксплуатации было исключено возникновение в них опасных механических напряжений и повреждений, для чего:



кабели должны быть уложены с запасом по длине, достаточным для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций самих кабелей и конструкций, по которым они проложены; укладывать запас кабеля в виде колец (витков) запрещается;

кабели, проложенные горизонтально по конструкциям, стенам, перекрытиям и т. п., должны быть жестко закреплены в конечных точках, непосредственно у концевых заделок, с обеих сторон изгибов и у соединительных и стопорных муфт;

кабели, проложенные вертикально по конструкциям и стенам, должны быть закреплены так, чтобы была предотвращена деформация оболочек и не нарушались соединения жил в муфтах под действием собственного веса кабелей;

конструкции, на которые укладываются небронированные кабели, должны быть выполнены таким образом, чтобы была исключена возможность механического повреждения оболочек кабелей; в местах жесткого крепления оболочки этих кабелей должны быть предохранены от механических повреждений и коррозии при помощи эластичных прокладок;

кабели (в том числе бронированные), расположенные в местах, где возможны механические повреждения (передвижение автотранспорта, механизмов и грузов, доступность для посторонних лиц), должны быть защищены по высоте на 2 м от уровня пола или земли и на 0,3 м в земле;

при прокладке кабелей рядом с другими кабелями, находящимися в эксплуатации, должны быть приняты меры для предотвращения повреждения последних;

кабели должны прокладываться на расстоянии от нагретых поверхностей, предотвращающем нагрев кабелей выше допустимого, при этом должна предусматриваться защита кабелей от прорыва горячих веществ в местах установки задвижек и фланцевых соединений.

2.3.16. Защита кабельных линий от блуждающих токов и почвенной коррозии должна удовлетворять требованиям настоящих Правил и СНиП 3-04.03-85 "Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии" Госстроя России.

2.3.17. Конструкции подземных кабельных сооружений должны быть рассчитаны с учетом массы кабелей, грунта, дорожного покрытия и нагрузки от проходящего транспорта.

2.3.18. Кабельные сооружения и конструкции, на которых укладываются кабели, должны выполняться из негорюемых материалов. Запрещается выполнение в кабельных сооружениях каких-либо временных устройств, хранение в них материалов и оборудования. Временные кабели должны прокладываться с соблюдением всех требований, предъявляемых к кабельным прокладкам, с разрешения эксплуатирующей организации.

2.3.19. Открытая прокладка кабельных линий должна производиться с учетом непосредственного действия солнечного излучения, а также теплоизлучений от различного рода источников тепла. При прокладке кабелей на географической широте более 65° защита от солнечного излучения не требуется.

2.3.20. Радиусы внутренней кривой изгиба кабелей должны иметь по отношению к их наружному диаметру кратности не менее указанных в стандартах или технических условиях на соответствующие марки кабелей.

2.3.21. Радиусы внутренней кривой изгиба жил кабелей при выполнении кабельных заделок должны иметь по отношению к приведенному диаметру жил кратности не менее указанных в стандартах или технических условиях на соответствующие марки кабелей.

2.3.22. Усилия тяжения при прокладке кабелей и протягивании их в трубах определяются механическими напряжениями, допустимыми для жил и оболочек.

2.3.23. Каждая кабельная линия должна иметь свой номер или наименование. Если кабельная линия состоит из нескольких параллельных кабелей, то каждый из них должен иметь тот же номер

с добавлением букв А, Б, В и т. д. Открыто проложенные кабели, а также все кабельные муфты должны быть снабжены бирками с обозначением на бирках кабелей и концевых муфт марки, напряжения, сечения, номера или наименования линии; на бирках соединительных муфт - номера муфты и даты монтажа. Бирки должны быть стойкими к воздействию окружающей среды. На кабелях, проложенных в кабельных сооружениях, бирки должны располагаться по длине не реже чем через каждые 50 м.

2.3.24. Охранные зоны кабельных линий, проложенных в земле в незастроенной местности, должны быть обозначены информационными знаками. Информационные знаки следует устанавливать не реже чем через 500 м, а также в местах изменения направления кабельных линий. На информационных знаках должны быть указаны ширина охранных зон кабельных линий и номера телефонов владельцев кабельных линий. (смотри в приложении "Требования к информационным знакам и их установке")

## **ВЫБОР СПОСОБОВ ПРОКЛАДКИ**

2.3.25. При выборе способов прокладки силовых кабельных линий до 35 кВ необходимо руководствоваться следующим:

1. При прокладке кабелей в земле рекомендуется в одной траншее прокладывать не более шести силовых кабелей. При большем количестве кабелей рекомендуется прокладывать их в отдельных траншеях с расстоянием между группами кабелей не менее 0,5 м или в каналах, туннелях, по эстакадам и в галереях.

2. Прокладка кабелей в туннелях, по эстакадам и в галереях рекомендуется при количестве силовых кабелей, идущих в одном направлении, более 20.

3. Прокладка кабелей в блоках применяется в условиях большой стесненности по трассе, в местах пересечений с железнодорожными путями и проездами, при вероятности разлива металла и т. п.

4. При выборе способов прокладки кабелей по территориям городов должны учитываться первоначальные капитальные затраты и затраты, связанные с производством эксплуатационно-ремонтных работ, а также удобство и экономичность обслуживания сооружений.

2.3.26. На территориях электростанций кабельные линии должны прокладываться в туннелях, коробах, каналах, блоках, по эстакадам и в галереях. Прокладка силовых кабелей в траншеях допускается только к удаленным вспомогательным объектам (склады топлива, мастерские) при количестве не более шести. На территориях электростанций общей мощностью до 25 МВт допускается также прокладка кабелей в траншеях.

2.3.27. На территориях промышленных предприятий кабельные линии должны прокладываться в земле (в траншеях), туннелях, блоках, каналах, по эстакадам, в галереях и по стенам зданий.

2.3.28. На территориях подстанций и распределительных устройств кабельные линии должны прокладываться в туннелях, коробах, каналах, трубах, в земле (в траншеях), наземных железобетонных лотках, по эстакадам и в галереях.

2.3.29. В городах и поселках одиночные кабельные линии следует, как правило, прокладывать в земле (в траншеях) по непроезжей части улиц (под тротуарами), по дворам и техническим полосам в виде газонов.

2.3.30. По улицам и площадям, насыщенным подземными коммуникациями, прокладку кабельных линий в количестве 10 и более в потоке рекомендуется производить в коллекторах и кабельных туннелях. При пересечении улиц и площадей с усовершенствованными покрытиями и

с интенсивным движением транспорта кабельные линии должны прокладываться в блоках или трубах.

2.3.31. При сооружении кабельных линий в районах многолетней мерзлоты следует учитывать физические явления, связанные с природой многолетней мерзлоты: пучинистый грунт, морозобойные трещины, оползни и т. п. В зависимости от местных условий кабели могут прокладываться в земле (в траншеях) ниже деятельного слоя, в деятельном слое в сухих, хорошо дренирующих грунтах, в искусственных насыпях из крупноскелетных сухих привозных грунтов, в лотках по поверхности земли, на эстакадах. Рекомендуется совместная прокладка кабелей с трубопроводами теплофикации, водопровода, канализации и т. п. в специальных сооружениях (коллекторах).

2.3.32. Осуществление разных видов прокладок кабелей в районах многолетней мерзлоты должно производиться с учетом следующего:

1. Для прокладки кабелей в земляных траншеях наиболее пригодными грунтами являются дренирующие грунты (скальные, галечные, гравийные, щебенистые и крупнопесчаные); пучинистые и просадочные грунты непригодны для прокладки в них кабельных линий. Прокладку кабелей непосредственно в грунте допускается осуществлять при числе кабелей не более четырех. По грунтово-мерзлотным и климатическим условиям запрещается прокладка кабелей в трубах, проложенных в земле. На пересечениях с другими кабельными линиями, дорогами и подземными коммуникациями кабели следует защищать железобетонными плитами.

Прокладка кабелей вблизи зданий не допускается. Ввод кабелей из траншеи в здание при отсутствии вентилируемого подполья должен выполняться выше нулевой отметки.

2. Прокладку кабелей в каналах допускается применять в местах, где деятельный слой состоит из непучинистых грунтов и имеет ровную поверхность с уклоном не более 0,2%, обеспечивающим сток поверхностных вод. Кабельные каналы следует выполнять из водонепроницаемого железобетона и покрывать снаружи надежной гидроизоляцией. Сверху каналы необходимо закрывать железобетонными плитами. Каналы могут выполняться заглубленными в грунт и без заглубления (поверх грунта). В последнем случае под каналом и вблизи него должна быть выполнена подушка толщиной не менее 0,5 м из сухого грунта.

2.3.33. Внутри зданий кабельные линии можно прокладывать непосредственно по конструкциям зданий (открыто и в коробах или трубах), в каналах, блоках, туннелях, трубах, проложенных в полах и перекрытиях, а также по фундаментам машин, в шахтах, кабельных этажах и двойных полах.

2.3.34. Маслонаполненные кабели могут прокладываться (при любом количестве кабелей) в туннелях и галереях и в земле (в траншеях); способ их прокладки определяется проектом.

## **ВЫБОР КАБЕЛЕЙ**

2.3.35. Для кабельных линий, прокладываемых по трассам, проходящим в различных грунтах и условиях окружающей среды, выбор конструкций и сечений кабелей следует производить по участку с наиболее тяжелыми условиями, если длина участков с более легкими условиями не превышает строительной длины кабеля. При значительной длине отдельных участков трассы с различными условиями прокладки для каждого из них следует выбирать соответствующие конструкции и сечения кабелей.

2.3.36. Для кабельных линий, прокладываемых по трассам с различными условиями охлаждения, сечения кабелей должны выбираться по участку трассы с худшими условиями охлаждения, если длина его составляет более 10 м. Допускается для кабельных линий до 10 кВ, за исключением подводных, применение кабелей разных сечений, но не более трех при условии, что длина наименьшего отрезка составляет не менее 20 м (см. также 2.3.70).

2.3.37. Для кабельных линий, прокладываемых в земле или воде, должны применяться преимущественно бронированные кабели. Металлические оболочки этих кабелей должны иметь внешний покров для защиты от химических воздействий. Кабели с другими конструкциями внешних защитных покрытий (небронированные) должны обладать необходимой стойкостью к механическим воздействиям при прокладке во всех видах грунтов, при протяжке в блоках и трубах, а также стойкостью по отношению к тепловым и механическим воздействиям при эксплуатационно-ремонтных работах.

2.3.38. Трубопроводы кабельных маслонаполненных линий высокого давления, прокладываемые в земле или воде, должны иметь защиту от коррозии в соответствии с проектом.

2.3.39. В кабельных сооружениях и производственных помещениях при отсутствии опасности механических повреждений в эксплуатации рекомендуется прокладывать небронированные кабели, а при наличии опасности механических повреждений в эксплуатации должны применяться бронированные кабели или защита их от механических повреждений.

Вне кабельных сооружений допускается прокладка небронированных кабелей на недоступной высоте (не менее 2 м); на меньшей высоте прокладка небронированных кабелей допускается при условии защиты их от механических повреждений (коробами, угловой сталью, трубами и т. п.).

При смешанной прокладке (земля - кабельное сооружение или производственное помещение) рекомендуется применение тех же марок кабелей, что и для прокладки в земле (см. 2.3.37), но без горючих наружных защитных покровов.

2.3.40. При прокладке кабельных линий в кабельных сооружениях, а также в производственных помещениях бронированные кабели не должны иметь поверх брони, а небронированные кабели - поверх металлических оболочек защитных покровов из горючих материалов.

Для открытой прокладки не допускается применять силовые и контрольные кабели с горючей полиэтиленовой изоляцией.

Металлические оболочки кабелей и металлические поверхности, по которым они прокладываются, должны быть защищены негорючим антикоррозийным покрытием.

При прокладке в помещениях с агрессивной средой должны применяться кабели, стойкие к воздействию этой среды.

2.3.41. Для кабельных линий электростанций, распределительных устройств и подстанций, указанных в 2.3.76, рекомендуется применять кабели, бронированные стальной лентой, защищенной негорючим покрытием. На электростанциях применение кабелей с горючей полиэтиленовой изоляцией не допускается.

2.3.42. Для кабельных линий, прокладываемых в кабельных блоках и трубах, как правило, должны применяться небронированные кабели в свинцовой усиленной оболочке. На участках блоков и труб, а также ответвлений от них длиной до 50 м допускается прокладка бронированных кабелей в свинцовой или алюминиевой оболочке без наружного покрова из кабельной пряжи. Для кабельных линий, прокладываемых в трубах, допускается применение кабелей в пластмассовой или резиновой оболочке.

2.3.43. Для прокладки в почвах, содержащих вещества, разрушительно действующие на оболочки кабелей (солончаки, болота, насыпной грунт со шлаком и строительным материалом и т. п.), а также в зонах, опасных из-за воздействия электрокоррозии, должны применяться кабели со свинцовыми оболочками и усиленными защитными покровами типов Б<sub>д</sub>, Б<sup>2л</sup> или кабели с алюминиевыми оболочками и особо усиленными защитными покровами типов Б<sup>в</sup>, Б<sup>н</sup> (в сплошном влагостойком пластмассовом шланге).

2.3.44. В местах пересечения кабельными линиями болот кабели должны выбираться с учетом геологических условий, а также химических и механических воздействий.

2.3.45. Для прокладки в почвах, подверженных смещению, должны применяться кабели с проволочной броней или приниматься меры по устранению усилий, действующих на кабель при смещении почвы (укрепление грунта шпунтовыми или свайными рядами и т. п.).

2.3.46. В местах пересечения кабельными линиями ручьев, их пойм и канав должны применяться такие же кабели, как и для прокладки в земле (см. также 2.3.99).

2.3.47. Для кабельных линий, прокладываемых по железнодорожным мостам, а также по другим мостам с интенсивным движением транспорта, рекомендуется применять бронированные кабели в алюминиевой оболочке.

2.3.48. Для кабельных линий передвижных механизмов должны применяться гибкие кабели с резиновой или другой аналогичной изоляцией, выдерживающей многократные изгибы (см. также 1.7.111).

2.3.49. Для подводных кабельных линий следует применять кабели с броней из круглой проволоки, по возможности одной строительной длины. С этой целью разрешается применение одножильных кабелей.

В местах перехода кабельных линий с берега в море при наличии сильного морского прибоя, при прокладке кабеля на участках рек с сильным течением и размываемыми берегами, а также на больших глубинах (до 40-60 м) следует применять кабель с двойной металлической броней.

Кабели с резиновой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке, а также кабели в алюминиевой оболочке без специальных водонепроницаемых покрытий для прокладки в воде не допускаются.

При прокладке кабельных линий через небольшие несудоходные и несплавные реки шириной (вместе с затопляемой поймой) не более 100 м, с устойчивыми руслом и дном допускается применение кабелей с ленточной броней.

2.3.50. Для кабельных маслонаполненных линий напряжением 110-220 кВ тип и конструкция кабелей определяются проектом.

2.3.51. При прокладке кабельных линий до 35 кВ на вертикальных и наклонных участках трассы с разностью уровней, превышающей допустимую по ГОСТ для кабелей с вязкой пропиткой, должны применяться кабели с нестекающей пропиточной массой, кабели с обедненно-пропитанной бумажной изоляцией и кабели с резиновой или пластмассовой изоляцией. Для указанных условий кабели с вязкой пропиткой допускается применять только со стопорными муфтами, размещенными по трассе, в соответствии с допустимыми разностями уровней для этих кабелей по ГОСТ.

Разность вертикальных отметок между стопорными муфтами кабельных маслонаполненных линий низкого давления определяется соответствующими техническими условиями на кабель и расчетом подпитки при предельных тепловых режимах.

2.3.52. В четырехпроводных сетях должны применяться четырехжильные кабели. Прокладка нулевых жил отдельно от фазных не допускается. Допускается применение трехжильных силовых кабелей в алюминиевой оболочке напряжением до 1 кВ с использованием их оболочки в качестве нулевого провода (четвертой жилы) в четырехпроводных сетях переменного тока (осветительных, силовых и смешанных) с глухозаземленной нейтралью, за исключением установок со взрывоопасной средой и установок, в которых при нормальных условиях эксплуатации ток в нулевом проводе составляет более 75% допустимого длительного тока фазного провода.

Использование для указанной цели свинцовых оболочек трехжильных силовых кабелей допускается лишь в реконструируемых городских электрических сетях 220/127 и 380/220 В.

2.3.53. Для кабельных линий до 35 кВ допускается применять одножильные кабели, если это приводит к значительной экономии меди или алюминия в сравнении с трехжильными или если отсутствует возможность применения кабеля необходимой строительной длины. Сечение этих кабелей должно выбираться с учетом их дополнительного нагрева токами, наводимыми в оболочках.

Должны быть также выполнены мероприятия по обеспечению равного распределения тока между параллельно включенными кабелями и безопасного прикосновения к их оболочкам, исключению нагрева находящихся в непосредственной близости металлических частей и надежному закреплению кабелей в изолирующих клицах.

### **ПОДПИТЫВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА И СИГНАЛИЗАЦИЯ ДАВЛЕНИЯ МАСЛА КАБЕЛЬНЫХ МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ЛИНИЙ**

2.3.54. Маслоподпитывающая система должна обеспечивать надежную работу линии в любых нормальных и переходных тепловых режимах.

2.3.55. Количество масла, находящегося в маслоподпитывающей системе, должно определяться с учетом расхода на подпитку кабеля. Кроме того, должен быть запас масла для аварийного ремонта и заполнения маслом наиболее протяженной секции кабельной линии.

2.3.56. Подпитывающие баки линий низкого давления рекомендуется размещать в закрытых помещениях. Небольшое количество подпитывающих баков (5-6) на открытых пунктах питания рекомендуется располагать в легких металлических ящиках на порталах, опорах и т. п. (при температуре окружающего воздуха не ниже минус 30°C). Подпитывающие баки должны быть снабжены указателями давления масла и защищены от прямого воздействия солнечного излучения.

2.3.57. Подпитывающие агрегаты линий высокого давления должны быть размещены в закрытых помещениях, имеющих температуру не ниже +10°C, и расположены возможно ближе к месту присоединения к кабельным линиям (см. также 2.3.131). Присоединение нескольких подпитывающих агрегатов к линии производится через масляный коллектор.

2.3.58. При параллельной прокладке нескольких кабельных маслonaполненных линий высокого давления рекомендуется подпитку маслом каждой линии производить от отдельных подпитывающих агрегатов или следует устанавливать устройство для автоматического переключения агрегатов на ту или другую линию.

2.3.59. Подпитывающие агрегаты рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых источников питания с обязательным устройством автоматического включения резерва (АВР). Подпитывающие агрегаты должны быть отделены один от другого несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

2.3.60. Каждая кабельная маслonaполненная линия должна иметь систему сигнализации давления масла, обеспечивающую регистрацию и передачу дежурному персоналу сигналов о понижении и повышении давления масла сверх допустимых пределов.

2.3.61. На каждой секции кабельной маслonaполненной линии низкого давления должно быть установлено по крайней мере два датчика, на линии высокого давления - датчик на каждом подпитывающем агрегате. Аварийные сигналы должны передаваться на пункт с постоянным дежурством персонала. Система сигнализации давления масла должна иметь защиту от влияния электрических полей силовых кабельных линий.

2.3.62. Подпитывающие пункты на линиях низкого давления должны быть оборудованы телефонной связью с диспетчерскими пунктами (электросети, сетевого района).

2.3.63. Маслопровод, соединяющий коллектор подпитывающего агрегата с кабельной маслonaполненной линией высокого давления, должен прокладываться в помещениях с положительной температурой. Допускается прокладка его в утепленных траншеях, лотках, каналах и в земле ниже зоны промерзания при условии обеспечения положительной температуры окружающей среды.

2.3.64. Вибрация в помещении щита с приборами для автоматического управления подпитывающим агрегатом не должна превышать допустимых пределов.

## СОЕДИНЕНИЯ И ЗАДЕЛКИ КАБЕЛЕЙ

2.3.65. При соединении и оконцевании силовых кабелей следует применять конструкции муфт, соответствующие условиям их работы и окружающей среды. Соединения и заделки на кабельных линиях должны быть выполнены так, чтобы кабели были защищены от проникновения в них влаги и других вредодействующих веществ из окружающей среды и чтобы соединения и заделки выдерживали испытательные напряжения для кабельной линии и соответствовали требованиям ГОСТ.

2.3.66. Для кабельных линий до 35 кВ концевые и соединительные муфты должны применяться в соответствии с действующей технической документацией на муфты, утвержденной в установленном порядке.

2.3.67. Для соединительных и стопорных муфт кабельных маслonaполненных линий низкого давления необходимо применять только латунные или медные муфты.

Длина секций и места установки стопорных муфт на кабельных маслonaполненных линиях низкого давления определяются с учетом подпитки линий маслом в нормальном и переходных тепловых режимах.

Стопорные и полустопорные муфты на кабельных маслonaполненных линиях должны размещаться в кабельных колодцах; соединительные муфты при прокладке кабелей в земле рекомендуется размещать в камерах, подлежащих последующей засыпке просеянной землей или песком.

В районах с электрифицированным транспортом (метрополитен, трамваи, железные дороги) или с агрессивными по отношению к металлическим оболочкам и муфтам кабельных линий почвами соединительные муфты должны быть доступны для контроля.

2.3.68. На кабельных линиях, выполняемых кабелями с нормально пропитанной бумажной изоляцией и кабелями, пропитанными нестекающей массой, соединения кабелей должны производиться при помощи стопорно-переходных муфт, если уровень прокладки кабелей с нормально пропитанной изоляцией выше уровня прокладки кабелей, пропитанных нестекающей массой (см. также 2.3.51).

2.3.69. На кабельных линиях выше 1 кВ, выполняемых гибкими кабелями с резиновой изоляцией в резиновом шланге, соединения кабелей должны производиться горячим вулканизированием с покрытием противосырьственным лаком.

2.3.70. Число соединительных муфт на 1 км вновь строящихся кабельных линий должно быть не более: для трехжильных кабелей 1-10 кВ сечением до  $3 \times 95 \text{ мм}^2$  4 шт.; для трехжильных кабелей 1-10 кВ сечениями  $3 \times 120 - 3 \times 240 \text{ мм}^2$  5 шт.; для трехфазных кабелей 20-35 кВ 6 шт.; для одножильных кабелей 2 шт.

Для кабельных линий 110-220 кВ число соединительных муфт определяется проектом.

Использование маломерных отрезков кабелей для сооружения протяженных кабельных линий не допускается.

## ЗАЗЕМЛЕНИЕ

2.3.71. Кабели с металлическими оболочками или броней, а также кабельные конструкции, на которых прокладываются кабели, должны быть заземлены или занулены в соответствии с требованиями, приведенными в гл. 1.7.

2.3.72. При заземлении или занулении металлических оболочек силовых кабелей оболочка и броня должны быть соединены гибким медным проводом между собой и с корпусами муфт (концевых, соединительных и др.). На кабелях 6 кВ и выше с алюминиевыми оболочками заземление оболочки и брони должно выполняться отдельными проводниками.

Применять заземляющие или нулевые защитные проводники с проводимостью, большей, чем проводимость оболочек кабелей, не требуется, однако сечение во всех случаях должно быть не менее  $6 \text{ мм}^2$ .

Сечения заземляющих проводников контрольных кабелей следует выбирать в соответствии с требованиями 1.7.76-1.7.78.

Если на опоре конструкции установлены наружная концевая муфта и комплект разрядников, то броня, металлическая оболочка и муфта должны быть присоединены к заземляющему устройству разрядников. Использование в качестве заземляющего устройства только металлических оболочек кабелей в этом случае не допускается.

Эстакады и галереи должны быть оборудованы молниезащитой согласно РД 34.21.122-87 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений" Минэнерго СССР.

2.3.73. На кабельных маслонаполненных линиях низкого давления заземляются концевые, соединительные и стопорные муфты.

На кабелях с алюминиевыми оболочками подпитывающие устройства должны подсоединяться к линиям через изолирующие вставки, а корпуса концевых муфт должны быть изолированы от алюминиевых оболочек кабелей. Указанное требование не распространяется на кабельные линии с непосредственным вводом в трансформаторы.

При применении для кабельных маслонаполненных линий низкого давления бронированных кабелей в каждом колодце броня кабеля с обеих сторон муфты должна быть соединена сваркой и заземлена.

2.3.74. Стальной трубопровод маслонаполненных кабельных линий высокого давления, проложенных в земле, должен быть заземлен во всех колодцах и по концам, а проложенных в кабельных сооружениях - по концам и в промежуточных точках, определяемых расчетами в проекте.

При необходимости активной защиты стального трубопровода от коррозии заземление его выполняется в соответствии с требованиями этой защиты, при этом должна быть обеспечена возможность контроля электрического сопротивления антикоррозийного покрытия.

2.3.75. При переходе кабельной линии в воздушную (ВЛ) и при отсутствии у опоры ВЛ заземляющего устройства кабельные муфты (мачтовые) допускается заземлять присоединением металлической оболочки кабеля, если кабельная муфта на другом конце кабеля присоединена к заземляющему устройству или сопротивление заземления кабельной оболочки соответствует требованиям гл. 1.7.



## СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАБЕЛЬНОМУ ХОЗЯЙСТВУ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ, ПОДСТАНЦИЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

2.3.76. Требования, приведенные в 2.3.77-2.3.82, распространяются на кабельные хозяйства тепловых и гидроэлектростанций мощностью 25 МВт и более, распределительных устройств и подстанций напряжением 220-500 кВ, а также распределительных устройств и подстанций, имеющих особое значение в энергосистеме (см. также 2.3.113).

2.3.77. Главная схема электрических соединений, схема собственных нужд и схема оперативного тока, управление оборудованием и компоновка оборудования и кабельного хозяйства электростанции или подстанции должны выполняться таким образом, чтобы при возникновении пожаров в кабельном хозяйстве или вне его были исключены нарушения работы, более чем одного блока электростанции, одновременная потеря взаимно резервирующих присоединений распределительных устройств и подстанций, а также выход из работы систем обнаружения и тушения пожаров.

2.3.78. Для основных кабельных потоков электростанций должны предусматриваться кабельные сооружения (этажи, туннели, шахты и др.), изолированные от технологического оборудования и исключающие доступ к кабелям посторонних лиц.

При размещении потоков кабелей на электростанциях трассы кабельных линий должны выбираться с учетом:

- предотвращения перегрева кабелей от нагретых поверхностей технологического оборудования;

- предотвращения повреждений кабелей при выхлопах (возгораниях и взрывах) пыли через предохранительные устройства пылесистем;

- недопущения прокладки транзитных кабелей в технологических туннелях гидрозолоудаления, помещениях химводоочистки, а также в местах, где располагаются трубопроводы с химически агрессивными жидкостями.

2.3.79. Взаимно резервирующие ответственные кабельные линии (силовые, оперативного тока, средств связи, управления, сигнализации, систем пожаротушения и т. п.) должны прокладываться так, чтобы при пожарах была исключена возможность одновременной потери взаимно резервирующих кабельных линий. На участках кабельного хозяйства, где возникновение аварии угрожает ее большим развитием, кабельные потоки следует делить на изолированные одна от другой группы. Распределение кабелей по группам принимается в зависимости от местных условий.

2.3.80. В пределах одного энергоблока разрешается выполнение кабельных сооружений с пределом огнестойкости 0,25 ч. При этом технологическое оборудование, которое может служить источником пожара (баки с маслом, маслостанции и т. п.), должно иметь ограждения с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч, исключающие возможность загорания кабелей при возникновении пожара на этом оборудовании.

В пределах одного энергоблока электростанции разрешается прокладка кабелей вне специальных кабельных сооружений при условии надежной их защиты от механических повреждений и заноса пылью, от искр и огня при производстве ремонта технологического оборудования, обеспечения нормальных температурных условий для кабельных линий и удобства их обслуживания.

Для обеспечения доступа к кабелям при расположении их на высоте 5 м и более должны сооружаться специальные площадки и проходы.

Для одиночных кабелей и небольших групп кабелей (до 20) эксплуатационные площадки могут не сооружаться, но при этом должна быть обеспечена возможность быстрой замены и ремонта кабелей в условиях эксплуатации.

При прокладке кабелей в пределах одного энергоблока вне специальных кабельных сооружений должно обеспечиваться по возможности разделение их на отдельные группы, проходящие по различным трассам.

2.3.81. Кабельные этажи и туннели, в которых размещаются кабели различных энергоблоков электростанции, включая кабельные этажи и туннели под блочными щитами управления, должны быть разделены поблочно и отделены от других помещений, кабельных этажей, туннелей, шахт, коробов и каналов несгораемыми перегородками и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч, в том числе в местах прохода кабелей.

В местах предполагаемого прохода кабелей через перегородки и перекрытия в целях обеспечения возможности замены и дополнительной прокладки кабелей должна предусматриваться перегородка из несгораемого, легко пробиваемого материала с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

В протяженных кабельных сооружениях тепловых электростанций должны предусматриваться аварийные выходы, расположенные, как правило, не реже чем через 50 м.

Кабельные хозяйства электростанций должны быть отделены от отходящих сетевых кабельных туннелей и коллекторов несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

2.3.82. Места входа кабелей в помещения закрытых распределительных устройств и в помещения щитов управления и защиты открытых распределительных устройств должны иметь перегородки с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

Места входа кабелей на блочные щиты управления электростанцией должны быть закрыты перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

Кабельные шахты должны быть отделены от кабельных туннелей, этажей и других кабельных сооружений несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч и иметь перекрытия сверху и внизу. Протяженные шахты при проходе через перекрытия, но не реже чем через 20 м должны делиться на отсеки несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

Проходные кабельные шахты должны иметь входные двери и быть оборудованы лестницами или специальными скобами.

## **ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В ЗЕМЛЕ**

2.3.83. При прокладке кабельных линий непосредственно в земле кабели должны прокладываться в траншеях и иметь снизу подсыпку, а сверху засыпку слоем мелкой земли, не содержащей камней, строительного мусора и шлака.

Кабели на всем протяжении должны быть защищены от механических повреждений путем покрытия при напряжении 35 кВ и выше железобетонными плитами толщиной не менее 50 мм; при напряжении ниже 35 кВ - плитами или глиняным обыкновенным кирпичом в один слой поперек трассы кабелей; при рытье траншеи землеройным механизмом с шириной фрезы менее 250 мм, а также для одного кабеля - вдоль трассы кабельной линии. Применение силикатного, а также глиняного пустотелого или дырчатого кирпича не допускается.

При прокладке на глубине 1-1,2 м кабели 20 кВ и ниже (кроме кабелей городских электросетей) допускается не защищать от механических повреждений.

Кабели до 1 кВ должны иметь такую защиту лишь на участках, где вероятны механические повреждения (например, в местах частых раскопок). Асфальтовые покрытия улиц и т. п. рассматриваются как места, где разрытия производятся в редких случаях. Для кабельных линий до 20 кВ, кроме линий выше 1 кВ, питающих электроприемники I категории\*, допускается в траншеях с количеством кабельных линий не более двух применять вместо кирпича сигнальные пластмассовые ленты, удовлетворяющие техническим требованиям, утвержденным Минэнерго СССР. Не допускается применение сигнальных лент в местах пересечений кабельных линий с инженерными коммуникациями и над кабельными муфтами на расстоянии по 2 м в каждую сторону от пересекаемой коммуникации или муфты, а также на подходах линий к распределительным устройствам и подстанциям в радиусе 5 м.

---

\* По местным условиям, при согласии владельца линий, допускается расширение области применения сигнальных лент.

Сигнальная лента должна укладываться в траншее над кабелями на расстоянии 250 мм от их наружных покровов. При расположении в траншее одного кабеля лента должна укладываться по оси кабеля, при большем количестве кабелей - края ленты должны выступать за крайние кабели не менее чем на 50 мм. При укладке по ширине траншеи более одной ленты - смежные ленты должны прокладываться с нахлестом шириной не менее 50 мм.

При применении сигнальной ленты прокладка кабелей в траншее с устройством подушки для кабелей, присыпка кабелей первым слоем земли и укладка ленты, включая присыпку ленты слоем земли по всей длине, должны производиться в присутствии представителя электромонтажной организации и владельца электросетей.

2.3.84. Глубина заложения кабельных линий от планировочной отметки должна быть не менее: линий до 20 кВ 0,7 м; 35 кВ 1 м; при пересечении улиц и площадей независимо от напряжения 1 м.

Кабельные маслонаполненные линии 110-220 кВ должны иметь глубину заложения от планировочной отметки не менее 1,5 м.

Допускается уменьшение глубины до 0,5 м на участках длиной до 5 м при вводе линий в здания, а также в местах пересечения их с подземными сооружениями при условии защиты кабелей от механических повреждений (например, прокладка в трубах).

Прокладка кабельных линий 6-10 кВ по пахотным землям должна производиться на глубине не менее 1 м, при этом полоса земли над трассой может быть занята под посевы.

2.3.85. Расстояние в свету от кабеля, проложенного непосредственно в земле, до фундаментов зданий и сооружений должно быть не менее 0,6 м. Прокладка кабелей непосредственно в земле под фундаментами зданий и сооружений не допускается. При прокладке транзитных кабелей в подвалах и технических подпольях жилых и общественных зданий следует руководствоваться СНиП Госстроя России.

2.3.86. При параллельной прокладке кабельных линий расстояние по горизонтали в свету между кабелями должно быть не менее:

- 1) 100 мм между силовыми кабелями до 10 кВ, а также между ними и контрольными кабелями;
- 2) 250 мм между кабелями 20-35 кВ и между ними и другими кабелями;
- 3) 500 мм\* между кабелями, эксплуатируемыми различными организациями, а также между силовыми кабелями и кабелями связи;

---

\* Согласовано с Министерством связи СССР.

4) 500 мм между маслонаполненными кабелями 110-220 кВ и другими кабелями; при этом кабельные маслонаполненные линии низкого давления отделяются одна от другой и от других кабелей железобетонными плитами, поставленными на ребро; кроме того, следует производить расчет электромагнитного влияния на кабели связи.

Допускается в случаях необходимости по согласованию между эксплуатирующими организациями с учетом местных условий уменьшение расстояний, указанных в п. 2 и 3, до 100 мм, а между силовыми кабелями до 10 кВ и кабелями связи, кроме кабелей с цепями, уплотненными высокочастотными системами телефонной связи, до 250 мм при условии защиты кабелей от повреждений, могущих возникнуть при КЗ в одном из кабелей (прокладка в трубах, установка несгораемых перегородок и т. п.).

Расстояние между контрольными кабелями не нормируется.

2.3.87. При прокладке кабельных линий в зоне насаждений расстояние от кабелей до стволов деревьев должно быть, как правило, не менее 2 м. Допускается по согласованию с организацией, в ведении которой находятся зеленые насаждения, уменьшение этого расстояния при условии прокладки кабелей в трубах, проложенных путем подкопки.

При прокладке кабелей в пределах зеленой зоны с кустарниковыми посадками указанные расстояния допускается уменьшить до 0,75 м.

2.3.88. При параллельной прокладке расстояние по горизонтали в свету от кабельных линий напряжением до 35 кВ и маслонаполненных кабельных линий до трубопроводов, водопровода, канализации и дренажа должно быть не менее 1 м; до газопроводов низкого (0,0049 МПа), среднего (0,294 МПа) и высокого давления (более 0,294 до 0,588 МПа) - не менее 1 м; до газопроводов высокого давления (более 0,588 до 1,176 МПа) - не менее 2 м; до теплопроводов - см. 2.3.89.

В стесненных условиях допускается уменьшение указанных расстояний для кабельных линий до 35 кВ, за исключением расстояний до трубопроводов с горючими жидкостями и газами, до 0,5 м без специальной защиты кабелей и до 0,25 м при прокладке кабелей в трубах. Для маслонаполненных кабельных линий 110-220 кВ на участке сближения длиной не более 50 м допускается уменьшение расстояния по горизонтали в свету до трубопроводов, за исключением трубопроводов с горючими жидкостями и газами, до 0,5 м при условии устройства между маслонаполненными кабелями и трубопроводом защитной стенки, исключающей возможность механических повреждений. Параллельная прокладка кабелей над и под трубопроводами не допускается.

2.3.89. При прокладке кабельной линии параллельно с теплопроводом расстояние в свету между кабелем и стенкой канала теплопровода должно быть не менее 2 м или теплопровод на всем участке сближения с кабельной линией должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы дополнительный нагрев земли теплопроводом в месте прохождения кабелей в любое время года не превышал 10°C для кабельных линий до 10 кВ и 5°C - для линий 20-220 кВ.

2.3.90. При прокладке кабельной линии параллельно с железными дорогами кабели должны прокладываться, как правило, вне зоны отчуждения дороги. Прокладка кабелей в пределах зоны отчуждения допускается только по согласованию с организациями Министерства путей сообщения, при этом расстояние от кабеля до оси пути железной дороги должно быть не менее 3,25 м, а для электрифицированной дороги - не менее 10,75 м. В стесненных условиях допускается уменьшение указанных расстояний, при этом кабели на всем участке сближения должны прокладываться в блоках или трубах.

При электрифицированных дорогах на постоянном токе блоки или трубы должны быть изолирующими (асбестоцементные, пропитанные гудроном или битумом и др.)\*.

---

\* Согласовано с Министерством путей сообщения.

2.3.91. При прокладке кабельной линии параллельно с трамвайными путями расстояние от кабеля до оси трамвайного пути должно быть не менее 2,75 м. В стесненных условиях допускается уменьшение этого расстояния при условии, что кабели на всем участке сближения будут проложены в изолирующих блоках или трубах, указанных в 2.3.90.

2.3.92. При прокладке кабельной линии параллельно с автомобильными дорогами категорий I и II (см. 2.5.145) кабели должны прокладываться с внешней стороны кювета или подошвы насыпи на расстоянии не менее 1 м от бровки или не менее 1,5 м от бордюрного камня. Уменьшение указанного расстояния допускается в каждом отдельном случае по согласованию с соответствующими управлениями дорог.

2.3.93. При прокладке кабельной линии параллельно с ВЛ 110 кВ и выше расстояние от кабеля до вертикальной плоскости, проходящей через крайний провод линии, должно быть не менее 10 м.

Расстояние в свету от кабельной линии до заземленных частей и заземлителей опор ВЛ выше 1 кВ должно быть не менее 5 м при напряжении до 35 кВ, 10 м при напряжении 110 кВ и выше. В стесненных условиях расстояние от кабельных линий до подземных частей и заземлителей отдельных опор ВЛ выше 1 кВ допускается не менее 2 м; при этом расстояние от кабеля до вертикальной плоскости, проходящей через провод ВЛ, не нормируется.

Расстояние в свету от кабельной линии до опоры ВЛ до 1 кВ должно быть не менее 1 м, а при прокладке кабеля на участке сближения в изолирующей трубе 0,5 м.

На территориях электростанций и подстанций в стесненных условиях допускается прокладывать кабельные линии на расстояниях не менее 0,5 м от подземной части опор воздушных связей (токопроводов) и ВЛ выше 1 кВ, если заземляющие устройства этих опор присоединены к контуру заземления подстанций.

2.3.94\*. При пересечении кабельными линиями других кабелей они должны быть разделены слоем земли толщиной не менее 0,5 м; это расстояние в стесненных условиях для кабелей до 35 кВ может быть уменьшено до 0,15 м при условии разделения кабелей на всем участке пересечения плюс по 1 м в каждую сторону плитами или трубами из бетона или другого равнопрочного материала; при этом кабели связи должны быть расположены выше силовых кабелей.

---

\* Согласовано с Министерством связи СССР.

2.3.95. При пересечении кабельными линиями трубопроводов, в том числе нефте- и газопроводов, расстояние между кабелями и трубопроводом должно быть не менее 0,5 м. Допускается уменьшение этого расстояния до 0,25 м при условии прокладки кабеля на участке пересечения плюс не менее чем по 2 м в каждую сторону в трубах.

При пересечении кабельной маслonaполненной линией трубопроводов расстояние между ними в свету должно быть не менее 1 м. Для стесненных условий допускается принимать расстояние не менее 0,25 м, но при условии размещения кабелей в трубах или железобетонных лотках с крышкой.

2.3.96. При пересечении кабельными линиями до 35 кВ теплопроводов расстояние между кабелями и перекрытием теплопровода в свету должно быть не менее 0,5 м, а в стесненных условиях - не менее 0,25 м. При этом теплопровод на участке пересечения плюс по 2 м в каждую сторону от крайних кабелей должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы температура земли не повышалась более чем на 10°C по отношению к высшей летней температуре и на 15°C по отношению к низшей зимней.

В случаях, когда указанные условия не могут быть соблюдены, допускается выполнение одного из следующих мероприятий: заглубление кабелей до 0,5 м вместо 0,7 м (см. 2.3.84); применение кабельной вставки большего сечения; прокладка кабелей под теплопроводом в трубах на расстоянии от него не менее 0,5 м, при этом трубы должны быть уложены таким

образом, чтобы замена кабелей могла быть выполнена без производства земляных работ (например, ввод концов труб в камеры).

При пересечении кабельной маслonaполненной линией теплопровода расстояние между кабелями и перекрытием теплопровода должно быть не менее 1 м, а в стесненных условиях - не менее 0,5 м. При этом теплопровод на участке пересечения плюс по 3 м в каждую сторону от крайних кабелей должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы температура земли не повышалась более чем на 5°C в любое время года.

2.3.97. При пересечении кабельными линиями железных и автомобильных дорог кабели должны прокладываться в туннелях, блоках или трубах по всей ширине зоны отчуждения на глубине не менее 1 м от полотна дороги и не менее 0,5 м от дна водоотводных канав. При отсутствии зоны отчуждения указанные условия прокладки должны выполняться только на участке пересечения плюс по 2 м по обе стороны от полотна дороги.

При пересечении кабельными линиями электрифицированных и подлежащих электрификации на постоянном токе\* железных дорог блоки и трубы должны быть изолирующими (см. 2.3.90). Место пересечения должно находиться на расстоянии не менее 10 м от стрелок, крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей. Пересечение кабелей с путями электрифицированного рельсового транспорта должно производиться под углом 75-90° к оси пути.

---

\* Согласовано с Министерством путей сообщения.

Концы блоков и труб должны быть утоплены джутовыми плетеными шнурами, обмазанными водонепроницаемой (мятой) глиной на глубину не менее 300 мм.

При пересечении тупиковых дорог промышленного назначения с малой интенсивностью движения, а также специальных путей (например, на слипах и т. п.) кабели, как правило, должны прокладываться непосредственно в земле.

При пересечении трассы кабельных линий вновь сооружаемой железной неэлектрифицированной дорогой или автомобильной дорогой перекладки действующих кабельных линий не требуется. В месте пересечения должны быть заложены на случай ремонта кабелей в необходимом количестве резервные блоки или трубы с плотно заделанными торцами.

В случае перехода кабельной линии в воздушную кабель должен выходить на поверхность на расстоянии не менее 3,5 м от подошвы насыпи или от кромки полотна.

2.3.98. При пересечении кабельными линиями трамвайных путей кабели должны прокладываться в изолирующих блоках или трубах (см. 2.3.90). Пересечение должно выполняться на расстоянии не менее 3 м от стрелок, крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей.

2.3.99. При пересечении кабельными линиями въездов для автотранспорта во дворы, гаражи и т. д. прокладка кабелей должна производиться в трубах. Таким же способом должны быть защищены кабели в местах пересечения ручьев и канав.

2.3.100. При установке на кабельных линиях кабельных муфт расстояние в свету между корпусом кабельной муфты и ближайшим кабелем должно быть не менее 250 мм.

При прокладке кабельных линий на крутонаклонных трассах установка на них кабельных муфт не рекомендуется. При необходимости установки на таких участках кабельных муфт под ними должны выполняться горизонтальные площадки.

Для обеспечения возможности перемонтажа муфт в случае их повреждения на кабельной линии требуется укладывать кабель с обеих сторон муфт с запасом.

2.3.101. При наличии по трассе кабельной линии блуждающих токов опасных величин необходимо:

1. Изменить трассу кабельной линии с тем, чтобы обойти опасные зоны.

2. При невозможности изменить трассу: предусмотреть меры по максимальному снижению уровней блуждающих токов; применить кабели с повышенной стойкостью к воздействию коррозии; осуществить активную защиту кабелей от воздействия электрокоррозии.

При прокладках кабелей в агрессивных грунтах и зонах с наличием блуждающих токов недопустимых значений должна применяться катодная поляризация (установка электродренажей, протекторов, катодная защита). При любых способах подключения электродренажных устройств должны соблюдаться нормы разностей потенциалов на участках отсасывания, предусмотренные СНиП 3.04.03-85 "Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии" Госстроя России. Применять катодную защиту внешним током на кабелях, проложенных в солончаковых грунтах или засоленных водоемах, не рекомендуется.

Необходимость защиты кабельных линий от коррозии должна определяться по совокупным данным электрических измерений и химических анализов проб грунта. Защита кабельных линий от коррозии не должна создавать условий, опасных для работы смежных подземных сооружений. Запроектированные мероприятия по защите от коррозии должны быть осуществлены до ввода новой кабельной линии в эксплуатацию. При наличии в земле блуждающих токов необходимо устанавливать на кабельных линиях контрольные пункты в местах и на расстояниях, позволяющих определять границы опасных зон, что необходимо для последующего рационального выбора и размещения защитных средств.

Для контроля потенциалов на кабельных линиях допускается использовать места выходов кабелей на трансформаторные подстанции, распределительные пункты и т. д.

### **ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В КАБЕЛЬНЫХ БЛОКАХ, ТРУБАХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЛОТКАХ**

2.3.102. Для изготовления кабельных блоков, а также для прокладки кабелей в трубах допускается применять стальные, чугунные асбестоцементные, бетонные, керамические и тому подобные трубы. При выборе материала для блоков и труб следует учитывать уровень грунтовых вод и их агрессивность, а также наличие блуждающих токов.

Маслонаполненные однофазные кабели низкого давления необходимо прокладывать только в асбестоцементных и других трубах из немагнитного материала, при этом каждая фаза должна прокладываться в отдельной трубе.

2.3.103. Допустимое количество каналов в блоках, расстояния между ними и их размер должны приниматься согласно 1.3.20.

2.3.104. Каждый кабельный блок должен иметь до 15% резервных каналов, но не менее одного канала.

2.3.105. Глубина заложения в земле кабельных блоков и труб должна приниматься по местным условиям, но быть не менее расстояний, приведенных в 2.3.84, считая до верхнего кабеля. Глубина заложения кабельных блоков и труб на закрытых территориях и в полах производственных помещений не нормируется.

2.3.106. Кабельные блоки должны иметь уклон не менее 0,2% в сторону колодцев. Такой же уклон необходимо соблюдать и при прокладке труб для кабелей.

2.3.107. При прокладке труб для кабельных линий непосредственно в земле наименьшие расстояния в свету между трубами и между ними и другими кабелями и сооружениями должны приниматься, как для кабелей, проложенных без труб (см. 2.3.86).

При прокладке кабельных линий в трубах в полу помещения расстояния между ними принимаются, как для прокладки в земле.

2.3.108. В местах, где изменяется направление трассы кабельных линий, проложенных в блоках, и в местах перехода кабелей и кабельных блоков в землю должны сооружаться кабельные колодцы, обеспечивающие удобную протяжку кабелей и удаление их из блоков. Такие колодцы должны сооружаться также и на прямолинейных участках трассы на расстоянии один от другого, определяемом предельно допустимым тяжением кабелей. При числе кабелей до 10 и напряжении не выше 35 кВ переход кабелей из блоков в землю допускается осуществлять без кабельных колодцев. При этом места выхода кабелей из блоков должны быть заделаны водонепроницаемым материалом.

2.3.109. Переход кабельных линий из блоков и труб в здания, туннели, подвалы и т. п. должен осуществляться одним из следующих способов: непосредственным вводом в них блоков и труб, сооружением колодцев или приемков внутри зданий либо камер у их наружных стен.

Должны быть предусмотрены меры, исключаяющие проникновение через трубы или проемы воды и мелких животных из траншей в здания, туннели и т.п.

2.3.110. Каналы кабельных блоков, трубы, выход из них, а также их соединения должны иметь обработанную и очищенную поверхность для предотвращения механических повреждений оболочек кабелей при протяжке. На выходах кабелей из блоков в кабельные сооружения и камеры должны предусматриваться меры, предотвращающие повреждение оболочек от истирания и растрескивания (применение эластичных подкладок, соблюдение необходимых радиусов изгиба и др.).

2.3.111. При высоком уровне грунтовых вод на территории ОРУ следует отдавать предпочтение надземным способам прокладки кабелей (в лотках или коробках). Надземные лотки и плиты для их покрытия должны быть выполнены из железобетона. Лотки должны быть уложены на специальных бетонных подкладках с уклоном не менее 0,2% по спланированной трассе таким образом, чтобы не препятствовать стоку ливневых вод. При наличии в днищах надземных лотков проемов, обеспечивающих выпуск ливневых вод, создавать уклон не требуется.

При применении кабельных лотков для прокладки кабелей должны обеспечиваться проезд по территории ОРУ и подъезд к оборудованию машин и механизмов, необходимых для выполнения ремонтных и эксплуатационных работ. Для этой цели должны быть устроены переезды через лотки при помощи железобетонных плит с учетом нагрузки от проходящего транспорта, с сохранением расположения лотков на одном уровне. При применении кабельных лотков не допускается прокладка кабелей под дорогами и переездами в трубах, каналах и траншеях, расположенных ниже лотков.

Выход кабелей из лотков к шкафам управления и защиты должен выполняться в трубах, не заглубляемых в землю. Прокладка кабельных перемычек в пределах одной ячейки ОРУ допускается в траншее, причем применение в этом случае труб для защиты кабелей при подводке их к шкафам управления и релейной защиты не рекомендуется. Защита кабелей от механических повреждений должна выполняться другими способами (с применением уголка, швеллера и др.).

## **ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В КАБЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЯХ**

2.3.112. Кабельные сооружения всех видов должны выполняться с учетом возможности дополнительной прокладки кабелей в размере 15% количества кабелей, предусмотренного



проектом (замена кабелей в процессе монтажа, дополнительная прокладка в последующей эксплуатации и др.).

2.3.113. Кабельные этажи, туннели, галереи, эстакады и шахты должны быть отделены от других помещений и соседних кабельных сооружений несгораемыми перегородками и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Такими же перегородками протяженные туннели должны разделяться на отсеки длиной не более 150 м при наличии силовых и контрольных кабелей и не более 100 м при наличии маслонаполненных кабелей. Площадь каждого отсека двойного пола должна быть не более 600 м<sup>2</sup>.

Двери в кабельных сооружениях и перегородках с пределом огнестойкости 0,75 ч должны иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч в электроустановках, перечисленных в 2.3.76, и 0,6 ч в остальных электроустановках.

Выходы из кабельных сооружений должны предусматриваться наружу или в помещения с производствами категорий Г и Д. Количество и расположение выходов из кабельных сооружений должно определяться, исходя из местных условий, но их должно быть не менее двух. При длине кабельного сооружения не более 25 м допускается иметь один выход.

Двери кабельных сооружений должны быть samozакрывающимися, с уплотненными притворами. Выходные двери из кабельных сооружений должны открываться наружу и должны иметь замки, отпираемые из кабельных сооружений без ключа, а двери между отсеками должны открываться по направлению ближайшего выхода и оборудоваться устройствами, поддерживающими их в закрытом положении.

Проходные кабельные эстакады с мостиками обслуживания должны иметь входы с лестницами. Расстояние между входами должно быть не более 150 м. Расстояние от торца эстакады до входа на нее не должно превышать 25 м.

Входы должны иметь двери, предотвращающие свободный доступ на эстакады лицам, не связанным с обслуживанием кабельного хозяйства. Двери должны иметь samozапирающиеся замки, открываемые без ключа с внутренней стороны эстакады.

Расстояние между входами в кабельную галерею при прокладке в ней кабелей не выше 35 кВ должно быть не более 150 м, а при прокладке маслонаполненных кабелей - не более 120 м.

Наружные кабельные эстакады и галереи должны иметь основные несущие строительные конструкции (колонны, балки) из железобетона с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч или из стального проката с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч.

Несущие конструкции зданий и сооружений, которые могут опасно деформироваться или снизить механическую прочность при горении групп (потоков) кабелей, проложенных вблизи этих конструкций на наружных кабельных эстакадах и галереях, должны иметь защиту, обеспечивающую предел огнестойкости защищаемых конструкций не менее 0,75 ч.

Кабельные галереи должны делиться на отсеки несгораемыми противопожарными перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Длина отсеков галерей должна быть не более 150 м при прокладке в них кабелей до 35 кВ и не более 120 м при прокладке маслонаполненных кабелей. На наружные кабельные галереи, закрытые частично, указанные требования не распространяются.

2.3.114. В туннелях и каналах должны быть выполнены мероприятия по предотвращению попадания в них технологических вод и масла, а также должен быть обеспечен отвод почвенных и ливневых вод. Полы в них должны иметь уклон не менее 0,5% в сторону водосборников или ливневой канализации. Проход из одного отсека туннеля в другой при их расположении на разных уровнях должен быть осуществлен с помощью пандуса с углом подъема не выше 15°. Устройство ступеней между отсеками туннелей запрещается.

В кабельных каналах, сооружаемых вне помещений и расположенных выше уровня грунтовых вод, допускается земляное дно с дренирующей подсыпкой толщиной 10-15 см из утрамбованного гравия или песка.

В туннелях должны быть предусмотрены дренажные механизмы; при этом рекомендуется применять автоматический их пуск в зависимости от уровня воды. Пусковые аппараты и электродвигатели должны иметь исполнение, допускающее их работу в особо сырых местах.

При переходах эстакады и галереи проходного типа с одной отметки на другую должен быть выполнен пандус с уклоном не более 15°. Как исключение, допускается устройство лестницы с уклоном 1:1.

2.3.115. Кабельные каналы и двойные полы в распределительных устройствах и помещениях должны перекрываться съемными несгораемыми плитами. В электромашинных и тому подобных помещениях каналы рекомендуется перекрывать рифленой сталью, а в помещениях щитов управления с паркетными полами - деревянными щитами с паркетом, защищенными снизу асбестом и по асбесту жестью. Перекрытие каналов и двойных полов должно быть рассчитано на передвижение по нему соответствующего оборудования.

2.3.116. Кабельные каналы вне зданий должны быть засыпаны поверх съемных плит слоем земли толщиной не менее 0,3 м. На огражденных территориях засыпка кабельных каналов землей поверх съемных плит не обязательна. Масса отдельной плиты перекрытия, снимаемой вручную, не должна превышать 70 кг. Плиты должны иметь приспособление для подъема.

2.3.117. На участках, где могут быть пролиты расплавленный металл, жидкости с высокой температурой или же вещества, разрушающе действующие на металлические оболочки кабелей, сооружение кабельных каналов не допускается. На указанных участках не допускается также устройство люков в коллекторах и туннелях.

2.3.118. Подземные туннели вне зданий должны иметь поверх перекрытия слой земли толщиной не менее 0,5 м.

2.3.119. При совместной прокладке кабелей и теплопроводов в сооружениях дополнительный нагрев воздуха теплопроводом в месте расположения кабелей в любое время года не должен превышать 5°C, для чего должны быть предусмотрены вентиляция и теплоизоляция на трубах.

2.3.120. В кабельных сооружениях кабели рекомендуется прокладывать целыми строительными длинами, а размещение кабелей в сооружениях должно производиться в соответствии со следующим:

1. Контрольные кабели и кабели связи следует размещать только под или только над силовыми кабелями; при этом их следует отделять перегородкой. В местах пересечения и ответвления допускается прокладка контрольных кабелей и кабелей связи над и под силовыми кабелями.

2. Контрольные кабели допускается прокладывать рядом с силовыми кабелями до 1 кВ.

3. Силовые кабели до 1 кВ рекомендуется прокладывать над кабелями выше 1 кВ; при этом их следует отделять перегородкой.

4. Различные группы кабелей: рабочие и резервные кабели выше 1 кВ генераторов, трансформаторов и т. п., питающие электроприемники I категории, рекомендуется прокладывать на разных горизонтальных уровнях и разделять перегородками.

5. Разделительные перегородки, указанные в п. 1, 3 и 4, должны быть несгораемыми с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч.

При применении автоматического пожаротушения с использованием воздушно-механической пены или распыленной воды перегородки, указанные в п. 1, 3 и 4, допускается не устанавливать.

На наружных кабельных эстакадах и в наружных закрытых частично кабельных галереях установка разделительных перегородок, указанных в п. 1, 3 и 4, не требуется. При этом взаимно резервирующие силовые кабельные линии (за исключением линий к электроприемникам особой группы I категории) следует прокладывать с расстоянием между ними не менее 600 мм и рекомендуется располагать: на эстакадах по обе стороны пролетной несущей конструкции (балки, фермы); в галереях по разным сторонам от прохода.

2.3.121. Маслонаполненные кабели следует прокладывать, как правило, в отдельных кабельных сооружениях. Допускается их прокладка совместно с другими кабелями; при этом маслонаполненные кабели следует размещать в нижней части кабельного сооружения и отделять от других кабелей горизонтальными перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Такими же перегородками следует отделять одну от другой маслонаполненные кабельные линии.

2.3.122. Необходимость применения и объем автоматических стационарных средств обнаружения и тушения пожаров в кабельных сооружениях должны определяться на основании ведомственных документов, утвержденных в установленном порядке.

В непосредственной близости от входа, люков и вентиляционных шахт (в радиусе не более 25 м) должны быть установлены пожарные краны. Для эстакад и галерей пожарные гидранты должны располагаться с таким расчетом, чтобы расстояние от любой точки оси трассы эстакады и галереи до ближайшего гидранта не превышало 100 м.

2.3.123. В кабельных сооружениях прокладку контрольных кабелей и силовых кабелей сечением 25 мм<sup>2</sup> и более, за исключением небронированных кабелей со свинцовой оболочкой, следует выполнять по кабельным конструкциям (консолям).

Контрольные небронированные кабели, силовые небронированные кабели со свинцовой оболочкой и небронированные силовые кабели всех исполнений сечением 16 мм<sup>2</sup> и менее следует прокладывать по лоткам или перегородкам (сплошным или несплошным).

Допускается прокладка кабелей по дну канала при глубине его не более 0,9 м; при этом расстояние между группой силовых кабелей выше 1 кВ и группой контрольных кабелей должно быть не менее 100 мм или эти группы кабелей должны быть разделены несгораемой перегородкой с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч.

Расстояния между отдельными кабелями приведены в табл. 2.3.1.

Засыпка силовых кабелей, проложенных в каналах, песком запрещается (исключение см. в 7.3.110).

В кабельных сооружениях высота, ширина проходов и расстояние между конструкциями и кабелями должны быть не менее приведенных в табл. 2.3.1. По сравнению с приведенными в таблице расстояниями допускается местное сужение проходов до 800 мм или снижение высоты до 1,5 м на длине 1,0 м с соответствующим уменьшением расстояния между кабелями по вертикали при одностороннем и двустороннем расположении конструкций.

**Таблица 2.3.1. Наименьшее расстояние для кабельных сооружений**

Расстояние	Наименьшие размеры, мм, при прокладке	
	в туннелях, галереях, кабельных этажах и на эстакадах	в кабельных каналах и двойных полах
Высота в свету	1800	Не ограничивается, но не более 1200 мм

По горизонтали в свету между конструкциями при двустороннем их расположении (ширина прохода)	1000	300 при глубине до 0,6 м; 450 при глубине более 0,6 до 0,9 м; 600 при глубине более 0,9 м
По горизонтали в свету от конструкции до стены при одностороннем расположении (ширина прохода)	900	То же
По вертикали между горизонтальными конструкциями *:		
для силовых кабелей напряжением:		
до 10 кВ	200	150
20-35 кВ	250	200
110 кВ и выше	300**	250
для контрольных кабелей и кабелей связи, а также силовых сечением до 3х25 мм <sup>2</sup> напряжением до 1 кВ		100
Между опорными конструкциями (консолями) по длине сооружения		800-1000
По вертикали и горизонтали в свету между одиночными силовыми кабелями напряжением до 35 кВ***		Не менее диаметра кабеля
По горизонтали между контрольными кабелями и кабелями связи ***		Не нормируется
По горизонтали в свету между кабелями напряжением 110 кВ и выше	100	Не менее диаметра кабеля
<p>* Полезная длина консоли должна быть не более 500 мм на прямых участках трассы.</p> <p>** При расположении кабелей треугольником 250 мм.</p> <p>*** В том числе для кабелей, прокладываемых в кабельных шахтах.</p>		

2.3.124. Прокладка контрольных кабелей допускается пучками на лотках и многослойно в металлических коробах при соблюдении следующих условий:

1. Наружный диаметр пучка кабелей должен быть не более 100 мм.
2. Высота слоев в одном коробе не должна превышать 150 мм.
3. В пучках и многослойно должны прокладываться только кабели с однотипными оболочками.
4. Крепление кабелей в пучках, многослойно в коробах, пучков кабелей к лоткам следует выполнять так, чтобы была предотвращена деформация оболочек кабелей под действием собственного веса и устройств крепления.

5. В целях пожарной безопасности внутри коробов должны устанавливаться огнепреградительные пояса: на вертикальных участках - на расстоянии не более 20 м, а также при проходе через перекрытие; на горизонтальных участках - при проходе через перегородки.

6. В каждом направлении кабельной трассы следует предусматривать запас емкости не менее 15% общей емкости коробов.

Прокладка силовых кабелей пучками и многослойно не допускается.

2.3.125\*. В местах, насыщенных подземными коммуникациями, допускается выполнение полупроходных туннелей высотой, уменьшенной по сравнению с предусмотренной в табл. 2.3.1, но не менее 1,5 м, при условии выполнения следующих требований: напряжение кабельных линий должно быть не выше 10 кВ; протяженность туннеля должна быть не более 100 м; остальные расстояния должны соответствовать приведенным в табл. 2.3.1; на концах туннеля должны быть выходы или люки.

---

\* Согласовано с ЦК профсоюза рабочих электростанций и электротехнической промышленности.

2.3.126. Маслонаполненные кабели низкого давления должны крепиться на металлических конструкциях таким образом, чтобы была исключена возможность образования вокруг кабелей замкнутых магнитных контуров; расстояние между местами крепления должно быть не более 1 м.

Стальные трубопроводы кабельных маслонаполненных линий высокого давления могут прокладываться на опорах или подвешиваться на подвесках; расстояние между опорами или подвесками определяется проектом линии. Кроме того, трубопроводы должны закрепляться на неподвижных опорах для предотвращения возникновения в трубопроводах температурных деформаций в условиях эксплуатации.

Воспринимаемые опорами нагрузки от веса трубопровода не должны приводить к каким-либо перемещениям или разрушениям фундаментов опор. Количество указанных опор и места их расположения определяются проектом.

Механические опоры и крепления разветвительных устройств на линиях высокого давления должны предотвращать раскачивание труб разветвлений, образование замкнутых магнитных контуров вокруг них, а в местах креплений или касаний опор должны быть предусмотрены изолирующие прокладки.

2.3.127. Высота кабельных колодцев должна быть не менее 1,8 м; высота камер не нормируется. Кабельные колодцы для соединительных, стопорных и полустопорных муфт должны иметь размеры, обеспечивающие монтаж муфт без разрытия.

Береговые колодцы на подводных переходах должны иметь размеры, обеспечивающие размещение резервных кабелей и подпитывающих аппаратов.

В полу колодца должен быть устроен приямок для сбора грунтовых и ливневых вод; должно быть также предусмотрено водоотливное устройство в соответствии с требованиями, приведенными в 2.3.114.

Кабельные колодцы должны быть снабжены металлическими лестницами.

В кабельных колодцах кабели и соединительные муфты должны быть уложены на конструкциях, лотках или перегородках.

2.3.128. Люки кабельных колодцев и туннелей должны иметь диаметр не менее 650 мм и закрываться двойными металлическими крышками, из которых нижняя должна иметь приспособление для закрывания на замок, открываемый со стороны туннеля без ключа. Крышки

должны иметь приспособления для их снятия. Внутри помещений применение второй крышки не требуется.

2.3.129. На соединительных муфтах силовых кабелей напряжением 6-35 кВ в туннелях, кабельных этажах и каналах должны быть установлены специальные защитные кожухи для локализации пожаров и взрывов, которые могут возникнуть при электрических пробоях в муфтах.

2.3.130. Концевые муфты на кабельных маслонаполненных линиях высокого давления должны располагаться в помещениях с положительной температурой воздуха или быть оборудованы автоматическим обогревом при снижении температуры окружающего воздуха ниже +5°C.

2.3.131. При прокладке маслонаполненных кабелей в галереях необходимо предусмотреть отопление галерей в соответствии с техническими условиями на маслонаполненные кабели.

Помещения маслоподпитывающих агрегатов линий высокого давления должны иметь естественную вентиляцию. Подземные подпитывающие пункты допускается совмещать с кабельными колодцами; при этом колодцы должны быть оборудованы водоотливными устройствами в соответствии с 2.3.127.

2.3.132. Кабельные сооружения, за исключением эстакад, колодцев для соединительных муфт, каналов и камер, должны быть обеспечены естественной или искусственной вентиляцией, причем вентиляция каждого отсека должна быть независимой.

Расчет вентиляции кабельных сооружений определяется, исходя из перепада температур между поступающим и удаляемым воздухом не более 10°C. При этом должно быть предотвращено образование мешков горячего воздуха в сужениях туннелей, поворотах, обходах и т. д.

Вентиляционные устройства должны быть оборудованы заслонками (шиберами) для прекращения доступа воздуха в случае возникновения возгорания, а также для предупреждения промерзания туннеля в зимнее время. Исполнение вентиляционных устройств должно обеспечивать возможность применения автоматики прекращения доступа воздуха в сооружения.

При прокладке кабелей внутри помещений должен быть предотвращен перегрев кабелей за счет повышенной температуры окружающего воздуха и влияния технологического оборудования.

Кабельные сооружения, за исключением колодцев для соединительных муфт, каналов, камер и открытых эстакад, должны быть оборудованы электрическим освещением и сетью для питания переносных светильников и инструмента. На тепловых электростанциях сеть для питания инструмента допускается не выполнять.

2.3.133. Прокладка кабелей в коллекторах, технологических галереях и по технологическим эстакадам выполняется в соответствии с требованиями СНиП Госстроя России.

Наименьшие расстояния в свету от кабельных эстакад и галерей до зданий и сооружений должны соответствовать приведенным в табл. 2.3.2.

Пересечение кабельных эстакад и галерей с воздушными линиями электропередачи, внутризаводскими железными и автомобильными дорогами, пожарными проездами, канатными дорогами, воздушными линиями связи и радиификации и трубопроводами рекомендуется выполнять под углом не менее 30°.

**Таблица 2.3.2. Наименьшее расстояние от кабельных эстакад и галерей до зданий и сооружений**

Сооружение	Нормируемое расстояние	Наименьшие размеры, м
------------	------------------------	-----------------------

При параллельном следовании, по горизонтали		
Здания и сооружения с глухими стенами	От конструкции эстакады и галереи до стены здания и сооружения	Не нормируется
Здания и сооружения, имеющие стены с проемами	То же	2
Внутризаводская неэлектрифицированная железная дорога	От конструкции эстакады и галереи до габарита приближения строений	1 м для галерей и проходных эстакад; 3 м для непроходных эстакад
Внутризаводская автомобильная дорога и пожарные проезды	От конструкции эстакады и галереи до бордюрного камня, внешней бровки или подошвы кювета дороги	2
Канатная дорога	От конструкции эстакады и галереи до габарита подвижного состава	1
Надземный трубопровод	От конструкции эстакады и галереи до ближайших частей трубопровода	0,5
Воздушная линия электропередачи	От конструкции эстакады и галереи до проводов	См. 2.5.114
При пересечении, по вертикали		
Внутризаводская неэлектрифицированная железная дорога	От нижней отметки эстакады и галереи до головки рельса	5,6
Внутризаводская электрифицированная железная дорога	От нижней отметки эстакады и галереи: до головки рельса	7,1
	до наивысшего провода или несущего троса контактной сети	3
Внутризаводская автомобильная дорога (пожарный проезд)	От нижней отметки эстакады и галереи до полотна автомобильной дороги (пожарного проезда)	4,5
Надземный трубопровод	От конструкции эстакады и галереи до ближайших частей трубопровода	0,5
Воздушная линия электропередачи	От конструкции эстакады и галереи до проводов	См. 2.5.113
Воздушная линия связи и радиификации	То же	1,5

Расположение эстакад и галерей во взрывоопасных зонах - см. гл. 7.3, расположение эстакад и галерей в пожароопасных зонах - см. гл. 7.4.

При параллельном следовании эстакад и галерей с воздушными линиями связи и радиофикации наименьшие расстояния между кабелями и проводами линии связи и радиофикации определяются на основании расчета влияния кабельных линий на линии связи и радиофикации. Провода связи и радиофикации могут располагаться под и над эстакадами и галереями.

Наименьшая высота кабельной эстакады и галереи в непроезжей части территории промышленного предприятия должна приниматься из расчета возможности прокладки нижнего ряда кабелей на уровне не менее 2,5 м от планировочной отметки земли.

## **ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ**

2.3.134. При прокладке кабельных линий в производственных помещениях должны быть выполнены следующие требования:

1. Кабели должны быть доступны для ремонта, а открыто проложенные - и для осмотра.

Кабели (в том числе бронированные), расположенные в местах, где производится перемещение механизмов, оборудования, грузов и транспорта, должны быть защищены от повреждений в соответствии с требованиями, приведенными в 2.3.15.

2. Расстояние в свету между кабелями должно соответствовать приведенному в табл. 2.3.1.

3. Расстояние между параллельно проложенными силовыми кабелями и всякого рода трубопроводами, как правило, должно быть не менее 0,5 м, а между газопроводами и трубопроводами с горючими жидкостями - не менее 1 м. При меньших расстояниях сближения и при пересечениях кабели должны быть защищены от механических повреждений (металлическими трубами, кожухами и т. п.) на всем участке сближения плюс по 0,5 м с каждой его стороны, а в необходимых случаях защищены от перегрева.

Пересечения кабелями проходов должны выполняться на высоте не менее 1,8 м от пола.

Параллельная прокладка кабелей над и под маслопроводами и трубопроводами с горючей жидкостью в вертикальной плоскости не допускается.

2.3.135. Прокладка кабелей в полу и междуэтажных перекрытиях должна производиться в каналах или трубах; заделка в них кабелей наглухо не допускается. Проход кабелей через перекрытия и внутренние стены может производиться в трубах или проемах; после прокладки кабелей зазоры в трубах и проемах должны быть заделаны легко пробиваемым несгораемым материалом.

Прокладка кабелей в вентиляционных каналах запрещается. Допускается пересечение этих каналов одиночными кабелями, заключенными в стальные трубы.

Открытая прокладка кабеля по лестничным клеткам не допускается.

## **ПОДВОДНАЯ ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ**

2.3.136. При пересечении кабельными линиями рек, каналов и т. п. кабели должны прокладываться преимущественно на участках с дном и берегами, мало подверженными размыванию (пересечение ручьев - см. 2.3.46). При прокладке кабелей через реки с неустойчивым руслом и берегами, подверженными размыванию, заглубление кабелей в дно должно быть



сделано с учетом местных условий. Глубина заложения кабелей определяется проектом. Прокладка кабелей в зонах пристаней, причалов, гаваней, паромных переправ, а также зимних регулярных стоянок судов и барж не рекомендуется.

2.3.137. При прокладке кабельных линий в море должны учитываться данные о глубине, скорости и стиле перемещения воды в месте перехода, господствующих ветрах, профиле и химическом составе дна, химическом составе воды.

2.3.138. Прокладка кабельных линий должна производиться по дну таким образом, чтобы в неровных местах они не оказались на весу; острые выступы должны быть устранены. Отмели, каменные гряды и другие подводные препятствия на трассе следует обходить или предусматривать в них траншеи или проходы.

2.3.139. При пересечении кабельными линиями рек, каналов и т. п. кабели, как правило, должны заглубляться в дно на глубину не менее 1 м на прибрежных и мелководных участках, а также на судоходных и сплавных путях; 2 м при пересечении кабельными маслonaполненными линиями.

В водоемах, где периодически производятся дноуглубительные работы, кабели заглубляются в дно до отметки, определяемой по согласованию с организациями водного транспорта.

При прокладке кабельных маслonaполненных линий 110-220 кВ на судоходных реках и каналах в целях защиты их от механических повреждений рекомендуется заполнять траншеи мешками с песком с последующей наброской камней.

2.3.140. Расстояние между кабелями, заглубляемыми в дно рек, каналов и т. п. с шириной водоема до 100 м, рекомендуется принимать не менее 0,25 м. Вновь сооружаемые подводные кабельные линии должны прокладываться на расстоянии от действующих кабельных линий не менее 1,25 глубины водоема, исчисленной для многолетнего среднего уровня воды.

При прокладке в воде кабелей низкого давления на глубине 5-15 м и при скорости течения, не превышающей 1 м/с, расстояния между отдельными фазами (без специальных креплений фаз между собой) рекомендуется принимать не менее 0,5 м, а расстояния между крайними кабелями параллельных линий - не менее 5 м.

При подводных прокладках на глубине более 15 м, а также при скоростях течения более 1 м/с расстояния между отдельными фазами и линиями принимаются в соответствии с проектом.

При параллельной прокладке под водой кабельных маслonaполненных линий и линий до 35 кВ расстояние по горизонтали между ними в свету должно быть не менее 1,25 глубины, исчисленной для многолетнего среднего уровня воды, но не менее 20 м.

Расстояние по горизонтали от кабелей, заглубляемых в дно рек, каналов и других водоемов, до трубопроводов (нефтепроводов, газопроводов и т. п.) должно определяться проектом в зависимости от вида дноуглубительных работ, выполняемых при прокладках трубопроводов и кабелей, и быть не менее 50 м. Допускается уменьшение этого расстояния до 15 м по согласованию с организациями, в ведении которых находятся кабельные линии и трубопроводы.

2.3.141. На берегах без усовершенствованных набережных в месте подводного кабельного перехода должен быть предусмотрен резерв длиной не менее 10 м при речной и 30 м при морской прокладке, который укладывается восьмеркой. На усовершенствованных набережных кабели должны прокладываться в трубах. В месте выхода кабелей, как правило, должны быть устроены кабельные колодцы. Верхний конец трубы должен входить в береговой колодец, а нижний находиться на глубине не менее 1 м от наименьшего уровня воды. На береговых участках трубы должны быть прочно заделаны.

2.3.142. В местах, где русло и берега подвержены размыву, необходимо принять меры против обнажения кабелей при ледоходах и наводнениях путем укрепления берегов (замошение, отбойные дамбы, сваи, шпунты, плиты и т. д.).

2.3.143. Пересечение кабелей между собой под водой запрещается.

2.3.144. Подводные кабельные переходы должны быть обозначены на берегах сигнальными знаками согласно действующим правилам плавания по внутренним судоходным путям и морским проливам.

2.3.145. При прокладке в воде трех и более кабелей до 35 кВ должен быть предусмотрен один резервный кабель на каждые три рабочих. При прокладке в воде кабельных маслonaполненных линий из однофазных кабелей должен быть предусмотрен резерв: для одной линии - одна фаза, для двух линий - две фазы, для трех и более - по проекту, но не менее двух фаз. Резервные фазы должны быть проложены таким образом, чтобы они могли быть использованы взамен любой из действующих рабочих фаз.

### **ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПО СПЕЦИАЛЬНЫМ СООРУЖЕНИЯМ**

2.3.146. Прокладка кабельных линий по каменным, железобетонным и металлическим мостам должна выполняться под пешеходной частью моста в каналах или в отдельных для каждого кабеля несгораемых трубах; необходимо предусмотреть меры по предотвращению стока ливневых вод по этим трубам. По металлическим и железобетонным мостам и при подходе к ним кабели рекомендуется прокладывать в асбестоцементных трубах. В местах перехода с конструкций моста в грунт кабели рекомендуется прокладывать также в асбестоцементных трубах.

Все подземные кабели при прохождении по металлическим и железобетонным мостам должны быть электрически изолированы от металлических частей моста.

2.3.147. Прокладка кабельных линий по деревянным сооружениям (мостам, причалам, пирсам и т. п.) должна выполняться в стальных трубах.

2.3.148. В местах перехода кабелей через температурные швы мостов и с конструкций мостов на устои должны быть приняты меры для предотвращения возникновения в кабелях механических усилий.

2.3.149. Прокладка кабельных линий по плотинам, дамбам, пирсам и причалам непосредственно в земляной траншее допускается при толщине слоя земли не менее 1 м.

2.3.150. Прокладка кабельных маслonaполненных линий по мостам не допускается.

## **Глава 2.4. ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ**

Внесено изменение решением Минтопэнерго от 13.07.98 (п. 2.4.6)

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

2.4.1. Настоящая глава Правил распространяется на ВЛ до 1 кВ, выполняемые с применением неизолированных проводов, а также на ответвления от этих линий к вводам, выполняемые с применением изолированных или неизолированных проводов. Настоящие Правила не

распространяются на ВЛ, сооружение которых определяется особыми правилами и нормами (контактные сети городского электротранспорта и т. п.).

Дополнительные требования к ВЛ до 1 кВ приведены в гл. 6.3 и 7.7.

Кабельные вставки в линию и кабельные ответвления от линии должны выполняться в соответствии с требованиями гл. 2.3.

2.4.2. Воздушной линией электропередачи до 1 кВ называется устройство для передачи и распределения электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам, стойкам на зданиях и инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т. п.).

Ответвлением от ВЛ до 1 кВ к вводу называется участок проводов от опоры ВЛ до ввода.

2.4.3. Нормальным режимом ВЛ до 1 кВ называется состояние ВЛ при необорванных проводах.

Аварийным режимом ВЛ до 1 кВ называется состояние ВЛ при оборванных проводах.

## **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

2.4.4. Механический расчет проводов ВЛ должен производиться по методу допускаемых напряжений, а расчет изоляторов и арматуры - по методу разрушающих нагрузок. Расчет опор и фундаментов производится по методу расчетных предельных состояний в соответствии со СНиП 2.01.07-85 "Нагрузки и воздействия" Госстроя России. Нормативные нагрузки определяются в соответствии с настоящими Правилами.

2.4.5. Воздушные линии электропередачи должны размещаться так, чтобы опоры не загораживали входов в здания и въездов во дворы и не затрудняли движения транспорта и пешеходов. В местах, где имеется опасность наезда транспорта (у въездов во дворы, вблизи съездов с дорог, при пересечении дорог и т. п.), опоры должны быть защищены от наезда (например, отбойными тумбами).

2.4.6. На опорах ВЛ на высоте 2,5-3 м от земли должны быть установлены (нанесены): порядковый номер и год установки опоры; плакаты, на которых указаны расстояния от опоры ВЛ до кабельной линии связи (на опорах, установленных на расстоянии менее половины высоты опоры ВЛ до кабелей связи). Информационные знаки с указанием ширины охранной зоны ВЛ и номера телефона владельца ВЛ. (смотри в приложении "Требования к информационным знакам и их установке")

2.4.7. Металлические конструкции, бандажи и т. п. на опорах ВЛ должны быть защищены от коррозии.

## **РАСЧЕТНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ**

2.4.8. Климатические условия для расчета ВЛ должны приниматься в соответствии с картами климатического районирования России и региональными картами по скоростному напору ветра и толщине стенки гололеда, а значения нормативных скоростных напоров ветра и толщин стенок гололеда - исходя из повторяемости 1 раз в 5 лет и высоты подвеса проводов до 12 м (см. 2.5.24 и 2.5.31).

Для ВЛ, сооружаемых в местах, защищенных от воздействия поперечных ветров (населенные пункты со сплошной застройкой, лесные массивы и садово-парковые насаждения со средней высотой зданий или деревьев не менее 2/3 высоты опор ВЛ, горные долины, ущелья и т. п.), нормативный скоростной напор ветра следует принимать по табл. 2.4.1.

При расчете проводов на ветровые нагрузки направление ветра следует принимать под углом 90° к ВЛ.

При расчете опор следует принимать направление ветра, дающее наиболее невыгодное сочетание внешних сил, действующих на опору.

Давление ветра на провода следует определять в соответствии с 2.5.30.

Значение высшей температуры воздуха принимается по данным фактических наблюдений, а низшей температуры - по данным повторяемости 1 раз в 5 лет. Эти значения округляются до значений, кратных пяти.

2.4.9. Провода ВЛ следует рассчитывать для работы в нормальном режиме, исходя из различных климатических условий по ветровым и гололедным нагрузкам в соответствии с 2.4.10. Толщину стенки гололеда следует принимать равной: 5 мм - в I и II районах по гололеду, 10 мм - в III районе, 15 мм - в IV районе и 20 мм и более - в особом районе по гололеду.

**Таблица 2.4.1. Нормативный скоростной напор ветра для ВЛ, защищенных от воздействия поперечных ветров**

Район России по ветру	Скоростной напор ветра, даН/м <sup>2</sup> (кгс/м <sup>2</sup> )	Скорость ветра, м/с
I	15,7 (16)	16
II	20,6 (21)	18
III	26,5 (27)	21
IV	34,3 (35)	24
V	44,1 (45)	27
VI	53,9 (55)	30
VII	68,6 (70)	33

2.4.10. При расчете ВЛ необходимо принимать следующие сочетания климатических условий:

1. Высшая температура, ветер и гололед отсутствуют.
2. Низшая температура, ветер и гололед отсутствуют.
3. Провода покрыты гололедом, температура минус 5°С, ветер отсутствует.
4. Нормативный скоростной напор ветра  $q_{\max}$  (см. табл. 2.5.1), температура минус 5°С, гололед отсутствует.

5. Провода покрыты гололедом, температура минус 5°С, скоростной напор ветра 0,25  $q_{\max}$  (скорость ветра  $0,5 V_{\max}$ ). При этом для ВЛ в IV и более районах по гололеду скоростной напор ветра следует принимать равным не менее 14,7 даН/м<sup>2</sup>.

Для районов со средней годовой температурой минус 5°С и ниже температуру в п. 4 и 5 следует принимать равной минус 10°С.

2.4.11. Проверка приближения проводов к зданиям, строениям и сооружениям должна производиться из расчета нормативной скорости ветра и высшей температуры.

## ПРОВОДА, АРМАТУРА

2.4.12. Для ВЛ могут применяться одно- и многопроволочные провода; применение расплетенных проводов не допускается.

По условиям механической прочности на ВЛ следует применять провода сечением не менее: алюминиевые 16 мм<sup>2</sup>, сталеалюминиевые и биметаллические 10 мм<sup>2</sup>, стальные многопроволочные 25 мм<sup>2</sup>, стальные однопроволочные 4 мм (диаметр).

Применение однопроволочных стальных проводов диаметром более 5 мм и однопроволочных биметаллических проводов диаметром более 6,5 мм не допускается.

Для ответвлений от ВЛ к вводам допускается применение неизолированных и изолированных проводов марок и сечений, указанных в табл. 2.4.2.

В районах с одноэтажной застройкой ответвления от ВЛ к вводам рекомендуется выполнять проводами с атмосферостойкой изоляцией. Длина ответвления от ВЛ к вводу должна быть не более 25 м.

Физико-механические характеристики проводов приведены в табл. 2.5.8.

2.4.13. Расчет проводов на прочность должен производиться для следующих условий: при наибольшей внешней нагрузке; при низшей температуре и отсутствии внешних нагрузок. Допускаемые напряжения в проводах указаны в табл. 2.5.7.

2.4.14. Соединение проводов должно производиться при помощи соединительных зажимов или сваркой (в том числе термитной). Сварка встык однопроволочных проводов не допускается. Однопроволочные провода допускается соединить путем скрутки с последующей пайкой.

2.4.15. Соединения, подверженные тяжению, должны иметь механическую прочность не менее 90% предела прочности провода.

2.4.16. Соединения проводов из разных металлов или разных сечений должны выполняться только на опорах с применением переходных зажимов. Переходные зажимы и участки проводов, на которых установлены такие зажимы, не должны испытывать механических усилий от тяжения проводов.

**Таблица 2.4.2. Наименьшее сечение или диаметр проводов ответвлений от ВЛ к вводам**

Провода	Наименьшее сечение или диаметр провода в пролете
---------	--

	до 10м	более 10 до 25 м
Медные, самонесущие (АВТ-1, АВТ-2 и др.)	4 мм 2	6 мм 2
Стальные, биметаллические	3 мм	4 мм
Из алюминия и его сплавов	16 мм 2	16 мм 2

2.4.17. Крепление проводов к изоляторам на опорах ВЛ должно быть одинарным (см. также 2.4.49, 2.4.51, 2.4.52 и 2.4.60). Крепление проводов к штыревым изоляторам следует выполнять проволочными вязками или зажимами. Провода ответвлений от ВЛ к вводам должны иметь глухое крепление.

2.4.18. Коэффициент запаса прочности крюков и штырей должен быть не менее 2.

### **РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРОВОДОВ НА ОПОРАХ**

2.4.19. На опорах допускается любое расположение фазных проводов независимо от района климатических условий. Нулевой провод, как правило, следует располагать ниже фазных проводов. Провода наружного освещения, прокладываемые на опорах совместно с проводами ВЛ, должны располагаться, как правило, над нулевым проводом.

2.4.20. Устанавливаемые на опорах плавкие предохранители, а также защитные, секционирующие и другие устройства должны размещаться ниже проводов ВЛ.

2.4.21. Расстояния между проводами на опоре и в пролете по условиям их сближения в пролете при наибольшей стреле провеса до 1,2 м должны быть не менее:

а) при вертикальном расположении проводов и расположении проводов с горизонтальным смещением не более 20 см: 40 см в I, II и III районах по гололеду, 60 см в IV и особом районах по гололеду;

б) при других расположениях проводов во всех районах по гололеду при скорости ветра при гололеде: до 18 м/с - 40 см, более 18 м/с - 60 см.

При наибольшей стреле провеса более 1,2 м указанные расстояния должны быть увеличены пропорционально отношению наибольшей стрелы провеса к стреле провеса, равной 1,2 м.

Расстояние по вертикали между проводами разных фаз на опоре при ответвлении от ВЛ и пересечении разных ВЛ на общей опоре должно быть не менее 10 см. Расстояние между изоляторами ввода по их осям должно быть не менее 20 см.

2.4.22. Расстояние по горизонтали между проводами при спусках на опоре должно составлять не менее 15 см. Расстояние от проводов до поверхности опоры, траверсы или других элементов опоры должно быть не менее 5 см.

### **ИЗОЛЯЦИЯ**

2.4.23. Коэффициент запаса прочности штыревых изоляторов должен быть не менее 2,5.

2.4.24. В местах ответвлений от ВЛ следует, как правило, применять многошейковые или подставные изоляторы.

Нулевые провода должны быть укреплены на изоляторах.

## **ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ, ЗАЗЕМЛЕНИЕ**

2.4.25. В сетях с изолированной нейтралью крюки и штыри фазных проводов, устанавливаемые на железобетонных опорах, а также арматура этих опор должны быть заземлены. Сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 50 Ом.

В сетях с заземленной нейтралью крюки и штыри фазных проводов, устанавливаемые на железобетонных опорах, а также арматура этих опор должны быть присоединены к нулевому проводу.

Заземляющие проводники должны иметь диаметр не менее 6 мм.

Крюки и штыри, устанавливаемые на деревянных опорах, заземлению не подлежат, за исключением подлежащих заземлению по условиям защиты от атмосферных перенапряжений (см. 2.4.26), а также устанавливаемых на опорах, где выполнено повторное заземление нулевого провода.

2.4.26. В населенной местности с одно- и двухэтажной застройкой ВЛ, не экранированные промышленными дымовыми и другими трубами, высокими деревьями, зданиями и т. п., должны иметь заземляющие устройства, предназначенные для защиты от грозových перенапряжений. Сопротивления этих заземляющих устройств должны быть не более 30 Ом, а расстояния между ними не более 200 м для районов с числом грозových часов в году до 40; 100 м для районов с числом грозových часов в году более 40.

Кроме того, заземляющие устройства должны быть выполнены:

1. На опорах с ответвлениями к вводам в помещения, в которых может быть сосредоточено большое количество людей (школы, ясли, больницы и т. п.) или которые представляют большую хозяйственную ценность (животноводческие помещения, склады, мастерские и пр.).

2. На конечных опорах линий, имеющих ответвления к вводам, при этом наибольшее расстояние от соседнего защитного заземления этих же линий должно быть не более 100 м для районов с числом грозových часов в году от 10 до 40 и 50 м для районов с числом грозových часов в году более 40.

К указанным заземляющим устройствам должны быть присоединены на деревянных опорах крюки и штыри, а на железобетонных опорах, кроме того, арматура.

В сетях с заземленной нейтралью для заземляющих устройств от атмосферных перенапряжений следует по возможности использовать заземляющие устройства повторных заземлений нулевого провода.

В местах, указанных в п. 1 и 2, рекомендуется, кроме того, установка вентильных разрядников.

## **ОПОРЫ**

2.4.27. Для ВЛ могут применяться следующие типы опор:

1. Промежуточные опоры, устанавливаемые на прямых участках трассы ВЛ. Эти опоры в нормальных режимах работы не должны воспринимать усилий, направленных вдоль ВЛ.

2. Анкерные опоры, устанавливаемые на пересечениях с различными сооружениями, а также в местах изменения количества, марок и сечений проводов. Эти опоры должны воспринимать в нормальных режимах работы усилия от разности тяжения проводов, направленные вдоль ВЛ. Анкерные опоры должны иметь жесткую конструкцию.

3. Угловые опоры, устанавливаемые в местах изменения направления трассы ВЛ. Эти опоры при нормальных режимах работы должны воспринимать слагающую тяжения проводов смежных пролетов.

4. Концевые опоры, устанавливаемые в начале и конце ВЛ, а также в местах, ограничивающих кабельные вставки. Они являются опорами анкерного типа и должны воспринимать в нормальных режимах работы ВЛ одностороннее тяжение проводов.

5. Ответвительные опоры, на которых выполняются ответвления от ВЛ.

6. Перекрестные опоры, на которых выполняется пересечение ВЛ двух направлений.

Ответвительные и перекрестные опоры могут быть всех указанных выше типов.

2.4.28. Опоры независимо от их типа могут быть с подкосами или оттяжками. Оттяжки опор могут прикрепляться к анкерам, установленным в земле, или к каменным, кирпичным, железобетонным и металлическим зданиям и сооружениям. Они могут быть многопроволочными или однопроволочными. Оттяжки следует выбирать по расчету. Сечение остальных оттяжек должно быть не менее  $25 \text{ мм}^2$ .

2.4.29. Оттяжки опор в сетях с изолированной нейтралью, закрепленные нижним концом на высоте менее 2,5 м от земли, должны быть заземлены с сопротивлением заземляющего устройства не более 10 Ом или изолированы при помощи натяжного изолятора, рассчитанного на напряжение ВЛ и установленного на высоте не менее 2,5 м от земли. В сетях с глухозаземленной нейтралью оттяжки опор должны быть присоединены к нулевому защитному проводу.

2.4.30. Опоры независимо от их типа должны быть рассчитаны на механические нагрузки, отвечающие нормальным режимам работы ВЛ: провода не оборваны и свободны от гололеда; провода не оборваны и покрыты гололедом.

Для концевых и угловых опор при пролетах меньше критических расчет должен производиться также из предположения, что провода свободны от гололеда, температура воздуха низшая, ветер отсутствует.

При расчетах допускается ограничиваться учетом следующих основных нагрузок:

для промежуточных опор - горизонтальной поперечной ветровой нагрузки на провода и на конструкцию опоры;

для анкерных опор - горизонтальной поперечной ветровой нагрузки на провода и на конструкцию опоры и продольной горизонтальной нагрузки, создаваемой разностью тяжения проводов смежных пролетов. За наименьшее значение продольной горизонтальной нагрузки, действующей на опору, следует принимать 50% наибольшего значения одностороннего тяжения проводов;

для угловых опор - горизонтальной поперечной составляющей нагрузки от тяжения проводов (направленной по оси траверсы) и горизонтальной поперечной ветровой нагрузки на провода и конструкции;

для концевых опор - горизонтальной нагрузки от одностороннего тяжения проводов.



2.4.31. Для ВЛ могут применяться железобетонные, деревянные с железобетонными приставками, деревянные и металлические опоры.

2.4.32. Для опор ВЛ необходимо применять бревна, пропитанные антисептиками, из леса не ниже третьего сорта. Пропитка древесины антисептиками должна соответствовать требованиям действующих стандартов. Допускается применение непропитанной лиственницы. Конусность бревна от комля к верхнему отрубю (сбег бревна) при расчетах следует принимать равной 8 мм на 1 м длины.

2.4.33. Для основных рассчитываемых элементов опор (стойки, приставки, траверсы, подкосы) диаметр бревна в верхнем отрубке должен быть не менее 14 см. Для остальных элементов опор, а также для опор, устанавливаемых у зданий на ответвлениях к вводам (см. 2.4.37), диаметр бревна в верхнем отрубке может быть не менее 12 см.

2.4.34. Размеры заглубления и способы закрепления опор должны определяться в зависимости от их высоты, количества укрепляемых на опоре проводов, грунтовых условий, а также от метода производства земляных работ.

2.4.35. При установке опор на затапливаемых участках трассы, где возможны размывы грунта, опоры должны быть укреплены (подсыпка земли, замощение и т. п.).

## **ГАБАРИТЫ, ПЕРЕСЕЧЕНИЯ И СБЛИЖЕНИЯ**

2.4.36. При пересечении ВЛ с различными сооружениями, а также с улицами и площадями городов и поселков угол пересечения не нормируется (см. также 2.4.46).

2.4.37. Расстояние от проводов при наибольшей стреле провеса до земли и проезжей части улиц должно быть не менее 6 м. Расстояние от проводов до земли может быть уменьшено в труднодоступной местности до 3,5 м и в недоступной местности (склоны гор, скалы, утесы и т. п.) до 1 м

При пересечении непроезжей части улиц ответвлениями от ВЛ к вводам расстояние от проводов до тротуаров и пешеходных дорожек допускается уменьшить до 3,5 м. При невозможности соблюдения указанного расстояния должна быть установлена дополнительная опора или конструкция на здании.

2.4.38. При определении расстояния от проводов ВЛ до поверхности земли или воды, а также до различных сооружений при прохождении ВЛ над ними следует учитывать наибольшую стрелу провеса проводов без нагрева их электрическим током, которая может получиться в одном из двух расчетных случаев: провода покрыты гололедом, температура окружающего воздуха  $-5^{\circ}\text{C}$ , ветер отсутствует; температура окружающего воздуха высшая, ветер отсутствует.

2.4.39. Расстояние по горизонтали от проводов при наибольшем их отклонении до зданий и строений должно быть не менее: 1,5 м до балконов, террас и окон, 1 м до глухих стен. Прохождение ВЛ над зданием не допускается, за исключением подходов ответвлений от ВЛ к вводам в здания (см. 2.1.79).

2.4.40. Расстояния по горизонтали от опор ВЛ до подземных кабелей, трубопроводов и надземных колонок различного назначения должны быть не менее приведенных в табл. 2.4.3 (см. также 2.4.50).

2.4.41. Пересечение ВЛ с судоходными реками не рекомендуется. При необходимости выполнения такого пересечения ВЛ должны сооружаться в соответствии с требованиями, приведенными в гл. 2.5 для ВЛ напряжением выше 1 кВ. При пересечении несудоходных и

замерзающих небольших рек, каналов и т. п. расстояние от проводов ВЛ до наивысшего уровня воды должно быть не менее 2 м, а до льда - не менее 6 м.

**Таблица 2.4.3. Наименьшее допустимое расстояние по горизонтали от опор ВЛ до подземных кабелей, трубопроводов и надземных колонок**

Объект сближения	Расстояние, м
Водо-, газо-, паро- и теплопроводы, а также канализационные трубы	1
Пожарные гидранты, колодцы (люки) подземной канализации, водоразборные колонки	2
Бензиновые колонки	10
Кабели (кроме кабелей связи, сигнализации и радиотрансляции)	1
То же, но при прокладке их в изолирующей трубе	0,5

2.4.42. При прохождении ВЛ по лесным массивам и зеленым насаждениям вырубка просеки не обязательна. При этом расстояние от проводов при наибольшей стреле их провеса или наибольшем отклонении до деревьев, кустов и прочей растительности должно быть не менее 1 м.

2.4.43. При пересечении ВЛ до 1 кВ с ВЛ выше 1 кВ должны выполняться требования, приведенные в 2.5.118-2.5.121, а при их параллельном следовании - в 2.5.123.

Совместная подвеска на общих опорах проводов ВЛ до 1 кВ и выше 1 кВ, а также выполнение пересечений указанных ВЛ на общей опоре должны производиться в соответствии с требованиями, приведенными в 2.5.56. Провода верхней ВЛ, закрепляемые на штыревых изоляторах, должны иметь двойное крепление.

Крюки, штыри и арматура опор ВЛ до 1 кВ, ограничивающих пролет пересечения, а также опор, на которых производится совместная подвеска, должны быть заземлены. Сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 30 Ом.

2.4.44. Пересечение ВЛ до 1 кВ между собой рекомендуется выполнять на перекрестных опорах; допускается также пересечение в пролете, при этом расстояние по вертикали между ближайшими проводами пересекающихся ВЛ при температуре окружающего воздуха плюс 15°C без ветра должно быть не менее 1 м.

В местах пересечения ВЛ между собой могут применяться анкерные и промежуточные опоры.

При пересечении ВЛ в пролете место пересечения следует выбирать возможно ближе к опоре верхней пересекающей ВЛ, при этом расстояние по горизонтали между опорами пересекающей и проводами пересекаемой ВЛ должно быть не менее 2 м.

2.4.45. Пересечение ВЛ с линиями связи и сигнализации (ЛС) и линиями радиотрансляционных сетей (РС)\* должно быть выполнено по одному из следующих вариантов:

---

\*Под ЛС следует понимать линии связи Министерства связи СССР и других министерств и ведомств, а также линии сигнализации Министерства путей сообщения. Под РС следует понимать линии радиотрансляционных сетей.

Воздушные линии связи по своему назначению разделяются на: линии междугородной телефонной связи (МТС); сельской телефонной связи (СТС); радиотрансляционных сетей (РС); городской телефонной связи (ГТС). По значимости воздушные линии связи подразделяются на классы.

Линии МТС и СТС: магистральные линии МТС, соединяющие Москву с республиканскими, краевыми и областными центрами и последние между собой, и линии Министерства путей сообщения, проходящие вдоль железных дорог и по территории железнодорожных станций (класс I); внутрizonовые линии МТС, соединяющие республиканские, краевые и областные центры с районными центрами и последние между собой, и соединительные линии СТС (класс II); абонентские линии СТС (класс III).

Линии РС: фидерные линии номинальным напряжением выше 360 В (класс I); фидерные линии номинальным напряжением до 360 В и абонентские линии напряжением 15 и 30 В (класс II)

- 1) неизолированными проводами ВЛ и изолированными проводами ЛС и РС;
- 2) неизолированными проводами ВЛ и подземным или подвесным кабелем ЛС и РС;
- 3) неизолированными проводами ВЛ с повышенной механической прочностью и неизолированными проводами ЛС и РС;
- 4) изолированными проводами ВЛ и неизолированными проводами ЛС и РС;
- 5) подземным кабелем ВЛ и неизолированными проводами ЛС и РС.

2.4.46. Угол пересечения ВЛ с ЛС и РС должен быть по возможности близок к  $90^\circ$ . Для стесненных условий угол пересечения не нормируется.

2.4.47. Расстояние по вертикали от проводов ВЛ до проводов или подвесных кабелей ЛС и РС в пролетах пересечения при наибольшей стреле провеса (наивысшая температура воздуха, гололед) должно быть не менее 1,25 м.

Расстояние по вертикали от проводов ВЛ до проводов или подвесных кабелей РС при пересечении на общей опоре должно быть не менее 1,5 м. При расположении проводов или подвесных кабелей РС на кронштейнах это расстояние принимается от провода ВЛ, расположенного на той же стороне опоры ВЛ, на которой находятся провода или подвесные кабели РС.

2.4.48. Место пересечения проводов ВЛ с проводами или подвесными кабелями ЛС и РС в пролете должно находиться на расстоянии не менее 2 м от ближайшей опоры ВЛ, но по возможности ближе к опоре ВЛ.

2.4.49. При пересечении неизолированных проводов ВЛ с изолированными проводами ЛС и РС должны соблюдаться следующие требования:

1. Пересечение проводов ВЛ с проводами ЛС должно выполняться только в пролете. Пересечение проводов с проводами РС может выполняться как в пролете, так и на общей опоре.

2. Опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения с ЛС магистральных и внутрizonовых сетей связи и с соединительными линиями СТС, должны быть анкерного типа. При пересечении всех остальных ЛС и РС допускаются опоры ВЛ промежуточного типа, усиленные дополнительной приставкой или подкосом.

3. Провода ЛС и РС на участке пересечения должны иметь атмосферостойкую изоляцию с испытательным напряжением не менее 2 кВ (например, ПСБА, ПСБАП, ПРСП) и коэффициент запаса прочности на растяжение при наихудших метеорологических условиях данной местности не менее 1,5.

4. Провода ВЛ должны располагаться над проводами ЛС и РС. На опорах, ограничивающих пролет пересечения, провода ВЛ должны иметь двойное крепление или глухую вязку. В исключительных случаях провода ВЛ 380/220 В и ниже допускается располагать под проводами стоечных ЛС. При этом провода ЛС на стойках, ограничивающих пролет пересечения, должны иметь двойное крепление.

5. Соединение проводов ВЛ, а также проводов ЛС и РС в пролетах пересечения не допускается. Провода ВЛ должны быть многопроволочными с сечениями не менее:  $35 \text{ мм}^2$  для алюминиевых проводов,  $16 \text{ мм}^2$  для сталеалюминиевых и  $25 \text{ мм}^2$  для стальных проводов.

Для линий ГТС и СТС при количестве их проводов 10 и более вариант пересечения, оговоренный в настоящем параграфе, применять не следует.

2.4.50. При пересечении неизолированных проводов ВЛ с подземным или подвесным кабелем ЛС и РС должны выполняться следующие требования:

1. Расстояние от подземных кабелей ЛС и РС до заземлителя опоры (или до железобетонной опоры) ВЛ должно быть не менее 3 м в населенной местности и 10 м в ненаселенной.

Расстояние от подземных кабелей ЛС и РС незаземленной деревянной опоры ВЛ должно составлять в ненаселенной местности не менее 5 м, в населенной - не менее 2 м. В стесненных условиях это расстояние может быть менее 2 м, но не менее 1 м; при этом кабель должен быть проложен в стальной трубе либо покрыт швеллером или угловой сталью по длине в обе стороны от опоры не менее 3 м. При выборе трасс кабелей ЛС и РС расстояние от них до ближайшей опоры ВЛ должно по возможности приниматься большим.

2. Провода ВЛ должны располагаться над подвесным кабелем ЛС и РС.

3. Соединение проводов ВЛ в пролете пересечения с подвесным кабелем ЛС и РС не допускается. Провода ВЛ в пролете пересечения с подвесным кабелем ЛС и РС должны быть многопроволочными сечением не менее:  $35 \text{ мм}^2$  для алюминиевых проводов,  $16 \text{ мм}^2$  для сталеалюминиевых и  $25 \text{ мм}^2$  для стальных проводов.

4. Металлическая оболочка подвесного кабеля и трос, на котором подвешен кабель, должны быть заземлены на опорах, ограничивающих пролет пересечения.

5. Расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ЛС и РС до проекции ближайшего провода ВЛ на горизонтальную плоскость должно быть не менее высоты опоры ВЛ.

Вариант пересечения ВЛ с ЛС и РС, оговоренный в настоящем параграфе, применять не следует:

если применение кабельной вставки в ЛС приведет к необходимости установки дополнительного и переноса ранее установленного усилительного пункта ЛС;

если при применении кабельной вставки в РС суммарная длина кабельных вставок в РС превышает допустимые значения.

2.4.51. При пересечении неизолированных проводов ВЛ с неизолированными проводами ЛС и РС должны соблюдаться следующие требования:

1. Пересечение проводов ВЛ с проводами ЛС и РС должно выполняться только в пролете. Пересечение проводов ВЛ с абонентскими и фидерными линиями РС напряжением между проводами до 360 В допускается выполнять на опорах ВЛ.

2. Опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерного типа.

3. Провода линий связи должны иметь коэффициент запаса прочности на растяжение при наихудших метеорологических условиях данной местности (гололед или низшая температура) не менее 2,2 для проводов как стальных, так и из цветного металла.

4. Провода ВЛ должны располагаться над проводами ЛС и РС. На опорах, ограничивающих пролет пересечения, провода ВЛ должны иметь двойное крепление. Провода ВЛ 380/220 В и ниже

допускается располагать под проводами стоечных РС. При этом провода РС на стойках, ограничивающих пролет пересечения, должны иметь двойное крепление.

5. Соединение проводов ВЛ, а также проводов ЛС и РС в пролетах пересечения не допускается. Провода ВЛ должны быть многопроволочными с сечениями не менее:  $35 \text{ мм}^2$  для алюминиевых,  $25 \text{ мм}^2$  для сталеалюминиевых и стальных проводов.

2.4.52. При пересечении изолированных проводов ВЛ с неизолированными проводами ЛС и РС должны соблюдаться следующие требования:

1. Пересечение проводов ВЛ с проводами ЛС должно выполняться только в пролете. Пересечение проводов ВЛ с проводами РС может выполняться как в пролете, так и на общей опоре.

2. Опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения с ЛС магистральных и внутризоновых сетей связи и с соединительными линиями СТС, должны быть анкерного типа. При пересечении всех остальных ЛС и РС допускаются опоры ВЛ промежуточного типа, усиленные дополнительной приставкой или подкосом.

3. Провода ВЛ на участке пересечения должны иметь атмосферостойкую изоляцию с испытательным напряжением не менее 2 кВ и коэффициент запаса прочности на растяжение при наихудших метеорологических условиях данной местности не менее 1,5.

4. Провода ВЛ должны располагаться над проводами ЛС и РС. На опорах, ограничивающих пролет пересечения, провода или несущие их тросы ВЛ должны иметь двойное крепление или глухую вязку. Провода ВЛ 380/220 В и ниже допускается располагать под проводами стоечных РС. При этом провода РС на стойках, ограничивающих пролет пересечения, должны иметь двойное крепление.

5. Соединение проводов ВЛ, а также проводов ЛС и РС в пролетах пересечения не допускается.

2.4.53. При пересечении подземной кабельной вставки ВЛ с неизолированными проводами ЛС и РС должны соблюдаться следующие требования:

1. Расстояние от подземной кабельной вставки ВЛ до опоры ЛС и РС и ее заземлителя должно быть не менее 1 м, а при прокладке кабеля в изолирующей трубе не менее 0,5 м.

2. Расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ВЛ до проекции ближайшего провода ЛС и РС на горизонтальную плоскость должно быть не менее высоты опоры ЛС и РС.

2.4.54. При сближении ВЛ с воздушными ЛС и РС расстояние по горизонтали между крайними проводами этих линий должно быть не менее 2 м, а в стесненных условиях не менее 1,5 м. Во всех остальных случаях расстояние между линиями должно быть не менее высоты наибольшей опоры ВЛ, ЛС и РС.

2.4.55. Сближение ВЛ с антенными сооружениями передающих радиостанций, приемными радиостанциями, выделенными приемными пунктами радиофикации и местных радиоузлов не нормируется.

2.4.56. Расстояние по горизонтали между проводами ВЛ и проводами ЛС и РС, телевизионными кабелями и спусками от радиоантенн на вводах должно быть не менее 1,5 м. При этом провода ВЛ в пролете от опоры до ввода и провода ввода ВЛ в здание не должны пересекаться с проводами ответвлений от ЛС и РС к вводам и должны располагаться не ниже проводов ЛС и РС.

2.4.57. Совместная подвеска на общих опорах проводов ВЛ и ЛС не допускается.

Совместная подвеска на общих опорах проводов вновь сооружаемых ВЛ и неизолированных проводов РС не допускается.

На общих опорах допускается совместная подвеска проводов ВЛ и изолированных проводов РС, а также совместная подвеска проводов ВЛ, сооружаемых взамен пришедших в негодность и реконструируемых, и подвешенных ранее неизолированных проводов РС. При этом должны соблюдаться следующие условия:

1. Напряжение ВЛ должно быть не более 380/220 В.
2. Номинальное напряжение между проводами РС должно быть не более 360 В.

3. Расстояние от нижних проводов РС до земли, между цепями РС и их проводами должно соответствовать действующим "Правилам строительства и ремонта воздушных линий связи и радиотрансляционных сетей" Министерства связи СССР.

4. Провода ВЛ должны располагаться над проводами РС; при этом расстояние по вертикали от нижнего провода ВЛ до верхнего провода РС независимо от их взаимного расположения должно быть на опоре не менее 1,5 м, а в пролете не менее 1,25 м; при расположении проводов РС на кронштейнах это расстояние принимается от нижнего провода ВЛ, расположенного на той же стороне, что и провода РС.

2.4.58. Совместная подвеска на общих опорах проводов ВЛ и кабелей ЛС не допускается. Совместная подвеска на общих опорах проводов ВЛ не более 380/220 В и кабелей РС допускается при соблюдении условий, оговоренных в 2.4.57 для изолированных проводов РС.

2.4.59. Совместная подвеска на общих опорах проводов ВЛ не более 380/220 В и проводов цепей телемеханики допускается при условии, если они принадлежат одному владельцу и соблюдаются требования, приведенные в 2.4.57, а также если цепи телемеханики не используются как каналы проводной телефонной связи.

2.4.60. При пересечении и параллельном следовании ВЛ с железными дорогами, а также с автомобильными дорогами категорий I и II должны выполняться требования, изложенные в 2.5.138-2.5.147. Пересечения могут выполняться также при помощи кабельной вставки в ВЛ. Выбор варианта пересечения должен производиться на основе технико-экономических расчетов.

При пересечении ВЛ с автомобильными дорогами категорий III-V расстояние по вертикали от проводов ВЛ до проезжей части дорог при наибольшей стреле провеса должно быть не менее 6 м.

Требования, предъявляемые в этих условиях к воздушным сетям наружного освещения населенных пунктов и территорий промышленных предприятий, приведены в гл. 6.3.

2.4.61. При пересечении и сближении ВЛ с автомобильными дорогами расстояние от проводов ВЛ до дорожных знаков и их несущих тросов должно быть не менее 1 м. Несущие тросы в местах пересечения с ВЛ должны быть заземлены с сопротивлением заземляющего устройства не более 10 Ом.

2.4.62. При пересечении и сближении ВЛ с контактными проводами и несущими тросами трамвайных и троллейбусных линий должны быть выполнены следующие требования:

1. ВЛ должны, как правило, располагаться вне зоны, занятой сооружениями контактных сетей, включая опоры.

2. Провода ВЛ должны быть расположены над несущими тросами контактных проводов. Провода ВЛ должны быть многопроволочными с сечением не менее: алюминиевые  $35 \text{ мм}^2$ ; стальные и сталеалюминиевые  $16 \text{ мм}^2$ . Соединение проводов ВЛ в пролетах пересечений не допускается.

3. Расстояние от проводов ВЛ при наибольшей стреле провеса должно быть не менее 8 м до головки рельса трамвайной линии и 10,5 м до проезжей части улицы в зоне троллейбусной линии.

При этом во всех случаях расстояние от проводов ВЛ до несущего троса или контактного провода должно быть не менее 1,5 м. В зоне расположения контактных сетей опоры ВЛ должны быть анкерными, а крепление проводов - двойным.

4. Пересечение ВЛ с контактными проводами в местах расположения поперечин запрещается.

5. Совместная подвеска на опорах троллейбусных линий контактных проводов и проводов ВЛ напряжением не более 380 В допускается при соблюдении следующих условий: опоры троллейбусных линий должны иметь механическую прочность, достаточную для подвески проводов ВЛ; расстояние между проводами ВЛ и кронштейном или устройством крепления несущего троса контактных проводов должно быть не менее 1,5 м.

Требования настоящего параграфа не распространяются на линии уличного освещения.

2.4.63. При пересечении и сближении ВЛ с канатными дорогами и надземными металлическими трубопроводами должны быть выполнены следующие требования:

1. ВЛ должна проходить под канатной дорогой; прохождение ВЛ над канатной дорогой не допускается.

2. Канатные дороги должны иметь снизу мостки или сетки для ограждения проводов ВЛ.

3. При прохождении ВЛ под канатной дорогой или под трубопроводом провода ВЛ должны находиться от них на расстоянии: при наименьшей стреле провеса до мостков или ограждающих сеток канатной дороги или до трубопровода не менее 1 м; при наибольшей стреле провеса и наибольшем отклонении проводов до элементов канатной дороги или до трубопровода не менее 1 м.

4. При пересечении ВЛ с трубопроводом, расположенным под ВЛ, расстояние от проводов ВЛ до элементов трубопроводов при наибольшей стреле провеса должно быть не менее 1 м.

5. При параллельном следовании ВЛ с канатной дорогой или с трубопроводом расстояние по горизонтали от проводов ВЛ до канатной дороги или трубопровода должно быть не менее высоты опоры, а на стесненных участках трассы при наибольшем отклонении проводов не менее 1 м.

6. Сопротивление заземления трубопровода в пролете пересечения должно быть не более 10 Ом.

2.4.64. При сближении ВЛ с пожаро- и взрывоопасными установками следует руководствоваться требованиями, приведенными в 2.5.161, при сближении с аэродромами - в 2.5.173.

2.4.65. Прохождение ВЛ до 1 кВ не допускается по территориям стадионов и школ (общеобразовательных и интернатов), а также по территориям спортивных комплексов пионерских лагерей.

## **Глава 2.5. ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 кВ**

Внесено изменение решением Минтопэнерго от 13.07.98 (п. 2.5.15)

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

2.5.1. Настоящая глава Правил распространяется на ВЛ выше 1 кВ и до 500 кВ, выполняемые неизолированными проводами. Настоящая глава не распространяется на электрические воздушные линии, сооружение которых определяется специальными правилами, нормами и постановлениями (контактные сети электрифицированных железных дорог, трамвая, троллейбуса, сигнальные линии автоблокировки и т. д.). Кабельные вставки в ВЛ должны выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в гл. 2.3 и 2.5.69.

2.5.2. Воздушной линией электропередачи выше 1 кВ называется устройство для передачи электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам и стойкам на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т. п.).

За начало и конец ВЛ принимаются линейные порталы или линейные вводы распределительных устройств, а для ответвлений - ответвительная опора и линейный портал или линейный ввод распределительного устройства.

2.5.3. Нормальным режимом ВЛ выше 1 кВ называется состояние ВЛ при необорванных проводах и тросах.

Аварийным режимом ВЛ выше 1 кВ называется состояние ВЛ при оборванных одном или нескольких проводах или тросах.

Монтажным режимом ВЛ выше 1 кВ называется состояние в условиях монтажа опор, проводов и тросов.

Габаритным пролетом  $l_r$  называется пролет, длина которого определяется нормированным вертикальным габаритом от проводов до земли при устройстве опор на идеально ровной поверхности.

Ветровым пролетом  $l_{\text{ветр}}$  называется длина участка ВЛ, давление ветра на провода или тросы с которого воспринимается опорой.

Весовым пролетом  $l_{\text{вес}}$  называется длина участка ВЛ, вес проводов или тросов которого воспринимается опорой.

Габаритной стрелой провеса провода называется наибольшая стрела провеса в габаритном пролете.

2.5.4. Населенной местностью называются земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, земли поселков городского типа в пределах поселковой черты и сельских населенных пунктов в пределах черты этих пунктов.

Ненаселенной местностью называются земли единого государственного земельного фонда, за исключением населенной и труднодоступной местности. К ненаселенной местности настоящие Правила относят незастроенные местности, хотя бы и часто посещаемые людьми, доступные для транспорта и сельскохозяйственных машин, сельскохозяйственные угодья, огороды, сады, местности с отдельными редко стоящими строениями и временными сооружениями.

Труднодоступной местностью называется местность, недоступная для транспорта и сельскохозяйственных машин.

Застроенной местностью в настоящих Правилах называются территории городов, поселков и сельских населенных пунктов в границах фактической застройки, защищающие ВЛ с обеих сторон от поперечных ветров.



2.5.5. Большими переходами называются пересечения судоходных рек, судоходных проливов или каналов, на которых устанавливаются опоры высотой 50 м и более, а также пересечения любых водных пространств с пролетом пересечения более 700 м независимо от высоты опор ВЛ.

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

2.5.6. Механический расчет проводов и тросов ВЛ производится по методу допускаемых напряжений, расчет изоляторов и арматуры - по методу разрушающих нагрузок. По обоим методам расчеты производятся на нормативные нагрузки. Расчет опор и фундаментов ВЛ производится по методу расчетных предельных состояний. Применение других методов расчета в каждом отдельном случае должно быть обосновано в проекте.

В настоящей главе приведены условия для определения нормативных нагрузок. Указания по определению расчетных нагрузок, используемых в расчетах строительных конструкций ВЛ (опор и фундаментов), даны в приложении к настоящей главе.

Коэффициенты перегрузки и расчетные положения, касающиеся специфических условий расчета конструкций ВЛ, приводятся в приложении к настоящей главе.

2.5.7. На ВЛ 110-500 кВ длиной более 100 км для ограничения несимметрии токов и напряжений должен выполняться один полный цикл транспозиции. На двухцепных ВЛ схемы транспозиции должны быть одинаковыми. Шаг транспозиции по условию влияний на линии связи не нормируется.

В электрических сетях 110-500 кВ, содержащих несколько участков ВЛ длиной менее 100 км каждый, транспозиция проводов выполняется непосредственно на промежуточных подстанциях (на шинах, в пролете между концевой опорой и порталом подстанции или на концевой опоре). При этом транспозиция должна осуществляться так, чтобы суммарные длины участков ВЛ с различным чередованием фаз были примерно равны.

В электрических сетях до 35 кВ рекомендуется производить транспозицию фаз на подстанциях так, чтобы суммарные длины участков с различным чередованием фаз были примерно равны.

2.5.8. Обслуживание ВЛ должно предусматриваться с ремонтно-производственных баз (РПБ) и ремонтно-эксплуатационных пунктов (РЭП).

Размещение РПБ и РЭП, выбор их типа, оснащение средствами механизации работ и транспорта должны производиться на основании схем организации эксплуатации, утвержденных в установленном порядке, или действующих нормативов.

РПБ и РЭП должны оборудоваться средствами связи в соответствии со схемой организации эксплуатации, утвержденной в установленном порядке.

Кроме РПБ и РЭП для эксплуатации ВЛ в труднодоступной местности на трассе ВЛ должны быть предусмотрены упрощенные пункты обогрева, количество и расположение которых должны быть обоснованы в проекте.

2.5.9. При ремонтно-производственных базах предусматривается строительство производственно-жилой площади для оперативного и ремонтно-эксплуатационного персонала ВЛ. Объем строительства производственно-жилой площади определяется в соответствии со схемой организации эксплуатации энергосистемы, утвержденной в установленном порядке, или действующими нормативами.

Производственно-жилые помещения размещаются, как правило, на территории подстанций или РПБ и должны быть обеспечены местной телефонной или радиосвязью с возможностью

выхода на ближайшую телефонную сеть Министерства связи СССР, вызывной сигнализацией, а также средствами радиотелефонии.

2.5.10. Укомплектование сетевых предприятий и их структурных подразделений транспортными средствами и средствами механизации работ для эксплуатации и ремонта ВЛ производится в соответствии с перспективной схемой организации эксплуатации, утвержденной в установленном порядке, или действующими нормативами.

Автомобили и самоходные механизмы, предназначенные для эксплуатации и ремонта ВЛ, должны быть оборудованы средствами двусторонней радиосвязи с РПБ.

2.5.11. Численность персонала, объем производственно-жилых помещений РПБ и РЭП, а также количество транспортных средств и механизмов, необходимых для эксплуатации, определяются в соответствии с действующими нормативными документами.

2.5.12. К ВЛ 110 кВ и выше должен быть обеспечен в любое время года подъезд на возможно близкое расстояние, но не далее чем на 0,5 км от трассы ВЛ. Для проезда вдоль трассы указанных ВЛ и для подъезда к ним должна быть расчищена от насаждений, пней, камней и т. п. полоса земли шириной не менее 2,5 м. Исключения допускаются лишь на участках ВЛ:

проходящих по топким болотам и сильно пересеченной местности, где проезд невозможен. В этих случаях необходимо выполнять вдоль трассы ВЛ пешеходные тропки с мостиками шириной не менее 0,4 м или насыпные земляные дорожки шириной не менее 0,8 м;

проходящих по территориям, занятым под садовые и другие ценные культуры и снегозащитные насаждения вдоль железных и шоссейных дорог.

2.5.13. Опоры ВЛ рекомендуется устанавливать вне зоны размыва берегов с учетом возможных перемещений русел и затопляемости района, а также вне мест, где могут быть потоки дождевых и других вод, ледоходы (овраги, поймы рек и др.).

При невозможности установки опор ВЛ вне указанных опасных зон должны быть выполнены мероприятия по защите опор от повреждений (устройство специальных фундаментов, укрепление берегов, откосов, склонов, устройство водоотводных канав, ледорезов или иных сооружений и т. п.).

Установка опор в зоне предполагаемых грязекаменных селевых потоков запрещается.

Наибольший горизонт ледохода и уровня высоких (паводковых) вод принимается с обеспеченностью 2% (повторяемость 1 раз в 50 лет) для ВЛ 330 кВ и ниже 1% (повторяемость 1 раз в 100 лет) или по историческому наблюдаемому уровню при наличии соответствующих данных для ВЛ 500 кВ.

2.5.14. При прохождении ВЛ с деревянными опорами по лесам, сухим болотам и другим местам, где возможны низовые пожары, для защиты опор должна быть предусмотрена одна из следующих мер:

устройство вокруг каждой стойки опоры на расстоянии 2 м от нее канавы глубиной 0,4 м и шириной 0,6 м;

уничтожение химическим или другим способом травы и кустарника и очистка от них площадки радиусом 2 м вокруг каждой опоры;

применение железобетонных приставок (пасынков); при этом расстояние от земли до нижнего торца стойки должно быть не менее 1 м.

Для районов многолетней мерзлоты в местах, где возможны низовые пожары, расстояние от деревянной опоры до канавы и размер зоны химической обработки растительности увеличиваются до 5 м.

Установка деревянных опор ВЛ 110 кВ и выше в местах, где возможны торфяные пожары, не рекомендуется.

2.5.15. На опорах ВЛ на высоте 2,5-3,0 м должны быть нанесены следующие постоянные знаки:

порядковый номер - на всех опорах;

номер ВЛ или ее условное обозначение - на концевых опорах, первых опорах ответвлений от линии, на опорах в месте пересечения линий одного напряжения, на опорах, ограничивающих пролет пересечения с железными дорогами и автомобильными дорогами I-V категорий, а также на всех опорах участков трассы с параллельно идущими линиями, если расстояние между их осями - менее 200 м. На двухцепных и многоцепных опорах ВЛ, кроме того, должна быть обозначена соответствующая цепь;

расцветка фаз - на ВЛ 35 кВ и выше на концевых опорах, опорах, смежных с транспозиционными, и на первых опорах ответвлений от ВЛ;

предупреждающие плакаты - на всех опорах ВЛ в населенной местности;

плакаты, на которых указаны расстояния от опоры ВЛ до кабельной линии связи, - на опорах, установленных на расстоянии менее половины высоты опоры до кабелей связи;

информационные знаки, на которых указаны ширина охранной зоны ВЛ и номер телефона владельца ВЛ. (смотри в приложении "Требования к информационным знакам и их установке")

2.5.16. Металлические опоры и подножки, выступающие металлические части железобетонных опор и все металлические детали деревянных и железобетонных опор ВЛ должны быть защищены от коррозии путем оцинковки или окраски стойким покрытием. Очистка, грунтовка и окраска должны производиться только в заводских условиях. На трассе следует производить лишь повторную окраску поврежденных мест.

2.5.17. В соответствии с "Правилами маркировки и светоограждения высотных препятствий" на приаэродромных территориях и воздушных трассах в целях обеспечения безопасности полетов самолеты опоры ВЛ, которые по своему расположению или высоте представляют аэродромные или линейные препятствия для полетов самолетов, должны иметь сигнальное освещение (светоограждение) и дневную маркировку (окраску), выполненные в соответствии со следующими условиями:

1. Опоры ВЛ должны иметь световое ограждение на самой верхней части (точке) и ниже через каждые 45 м. Расстояния между промежуточными ярусами огней, как правило, должны быть одинаковыми.

2. В каждом ряду светоограждения опоры должно устанавливаться не менее двух огней, размещенных на двух внешних сторонах опоры и работающих одновременно или по одному при наличии надежного автоматического устройства для включения резервного огня при выходе из строя основного огня.

3. Заградительные огни должны быть установлены так, чтобы их можно было наблюдать со всех направлений и в пределах от зенита до 5° ниже горизонта.

4. Средства светового ограждения аэродромных препятствий по условиям электроснабжения относятся к электроприемникам I категории. В отдельных случаях допускается электроснабжение заградительных огней по одной линии электропередачи при полной надежности ее работы.

5. Включение и отключение светового ограждения препятствий в районе аэродрома должны производиться владельцами ВЛ и командно-диспетчерским пунктом аэродрома по заданному режиму работы.

Допускается применение надежных автоматических устройств для включения и отключения заградительных огней. На случай отказа в работе этих устройств следует предусматривать возможность включения заградительных огней вручную.

6. Для обеспечения удобного и безопасного обслуживания должны предусматриваться площадки у мест размещения сигнальных огней и оборудования, а также лестницы для доступа к этим площадкам. Для этих целей следует использовать площадки и лестницы, имеющиеся на опорах ВЛ.

7. Для целей дневной маркировки опоры со световым ограждением должны быть окрашены в два цвета - красный (оранжевый) и белый - полосами шириной до 6 м в зависимости от высоты опоры. Число полос должно быть не менее трех, причем первую и последнюю полосы окрашивают в красный (оранжевый) цвет.

8. Определение того, к какому роду препятствий относится конкретная опора ВЛ, расчет высоты маркировки и светового ограждения, определение других требований, предъявляемых к выполнению светоограждения и дневной маркировки, а также согласование требований с органами гражданской авиации осуществляются в соответствии с "Правилами маркировки и светоограждения высотных препятствий".

2.5.18. Для определения мест повреждений на ВЛ 110 кВ и выше должны быть предусмотрены специальные приборы, устанавливаемые на подстанциях. При прохождении этих ВЛ в районах, где может быть гололед с толщиной стенки 15 мм и более, рекомендуется предусматривать устройства, сигнализирующие о появлении гололеда (см. также 2.5.19).

2.5.19. Для ВЛ, проходящих в районах с толщиной стенки гололеда 20 мм и более, а также в местах с частыми образованиями гололеда или изморози в сочетании с сильными ветрами и в районах с частотой и интенсивной пляской проводов, рекомендуется предусматривать плавку гололеда на проводах. Плавка гололеда на тросах ВЛ должна предусматриваться в тех случаях, когда возможно опасное приближение освобождающихся от гололеда проводов к тросам, покрытым гололедом.

При обеспечении плавки гололеда без перерыва электроснабжения потребителей нормативная толщина стенки гололеда может быть снижена на 15 мм, при этом расчетная толщина стенки гололеда должна быть не менее 15 мм.

На ВЛ с плавкой гололеда должны быть предусмотрены устройства, сигнализирующие о появлении гололеда. При выборе установок сигнализатора гололеда следует учитывать необходимое время от поступления сигнала до начала плавки в соответствии с расчетными условиями, принятыми для ВЛ.

2.5.20. Трасса ВЛ должна выбираться по возможности кратчайшей. В районах с большими отложениями гололеда, сильными ветрами, лавинами, оползнями, камнепадами, болотами и т. п. необходимо при проектировании предусматривать по возможности обходы особо неблагоприятных мест, что должно быть обосновано сравнительными технико-экономическими расчетами.

## **КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ**

2.5.21. Определение расчетных климатических условий, интенсивности грозовой деятельности и пляски проводов для расчета и выбора конструкций ВЛ должно производиться на основании карт климатического районирования с уточнением по региональным картам и материалам многих наблюдений гидрометеорологических станций и метеопостов управлений гидрометеослужбы и энергосистем за скоростью ветра, интенсивностью и плотностью гололедно-изморозевых отложений и температурой воздуха, грозовой деятельностью и пляской проводов в зоне трассы сооружаемой ВЛ.

При обработке данных наблюдений должно быть учтено влияние микроклиматических особенностей на интенсивность гололедообразования и на скорость ветра в результате действия как природных условий (пересеченный рельеф местности, высота над уровнем моря, наличие больших озер и водохранилищ, степень залесенности и т. д.), так и существующих или проектируемых инженерных сооружений (плотины и водосбросы, пруды-охладители, полосы сплошной застройки и т. п.).

Для ВЛ, сооружаемых в малоизученных районах\*, значения скоростного напора ветра и толщины стенки гололеда рекомендуется принимать на район выше.

-----  
\* К малоизученным районам относятся районы, где:

1) Отсутствуют метеостанции либо есть метеостанции, но их количество недостаточно или они нерепрезентативны.

2) Отсутствует опыт эксплуатации.

2.5.22. Максимальные нормативные скоростные напоры ветра и толщину гололедно-изморозевых отложений определяют, исходя из их повторяемости 1 раз в 15 лет для ВЛ 500 кВ, 1 раз в 10 лет для ВЛ 6-330 кВ и 1 раз в 5 лет для ВЛ 3 кВ и ниже.

2.5.23. Максимальные нормативные скоростные напоры для высоты до 15 м от земли принимаются по табл. 2.5.1 в соответствии с картой районирования территории СССР по скоростным напорам ветра (рис. 2.5.1-2.5.4), но не ниже  $40 \text{ даН/м}^2$  для ВЛ 6-330 кВ и  $55 \text{ даН/м}^2$  для ВЛ 500 кВ.

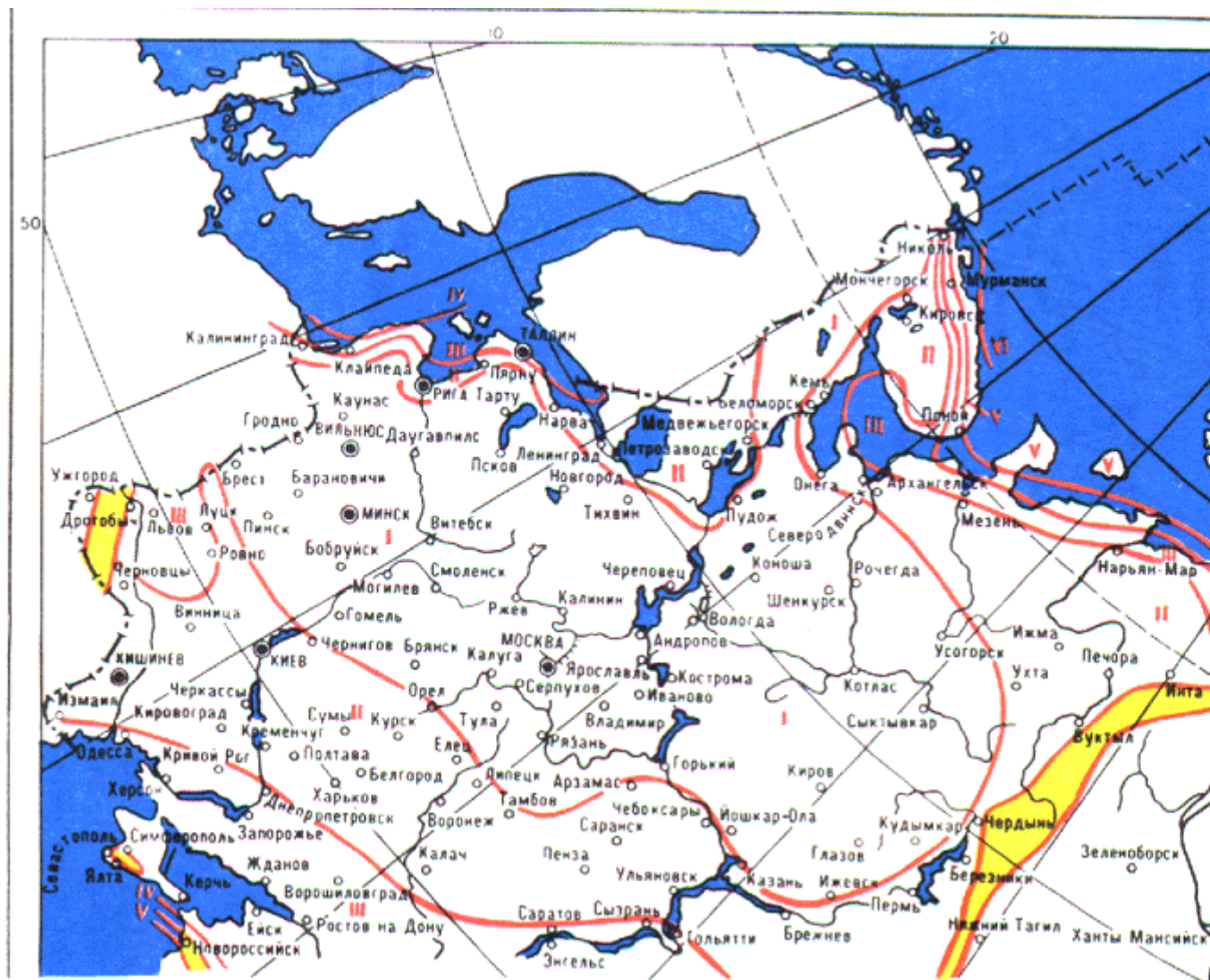


Рис. 2.5.1. Карта районирования территории СНГ по скоростным напорам ветра. Лист 1

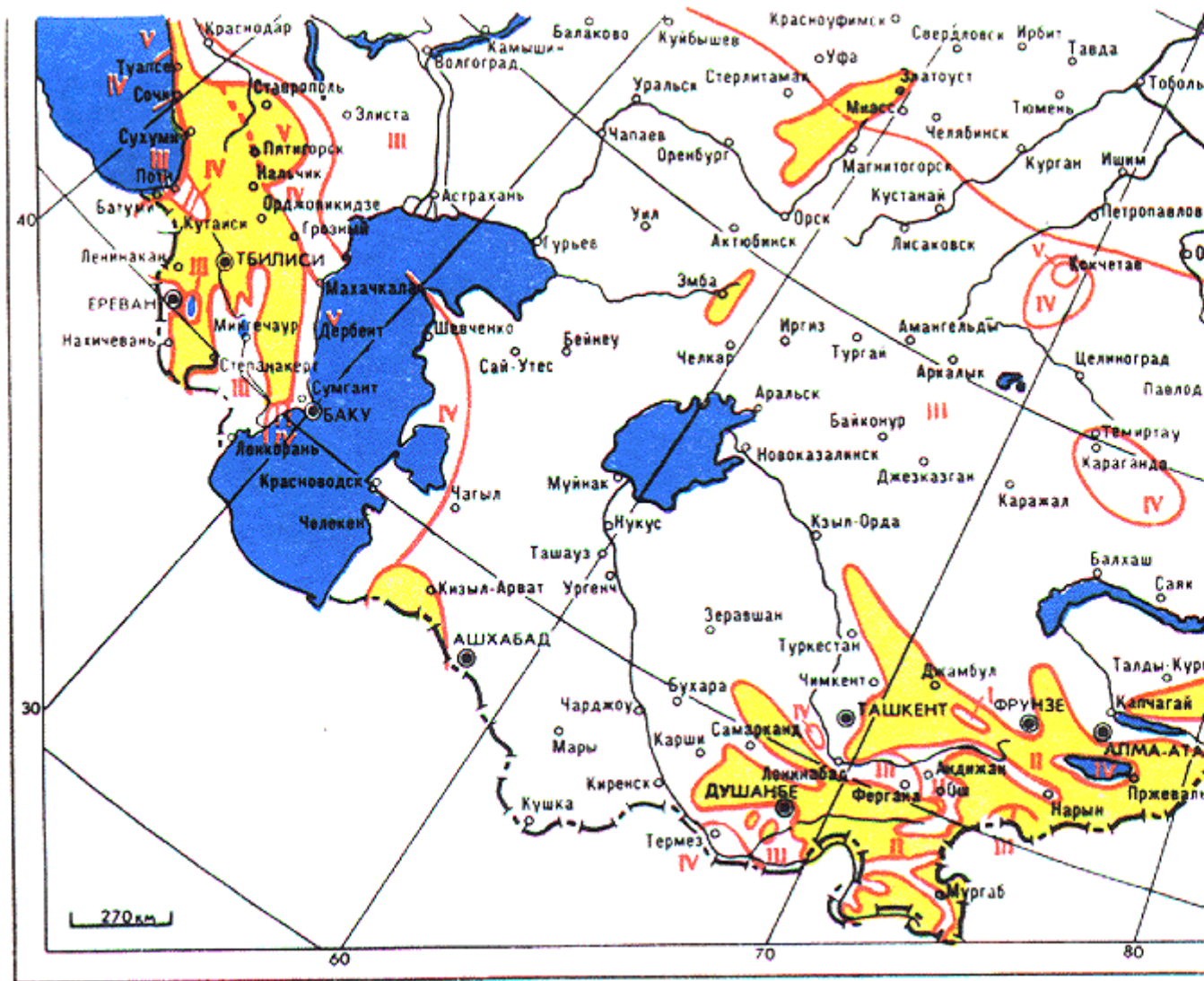


Рис. 2.5.2. Карта районирования территории СНГ по скоростным напорам ветра. Лист 2



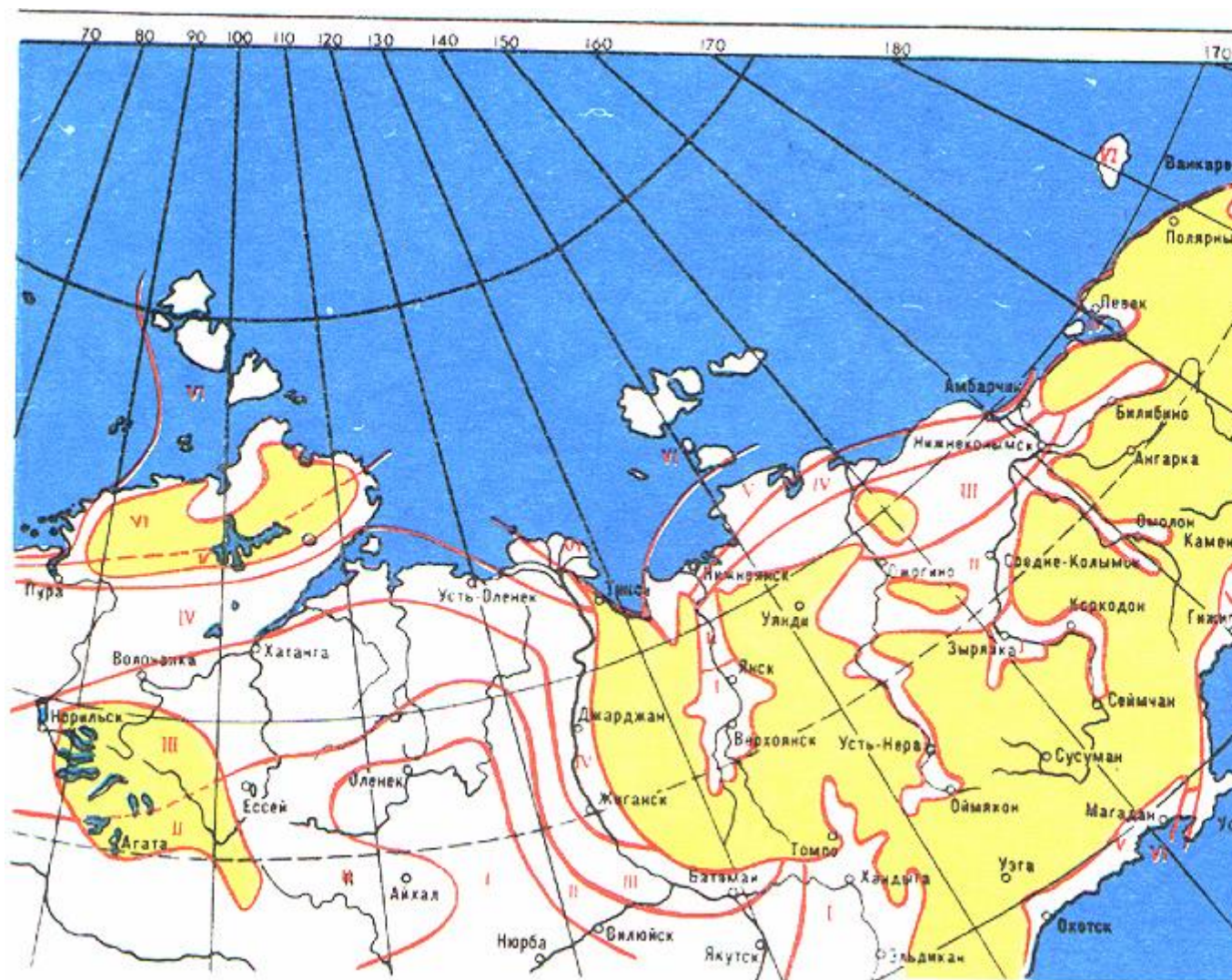


Рис. 2.5.3. Карта районирования территории СНГ по скоростным напорам ветра. Лист 3





Рис. 2.5.4. Карта районирования территории СНГ по скоростным напорам ветра. Лист 4

2.5.24. Скоростной напор ветра на провода ВЛ определяется по высоте расположения приведенного центра тяжести всех проводов, скоростной напор на тросы - по высоте расположения центра тяжести тросов. При расположении центра тяжести на высоте до 15 м скоростной напор принимается по табл. 2.5.1.

При высоте более 15 м скоростной напор определяется путем умножения значения напора, указанного в табл. 2.5.1 для высоты до 15 м, на поправочный коэффициент по табл. 2.5.2, учитывающий возрастание скорости ветра по высоте.

**Таблица 2.5.1. Максимальный нормативный скоростной напор ветра на высоте до 15 м от земли**

Районы СССР по ветру	Скоростной напор ветра $q_{\max}$ , даН/м <sup>2</sup> , (скорость ветра $V_{\max}$ , м/с) с повторяемостью		
	1 раз в 5 лет	1 раз в 10 лет	1 раз в 15 лет
I	27 (21)	40 (25)	55 (30)

II	35 (24)	40 (25)	55 (30)
III	45 (27)	50 (29)	55 (30)
IV	55 (30)	65 (32)	80 (36)
V	70 (33)	80 (36)	80 (36)
VI	85 (37)	100 (40)	100 (40)
VII	100 (40)	125 (45)	125 (45)

Примечания: 1. Для повторяемости 1 раз в 10 лет и 1 раз в 15 лет в таблице даны унифицированные значения скоростных напоров и скоростей ветра.

2. Значения скоростных напоров при их уточнении на основании обработки фактически замеренных скоростей определяются по формуле

$$q_{\max} = (\alpha v_{\max})^{2/6},$$

где  $v$  - скорость ветра на высоте 10 м над поверхностью земли (при двухминутном интервале усреднения), превышаемая в среднем один раз в 5, 10 или 15 лет;  $\alpha = 0,75 + 5/v_{\max}$  - поправочный коэффициент к скоростям ветра, полученным из обработки наблюдений по флюгеру, принимается не более единицы; при использовании малоинерционных анемометров коэффициент  $\alpha$  принимается равным единице.

Полученные значения применяются до высоты 15 м. Рекомендуется округлять их до ближайшего указанного в таблице значения.

Высота расположения приведенного центра тяжести проводов или тросов  $h_{\text{пр}}$  определяется для габаритного пролета по формуле

$$h_{\text{пр}} = h_{\text{ср}} - \frac{2}{2} f,$$

где  $h_{\text{ср}}$  - средняя высота крепления провода к изоляторам или средняя высота крепления тросов на опоре, отсчитываемая от отметки земли в местах установки опор, м;  $f$  - стрела провеса провода или троса, условно принимаемая наибольшей (при высшей температуре или гололеде без ветра), м.

Полученные значения скоростных напоров ветра должны быть округлены до целого числа.

2.5.25. Скоростной напор ветра на провода и тросы больших переходов через водные пространства определяется по указаниям 2.5.24, но с учетом следующих дополнительных требований:

1. Для перехода, состоящего из одного пролета, высота расположения приведенного центра тяжести проводов или тросов определяется по формуле

$$h_{\text{пр}} = \frac{h_{\text{ср1}} + h_{\text{ср2}}}{2} - \frac{2}{3} f,$$

где  $h_{\text{ср1}}, h_{\text{ср2}}$  - высота крепления тросов или средняя высота крепления проводов к изоляторам на опорах перехода, отсчитываемая от меженного уровня реки или нормального

горизонта пролива, канала, водохранилища, м;  $f$  - наибольшая стрела провеса провода или троса перехода, м.

**Таблица 2.5.2. Поправочный коэффициент на возрастание скоростных напоров ветра по высоте**

Высота, м	Коэффициент	Высота, м	Коэффициент
До 15	1,0	100	2,1
20	1,25	200	2,6
40	1,55	350 и выше	3,1
60	1,75		

Примечание. Для промежуточных высот значения поправочных коэффициентов определяются по линейной интерполяции.

2. Для перехода, состоящего из нескольких пролетов, скоростной напор ветра на провода или тросы определяется для высоты  $h_{пр}$ , соответствующей средневзвешенному значению высот приведенных центров тяжести проводов или тросов во всех пролетах перехода и вычисляемой по формуле

$$h_{пр} = \frac{h_{пр1}l_1 + h_{пр2}l_2 + \dots + h_{прn}l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n},$$

где  $h_{пр1}, h_{пр2}, \dots, h_{прn}$  - высоты приведенных центров тяжести проводов или тросов над меженным уровнем реки или нормальным горизонтом пролива, канала, водохранилища в каждом из пролетов, м. При этом если пересекаемое водное пространство имеет высокий, незатопляемый берег, на котором расположены как переходные, так и смежные с ними опоры, то высоты приведенных центров тяжести в пролете, смежном с переходным, отсчитываются от отметки земли в этом пролете;  $l_1, l_2, \dots, l_n$  - длины пролетов, входящих в переход, м.

2.5.26. Скоростной напор ветра на конструкции опор определяется с учетом его возрастания по высоте. Для отдельных зон высотой не более 15 м значение поправочных коэффициентов следует принимать постоянным, определяя его по высоте средних точек соответствующих зон, отсчитываемой от отметки земли в месте установки опоры.

2.5.27. Для участков ВЛ, сооружаемых в застроенной местности, максимальный нормативный скоростной напор ветра допускается уменьшать на 30% (скорость ветра - на 16%) по сравнению с принятым для района прохождения ВЛ, если средняя высота окружающих зданий составляет не менее 2/3 высоты опор. Такое же уменьшение скоростного напора ветра допускается для ВЛ, трасса которых защищена от поперечных ветров (например, в лесных массивах заповедников, в горных долинах и ущельях).

2.5.28. Для участков ВЛ, находящихся в местах с сильными ветрами (высокий берег большой реки, резко выделяющаяся над окружающей местностью возвышенность, долины и ущелья, открытые для сильных ветров, прибрежная полоса больших озер и водохранилищ в пределах 3-5 км), при отсутствии данных наблюдений максимальный скоростной напор следует увеличивать на 40% (скорость ветра - на 18%) по сравнению с принятым для данного района. Полученные цифры рекомендуется округлять до ближайшего значения, указанного в табл. 2.5.1.

2.5.29. При расчете проводов и тросов на ветровые нагрузки направление ветра следует принимать под углом 90°, 45° и 0° к ВЛ. При расчете опор следует принимать направление ветра под углом 90 и 45° к ВЛ.

2.5.30. Нормативная ветровая нагрузка  $P$ , даН, на провода и тросы, действующая перпендикулярно проводу (тросу), для каждого расчетного режима определяется по формуле

$$P = \alpha K_l C_x q F_{\sin^2 \varphi},$$

где  $\alpha$  - коэффициент, учитывающий неравномерность скоростного напора ветра по пролету ВЛ, принимаемый равным: 1 при скоростном напоре ветра до 27 даН/м<sup>2</sup>, 0,85 при 40 даН/м<sup>2</sup>, 0,75 при 55 даН/м<sup>2</sup>, 0,7 при 76 даН/м<sup>2</sup> и более (промежуточные значения определяются линейной интерполяцией);  $K_l$  - коэффициент, учитывающий влияние длины пролета на ветровую нагрузку, равный 1,2 при длине пролета до 50 м, 1,1 при 100 м, 1,05 при 150 м, 1 при 250 м и более (промежуточные значения  $K_l$  определяются интерполяцией);  $C_x$  - коэффициент лобового сопротивления, принимаемый равным: 1,1 для проводов и тросов диаметром 20 мм и более, свободных от гололеда, 1,2 для всех проводов и тросов, покрытых гололедом, и для проводов и тросов диаметром менее 20 мм, свободных от гололеда;  $q$  - нормативный скоростной напор ветра в рассматриваемом режиме, даН/м<sup>2</sup>;  $F$  - площадь диаметрального сечения провода, м<sup>2</sup> (при гололеде с учетом нормативной толщины стенки гололеда);  $\varphi$  - угол между направлением ветра и осью ВЛ.

При измерении скорости ветра по приборам с 10-минутным интервалом осреднения в приведенную формулу следует вводить коэффициент 1,3.

2.5.31. Нормативная масса гололедных отложений на проводах и тросах определяется, исходя из цилиндрической формы отложений с плотностью 0,9 г/см<sup>3</sup>.

Толщина стенки гололеда, приведенная к высоте 10 м от земли и к диаметру провода 10 мм при повторяемости 1 раз в 5 и 10 лет, определяется в соответствии с картой районирования территории СССР по гололеду (рис. 2.5.5-2.5.10) и табл. 2.5.3. Толщина стенки гололеда может быть уточнена на основании обработки многолетних наблюдений.

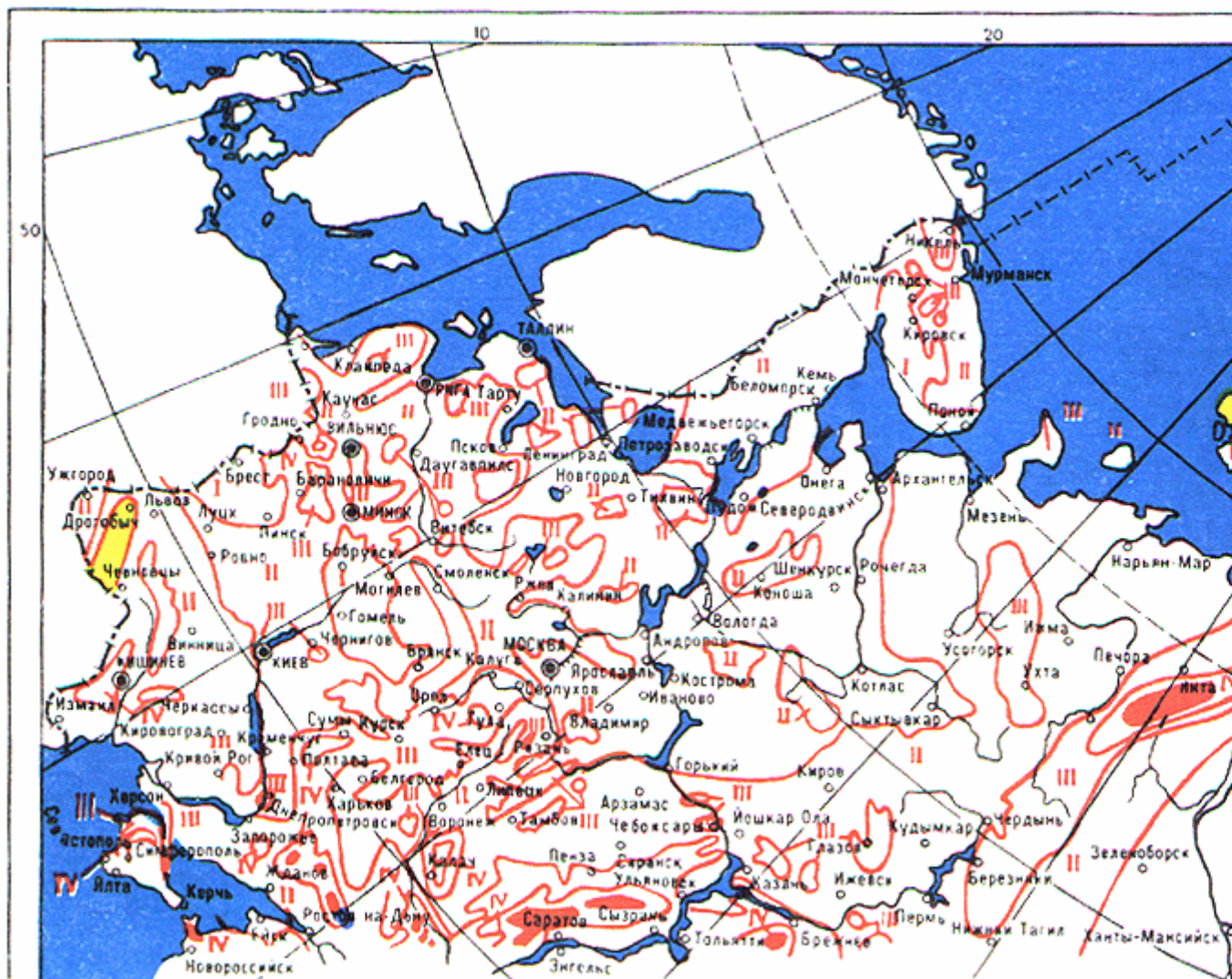


Рис. 2.5.5. Карта районирования территории СНГ по толщине стенки гололеда. Лист 1



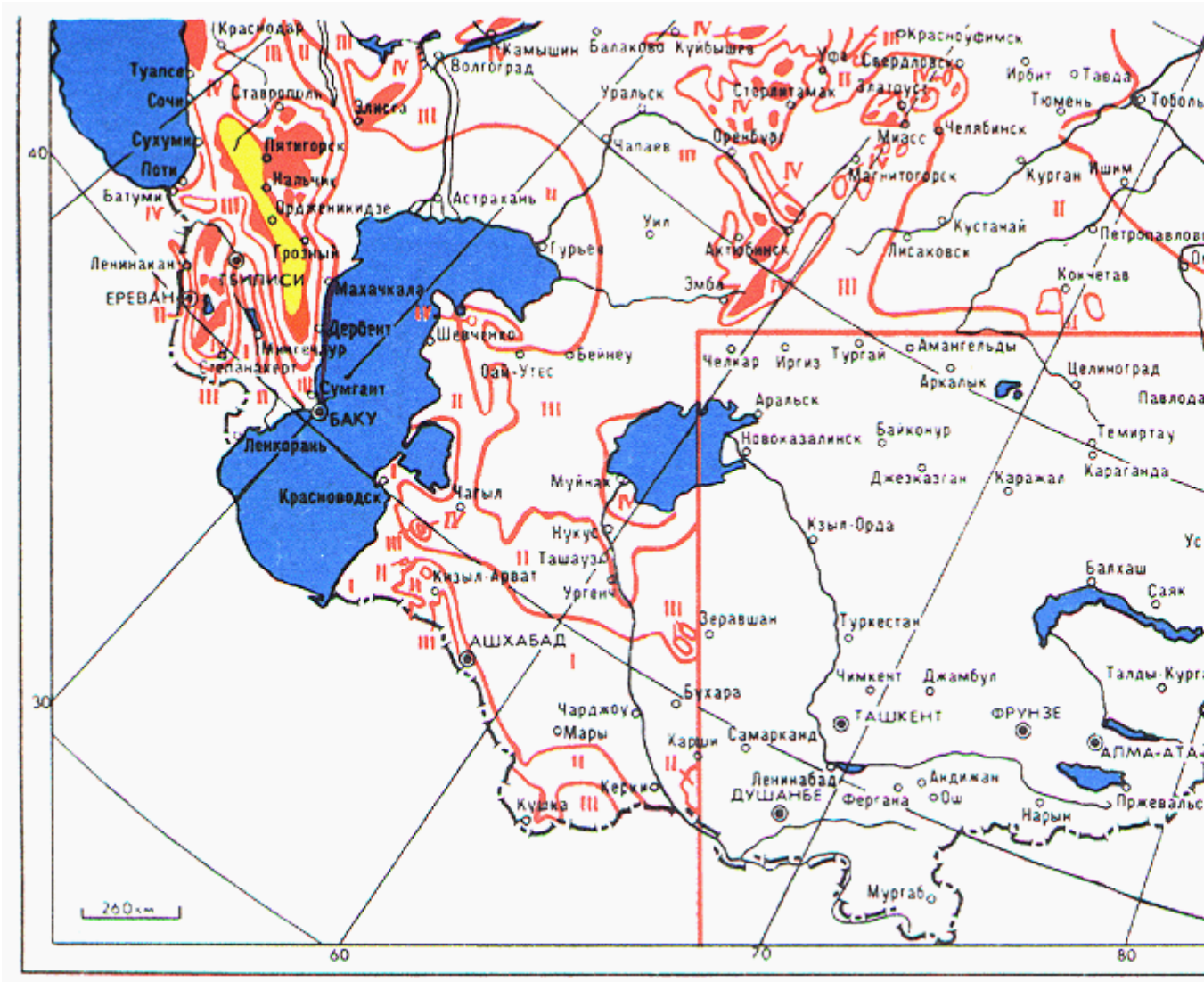


Рис. 2.5.6. Карта районирования территории СНГ по толщине стенки гололеда. Лист 2

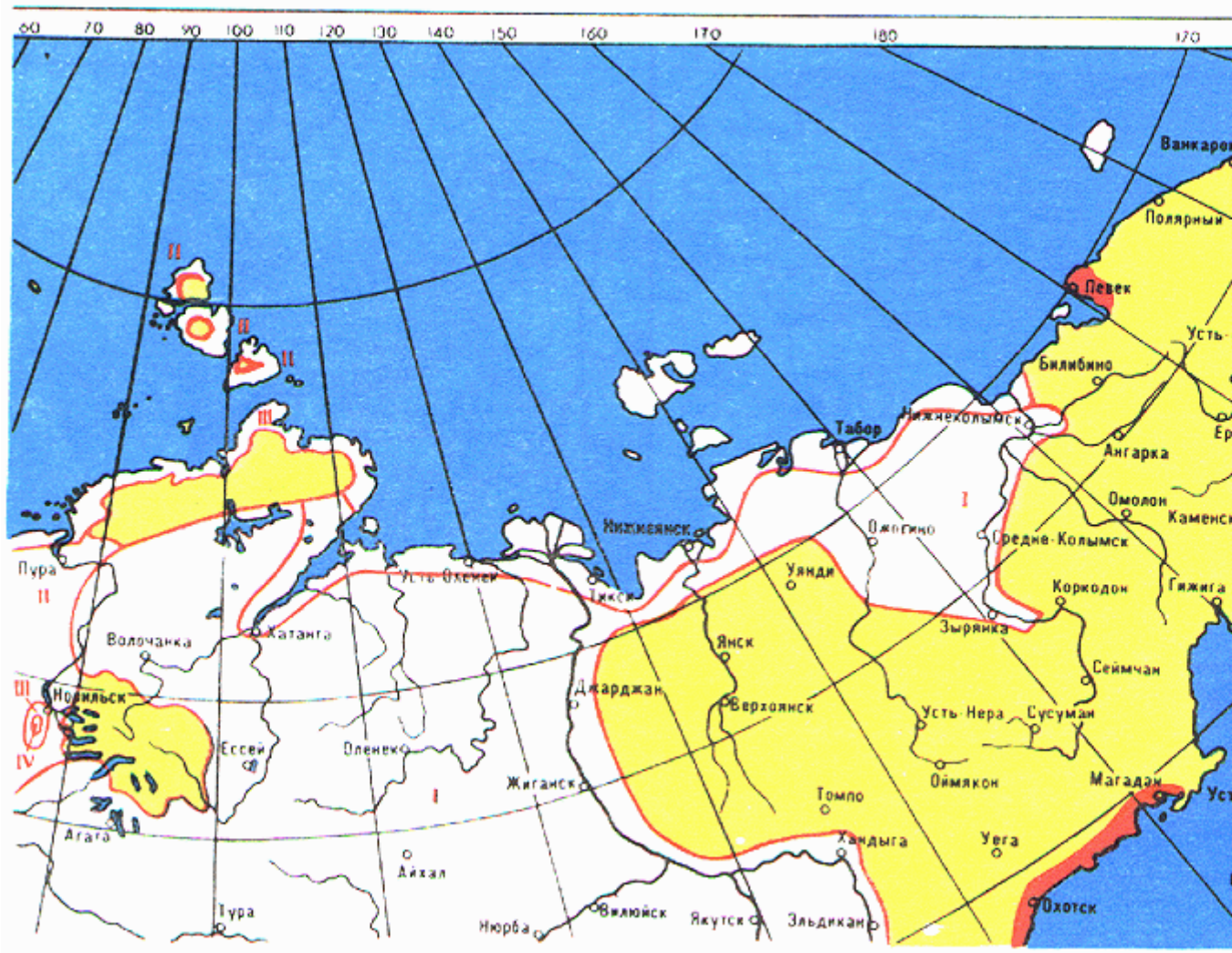


Рис. 2.5.7. Карта районирования территории СНГ по толщине стенки гололеда. Лист 3

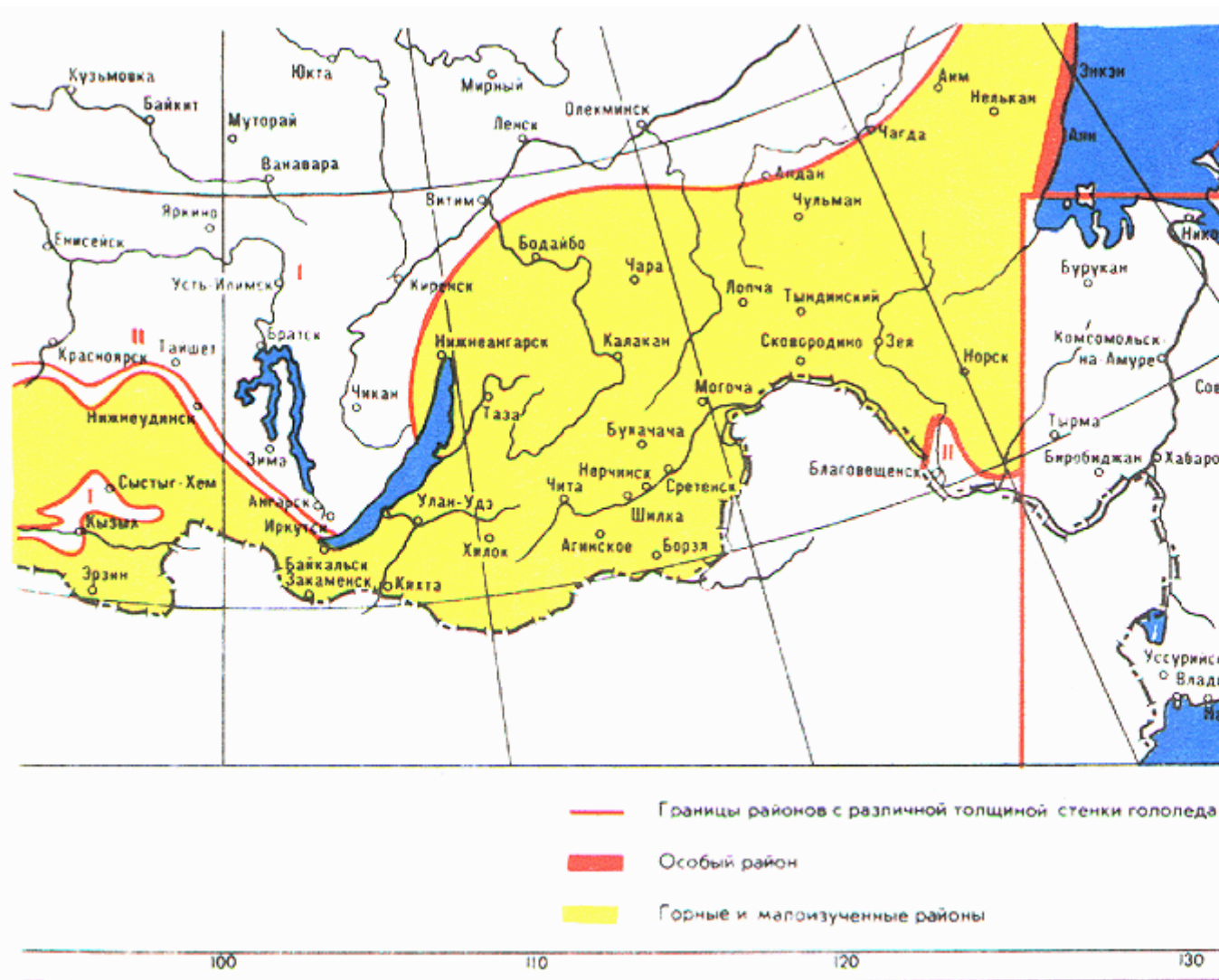


Рис. 2.5.8. Карта районирования территории СНГ по толщине стенки гололеда. Лист 4



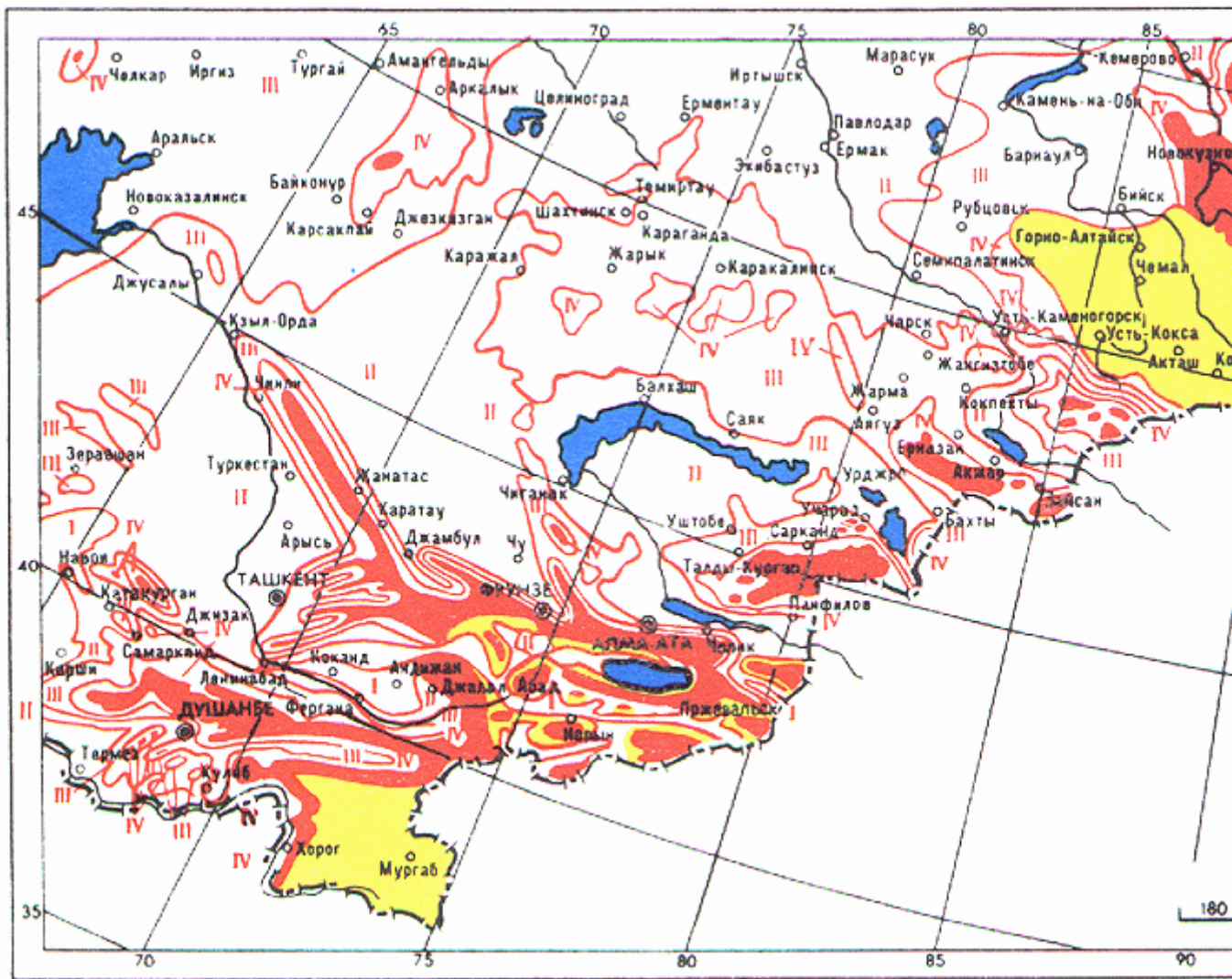


Рис. 2.5.9. Карта районирования территории СНГ по толщине стенки гололеда. Лист 5

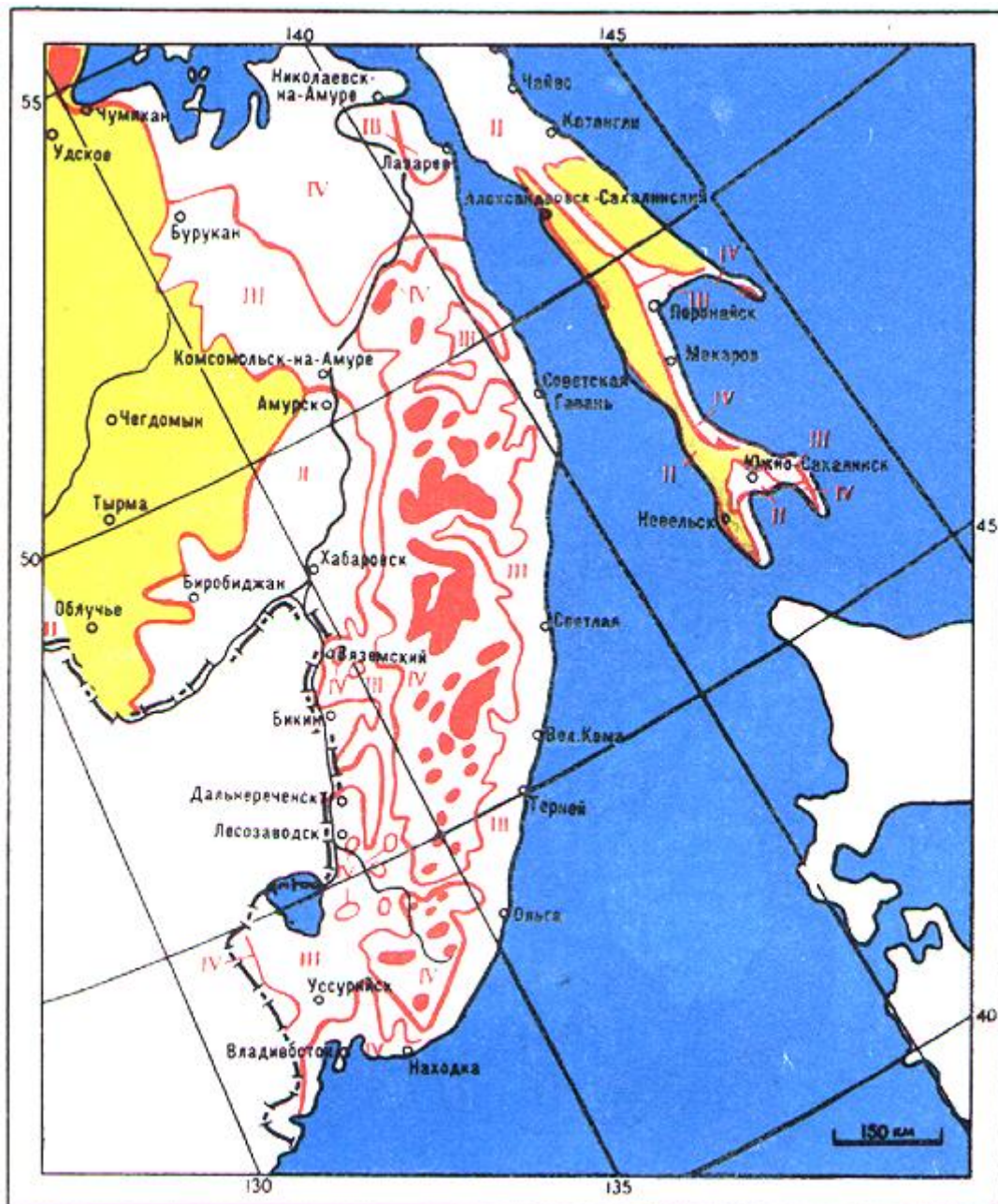


Рис. 2.5.10. Карта районирования территории СНГ по толщине стенки гололеда. Лист 6

**Таблица 2.5.3. Нормативная толщина стенки гололеда для высоты 10 м над поверхностью земли**

Район по гололеду	Нормативная толщина стенки гололеда, мм, с повторяемостью	
	1 раз в 5 лет	1 раз в 10 лет
I	5	5

II	5	10
III	10	15
IV	15	20
Особый	20 и более	Более 22

Толщина стенки гололеда с повторяемостью 1 раз в 15 лет в I-IV районах по гололеду, а также с любой повторяемостью в особых районах по гололеду должна приниматься на основании обработки данных фактических наблюдений.

Принимаемая в расчетах толщина стенки гололеда для повторяемости один раз в 5 и 10 лет должна быть не менее 5 мм, а для повторяемости 1 раз в 15 лет - не менее 10 мм.

При высоте расположения приведенного центра тяжести проводов до 25 м поправки на толщину стенки гололеда в зависимости от высоты и диаметра проводов и тросов не вводятся.

При высоте расположения приведенного центра тяжести проводов более 25 м толщина стенки гололеда вычисляется в соответствии со СНиП 2.01.07-85 "Нагрузки и воздействия" Госстроя России, причем высота для определения поправочного коэффициента принимается в соответствии с указаниями 2.5.25 такой же, как для вычисления скоростного напора ветра. При этом исходную толщину стенки гололеда (для высоты 10 м и диаметра 10 мм) следует принимать без увеличения, предусмотренного 2.5.32.

Толщина стенки гололеда до 22 мм округляется до ближайшего значения, кратного 5 мм, а толщина более 22 мм - до 1 мм.

2.5.32. Для участков ВЛ, проходящих по плотинам гидроэлектростанций и вблизи прудов-охладителей, при отсутствии данных наблюдений следует принимать толщину стенки гололеда на 5 мм больше, чем для всей линии.

2.5.33. Расчетные температуры воздуха принимаются одинаковыми для ВЛ всех напряжений по данным фактических наблюдений и округляются до значений, кратных пяти.

2.5.34. Расчет ВЛ по нормальному режиму работы необходимо производить для следующих сочетаний климатических условий:

- 1) высшая температура, ветер и гололед отсутствуют.
- 2) низшая температура, ветер и гололед отсутствуют.
- 3) среднегодовая температура  $t_s$ , ветер и гололед отсутствуют.
- 4) провода и тросы покрыты гололедом, температура минус 5°C, ветер отсутствует.
- 5) максимальный нормативный скоростной напор ветра  $q_{max}$ , температура минус 5°C, гололед отсутствует.
- 6) провода и тросы покрыты гололедом, температура минус 5°C, скоростной напор ветра 0,25  $q_{max}$  (скорость ветра 0,5  $V_{max}$ ). В районах с толщиной стенки гололеда 15 мм и более скоростной напор ветра при гололеде должен быть не менее 14 даН/м<sup>2</sup> (скорость ветра - не менее 15 м/с).
- 7) Фактические сочетания скоростных напоров ветра и размеров отложений гололеда на проводах и тросах при температуре минус 5° С в режимах:

7.1. Максимальное отложение гололеда на проводах и тросах и скоростной напор ветра при этом отложении.

7.2. Максимальный скоростной напор ветра и отложения гололеда на проводах и тросах при этом скоростном напоре.

Нагрузки по пунктам 7.1. и 7.2 определяются по региональным картам гололедно-ветровых нагрузок. При отсутствии региональных карт значения нагрузок определяются путем обработки соответствующих метеоданных по "Методике расчета и построения региональных карт результирующей гололедно-ветровой нагрузки ВЛ" и по "Методике разработки региональных карт нормативных районов ветровых нагрузок при гололеде для проектирования и эксплуатации ВЛ", разработанных ВНИИЭ и утвержденных Главтехуправлением Минэнерго СССР, при условии, что для характеристики климатических условий на 100 км ВЛ имеется 2 и более репрезентативных метеорологических станций с рядами наблюдений за фактическими сочетаниями отложений и наблюдаемых при них скоростей ветра.

В тех случаях, когда определение нагрузок не представляется возможным, расчет ВЛ на воздействие гололедно-ветровых нагрузок следует производить на условия согласно пункту 6. При этом скоростной напор ветра при гололеде следует принимать не более  $30 \text{ даН/м}^2$  ( $V=22 \text{ м/с}$ ).

При расчете ВЛ по пп.6 и 7.1 в районах с нормативной толщиной стенки гололеда до 10 мм соответствующий скоростной напор ветра при гололеде должен быть не менее  $6,25 \text{ даН/м}^2$  ( $V = 10 \text{ м/с}$ ), а в районах с нормативной толщиной стенки гололеда 15 мм и более - не менее  $14,0 \text{ даН/м}^2$  ( $V = 15 \text{ м/с}$ ).

Для районов со среднегодовой температурой минус  $5^\circ \text{C}$  и ниже температуру в пп. 4, 5, 6 и 7 следует принимать равной минус  $10^\circ \text{C}$ .

2.5.35. Расчет ВЛ по аварийному режиму работы необходимо производить для следующих сочетаний климатических условий:

1. Среднегодовая температура  $t^{\circ}$ , ветер и гололед отсутствуют.
2. Низшая температура  $t^{\min}$ , ветер и гололед отсутствуют.
3. Провода и тросы покрыты гололедом, температура минус  $5^\circ\text{C}$ , ветер отсутствует.
4. Провода и тросы покрыты гололедом, температура минус  $5^\circ\text{C}$ , скоростной напор ветра  $0,25 q_{\max}$ .

2.5.36. При проверке опор ВЛ по условиям монтажа необходимо принимать следующие сочетания климатических условий: температура минус  $15^\circ\text{C}$ , скоростной напор ветра на высоте до 15 м от земли  $6,25 \text{ даН/м}^2$ , гололед отсутствует.

2.5.37. При расчете приближений токоведущих частей к элементам опор ВЛ и сооружений необходимо принимать следующие сочетания климатических условий:

1. При рабочем напряжении: максимальный нормативный скоростной напор ветра  $q_{\max}$ , температура минус  $5^\circ\text{C}$  (см. также 2.5.34).
2. При грозовых и внутренних перенапряжениях: температура плюс  $15^\circ\text{C}$ , скоростной напор  $q = 0,1q_{\max}$  ( $v \approx 0,3v_{\max}$ ), но не менее  $6,25 \text{ даН/м}^2$ .

3. Для обеспечения безопасного подъема на опору под напряжением: температура минус 15°C, ветер и гололед отсутствуют.

Значение  $q_{\max}$  принимается таким же, как для определения ветровой нагрузки на провода.

Расчет приближений по п. 2 должен производиться также при отсутствии ветра.

Угол отклонения проводов и тросов определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \gamma = kP / (G_{np} + 0,5G_r),$$

где  $k$  - коэффициент, учитывающий динамику колебаний провода при его отклонениях и принимаемый равным: 1 при скоростном напоре ветра до 40 даН/м<sup>2</sup>, 0,95 при 45 даН/м<sup>2</sup>, 0,9 при 55 даН/м<sup>2</sup>, 0,85 при 65 даН/м<sup>2</sup>, 0,8 при 80 даН/м<sup>2</sup> и более (промежуточные значения определяются линейной интерполяцией);  $P$  - нормативная ветровая нагрузка на провод, даН;  $G_{np}$  - нагрузка на гирлянду от веса провода, даН;  $G_r$  - вес гирлянды изоляторов, даН.

## ПРОВОДА И ГРОЗОЗАЩИТНЫЕ ТРОСЫ

2.5.38. ВЛ могут выполняться с одним или несколькими проводами в фазе; во втором случае фаза называется расщепленной.

Диаметр проводов, их сечение и количество в фазе, а также расстояние между проводами расщепленной фазы определяются расчетом.

2.5.39. По условиям механической прочности на ВЛ должны применяться многопроволочные алюминиевые и сталеалюминиевые провода и провода из алюминиевого сплава АЖ и многопроволочные тросы.

Минимальные допустимые сечения проводов:

алюминиевых 240 мм<sup>2</sup>

сталеалюминиевых проводов с отношением А : С = 6 в районах с нормативной толщиной стенки гололеда:

до 10 мм. 35 мм<sup>2</sup>

15 и 20 мм. 50 мм<sup>2</sup>

более 20 мм.. 70 мм<sup>2</sup>

проводов из алюминиевого сплава АЖ 120 мм<sup>2</sup>

Минимальные допустимые сечения проводов приведены в табл. 2.5.4.

**Таблица 2.5.4. Минимальное допустимое сечение сталеалюминиевых проводов ВЛ по условиям механической прочности**

Характеристика ВЛ	Сечение сталеалюминиевых проводов, мм <sup>2</sup>
-------------------	--

ВЛ без пересечений, переходы	
ВЛ через судоходные реки и каналы, пролеты пересечений	
ВЛ с инженерными сооружениями (линиями связи, надземными трубопроводами и канатными дорогами), железными дорогами и другими инженерными сооружениями при толщине стенки гололеда, мм:	
до 10 мм	35
15 и 20 мм	50
более 20	70

На ВЛ 10 кВ и ниже, проходящих в ненаселенной местности с расчетной толщиной стенки гололеда до 10 мм, в пролетах без пересечений с инженерными сооружениями допускается применять однопроволочные стальные провода марок, разрешенных к применению специальными указаниями.

В качестве грозозащитных тросов следует использовать стальные канаты сечением не менее  $35 \text{ мм}^2$  из проволок с пределом прочности не менее  $120 \text{ даН/мм}^2$ . На особо ответственных переходах и в зонах химического воздействия, а также при использовании грозозащитного троса для высокочастотной связи и в случаях, когда это необходимо по условиям термической стойкости (см. 2.5.42), в качестве грозозащитного троса следует применять сталеалюминиевые провода общего применения или специальные.

В пролетах пересечений с надземными трубопроводами и канатными дорогами допускается применение стальных грозозащитных тросов. В пролетах пересечений с трубопроводами, не предназначенными для транспортировки горючих жидкостей и газов, допускается применение стальных проводов сечением  $25 \text{ мм}^2$  и более.

В пролетах пересечений ВЛ с железными дорогами в качестве грозозащитных тросов следует применять стальные канаты с пределом прочности не менее  $120 \text{ даН/мм}^2$  сечением не менее  $35 \text{ мм}^2$  в I и II районах по гололеду и не менее  $50 \text{ мм}^2$  в остальных районах по гололеду.

Для снижения потерь электроэнергии на перемагничивание стальных сердечников в сталеалюминиевых проводах рекомендуется при прочих равных условиях применять провода с четным числом повивов алюминиевых проволок.

**Таблица 2.5.5. Наибольший допустимый пролет ВЛ с алюминиевыми, сталеалюминиевыми и стальными проводами и проводами из алюминиевых сплавов малых сечений**

Марка провода	Предельный пролет, м, при толщине стенки гололеда		
	до 10 мм	15 мм	20 мм
Алюминиевые:			
А 35	140	-	-
А 50	160	90	60

A 70	190	115	75
A 95	215	135	90
A 120	270	150	110
A 150	335	165	130
Из алюминиевых сплавов:			
АН 35	210	115	75
АН 50	265	155	100
АН 70	320	195	130
АН 95	380	235	160
АН 120	435	270	185
АН 150	490	290	205
АЖ 35	280	175	120
АЖ 50	350	220	140
АЖ 70	430	270	180
АЖ 95	500	330	230
АЖ 120	550	370	260
АЖ 150	605	400	290
Сталеалюминиевые:			
АС 25/4,2	230	-	-
АС 35/6,2	320	200	140
АС 50/8,0	360	240	160
АС 70/11	430	290	200
АС 95/16, АС 95/15	525	410	300
АС 120/19	660	475	350
Стальные ПС 25	520	220	150

Примечания: 1. Указанные значения предельных пролетов действительны для алюминиевых проводов из проволоки АТ и АТп.

2. Значения предельных пролетов вычислены из условия достижения 80% предела прочности в точках его подвеса, расположенных на одинаковой высоте, при удвоенном весе гололеда и допускаемых напряжениях по табл. 2.5.7.

2.5.40. Для сталеалюминиевых проводов рекомендуются следующие области применения:

1. В районах с толщиной стенки гололеда до 20 мм: при сечениях до 185 мм<sup>2</sup> - с отношением  $A : C = 6,0 \div 6,25$ , при сечениях 240 мм<sup>2</sup> и более - с отношением  $A : C = 7,71 \div 8,04$ .

2. В районах с толщиной стенки гололеда более 20 мм: при сечениях до 95 мм<sup>2</sup> - с отношением  $A : C = 6,0$ , при сечениях 120-400 мм<sup>2</sup> - с отношением  $A : C = 4,29 \div 4,39$ , при сечениях 450 мм<sup>2</sup> и более - с отношением  $A : C = 7,71 \div 8,04$

3. На больших переходах с пролетами более 800 м - с отношением  $A : C = 1,46$ .

Выбор других марок проводов обосновывается технико-экономическими расчетами.

4. При сооружении ВЛ в местах, где опытом эксплуатации установлено разрушение сталеалюминиевых проводов от коррозии (побережья морей, соленых озер, промышленные районы и районы засоленных песков, прилежащие к ним районы с атмосферой воздуха типов II и III), а также в местах, где такое разрушение ожидается на основании данных изысканий, следует применять сталеалюминиевые провода марок АСКС, АСКП, АСК в соответствии с ГОСТ 839-80, а алюминиевые провода - марки АКП.

На равнинной местности при отсутствии данных эксплуатации ширину прибрежной полосы, к которой относится указанное требование, следует принимать равной 5 км, а полосы от химических предприятий - 1,5 км.

2.5.41. По условиям короны при отметках до 1000 м над уровнем моря рекомендуется применять на ВЛ провода диаметром не менее указанных в табл. 2.5.6.

**Таблица 2.5.6. Минимальный диаметр проводов ВЛ по условиям короны, мм**

Напряжение ВЛ, кВ	Фаза с проводами	
	одиночными	расщепленными
110	11,4 (АС 70/11)	-
150	15,2 (АС 120/19)	-
220	21,6 (АС 240/39)	-
330	33,2 (АС 600/72)	3x17,1 (3xАС 150/24) 2x21,6 (2xАС 240/39)
500	-	3x24,5 (3xАС 300/66) 2x36,2 (2xАС 700/86)

При выборе конструкции ВЛ и количества проводов в фазе, а также междуфазных расстояний ВЛ необходимо ограничивать напряженность электрического поля на поверхности проводов до уровней, допустимых по короне (см. гл. 1.3) и уровню радиопомех.

2.5.42. Сечение грозозащитного троса, выбранное по механическому расчету, должно быть проверено на термическую стойкость в соответствии с указаниями гл. 1.4. На участках с изолированным креплением троса (см. 2.5.67) проверка на термическую стойкость не производится.



2.5.43. Механический расчет проводов и тросов ВЛ выше 1 кВ должен производиться на основании следующих исходных условий:

- 1) при наибольшей внешней нагрузке;
- 2) при низшей температуре и отсутствии внешних нагрузок;
- 3) при среднегодовой температуре и отсутствии внешних нагрузок.

Допустимые механические напряжения в проводах и тросах при этих условиях приведены в табл. 2.5.7.

**Таблица 2.5.7. Допустимое механическое напряжение в проводах и тросах ВЛ напряжением выше 1 кВ**

Провода и тросы	Допустимое напряжение, % предела прочности при растяжении		Допустимое напряжение, даН/мм <sup>2</sup> , для проводов из алюминиевой проволоки			
			АТ		АТп	
	при наибольшей нагрузке и низшей температуре	при среднегодовой температуре	при наибольшей нагрузке и низшей температуре	при среднегодовой температуре	при наибольшей нагрузке и низшей температуре	при среднегодовой температуре
Алюминиевые А, АКП сечением, мм <sup>2</sup> :						
16-35	35	30	5,6	4,8	6,0	5,1
50 и 70	40	30	6,4	4,8	6,8	5,1
95	40	30	6,0	4,5	6,4	4,8
120 и более	45	30	7,2	4,8	7,6	5,1
Сталеалюминиевые АС, АСКС, АСКП, АСК сечением, мм <sup>2</sup> :						
16-25	40	30	10,2	8,7	10,5	9,0
35-95 при А : С= 6,0 и 6,13			11,6	8,7	12,0	9,0
70 при А : С= 0,95			26,8	20,1	27,2	20,4
95 при А : С = 0,65			30,4	22,8	30,8	23,1
120 и более при А: С = 6,11 ÷ 25			13,0	8,7	13,5	9,0

120 и более при А : С = 4,29 ÷ 4,39	} 45	30	14,9	9,9	15,3	10,2
150 и более при А : С = 7,71 ÷ 8,04			12,2	8,1	12,6	8,4
185, 300 и 500 при А : С = 1,46			25,0	16,5	25,2	16,8
330 при А : С = 12,22			10,8	7,2	11,7	7,8
400 и 500 при А : С = 17,93 и 18,09			9,7	6,5	10,4	6,9
Стальные:	} 50	35	31	21,6	-	-
ПС всех сечений			По ГОСТ или ТУ**	-	-	-
тросы ТК всех сечений				-	-	-
** В зависимости от разрывного усилия троса в целом.						
Из алюминиевого сплава сечением, мм <sup>2</sup> :					-	-
16-95 из сплава АН	} 40	30	8,3	6,2	-	-
16-95 из сплава АЖ			11,4	8,5	-	-
120 и более из сплава АН	} 45	30	9,4	6,2	-	-
120 и более из сплава АЖ			12,8	8,5	-	-

2.5.44. В механических расчетах проводов и тросов ВЛ следует принимать физико-механические характеристики, приведенные в табл. 2.5.8.

Область применения (минимальные допустимые сечения и т. п.) проводов из алюминиевого сплава марки АН соответствует области применения алюминиевых проводов, а проводов из алюминиевого сплава марки АЖ - области применения сталеалюминиевых проводов.

2.5.45. Механические напряжения, возникающие в высших точках подвески алюминиевых и стальных проводов, не должны превышать 105% значений, приведенных в табл. 2.5.7. Напряжения в высших точках подвески сталеалюминиевых проводов на всех участках ВЛ, в том числе и на больших переходах, должны составлять не более 110% значений, указанных в табл. 2.5.7.

2.5.46. На ВЛ должны быть защищены от вибрации:

1. Одиночные алюминиевые и сталеалюминиевые провода и провода из алюминиевого сплава сечением до 95 мм<sup>2</sup> в пролетах длиной более 80 м, сечением 120-240 мм<sup>2</sup> в пролетах более 100 м, сечением 300 мм<sup>2</sup> и более в пролетах более 120 м, стальные многопроволочные провода и тросы всех сечений в пролетах более 120 м - при прохождении ВЛ по открытой ровной или малопересеченной местности, если механическое напряжение при среднегодовой температуре составляет более, даН/мм<sup>2</sup> :

для алюминиевых проводов и проводов из алюминиевого сплава АН ....	3,5
для сталеалюминиевых проводов и проводов из алюминиевого сплава АЖ	4,0
для стальных проводов и тросов .....	18,0

При прохождении ВЛ по сильно пересеченной или застроенной местности, а также по редкому или низкорослому (ниже высоты подвеса проводов) лесу длина пролетов и значения механических напряжений, при превышении которых необходима защита от вибрации, увеличиваются на 20%.

2. Провода расщепленной фазы, состоящей из двух проводов, соединенных распорками, в пролетах длиной более 150 м - при прохождении ВЛ по открытой ровной или слабо пересеченной местности, если механическое напряжение в проводах при среднегодовой температуре составляет более, даН/мм<sup>2</sup> :

для алюминиевых проводов и проводов из алюминиевого сплава АН .....	4,0
для сталеалюминиевых проводов и проводов из алюминиевого сплава АЖ.	4,5

При прохождении ВЛ по сильно пересеченной или застроенной местности, а также по редкому или низкорослому (ниже высоты подвеса проводов) лесу значения механических напряжений, при превышении которых необходима защита от вибрации, увеличиваются на 10%.

При применении расщепленной фазы, состоящей из трех или четырех проводов с групповой установкой распорок, защита от вибрации не требуется (кроме случаев, указанных в п. 3).

3. Провода и тросы при пересечении рек, водоемов и других водных преград с пролетами более 500 м - независимо от числа проводов в фазе и значения механического напряжения; при этом защите от вибрации подлежат все пролеты участка перехода.

**Таблица 2.5.8. Физико-механические характеристики проводов и тросов**

Провода и тросы	Приведенная нагрузка от собственного веса, 10 <sup>-3</sup> даН/(м·мм <sup>2</sup> )	Модуль упругости, 10 <sup>3</sup> даН/мм <sup>2</sup>	Температурный коэффициент линейного удлинения, 10 <sup>-0</sup> град <sup>-1</sup>	Предел прочности при растяжении, даН/мм <sup>2</sup> , провода и троса в целом		
				из проволоки		из стали и сплавов
				АТ	АТп	
Алюминиевые А, АКП сечением, мм <sup>2</sup> :						
до 400, за исключением 95 и 240	2,75	6,3	23,0	16	17	-
450 и более, а также 95 и 240	2,75	6,3	23,0	15	16	-
Сталеалюминиевые АС, АСКС, АСКП, АСК сечением, мм <sup>2</sup> :						

10 и более при А : С = 6,0 ÷ 6,25	3,46	8,25	19,2	29	30	-
70 при А : С = 0,95	5,37	13,4	14,5	67	68	-
95 при А : С = 0,65	5,85	14,6	13,9	76	77	-
120 и более при А : С = 4,29 ÷ 4,39	3,71	8,9	18,3	33	34	-
150 и более при А : С = 7,71 ÷ 8,04	3,34	7,7	19,8	27	28	-
185 и более при А : С = 1,46	4,84	11,4	15,5	55	56	-
330 при А : С = 12,22	3,15	6,65	21,2	24	26	-
400 и 500 при А : С = 17,93 и 18,09	3,03	6,65	21,2	21,5	23	-
Стальные:						
ПС всех сечений	8,0	20,0	12,0	-	-	62
тросы ТК всех сечений	8,0	20,0	12,0	-	-	*
* Принимается по соответствующим ГОСТ, но не менее 120 даН/мм <sup>2</sup> .						
из алюминиевого сплава АН	2,75	6,5	23,0	-	-	20,8
из алюминиевого сплава АЖ	2,75	6,5	23,0	-	-	28,5

На участках ВЛ, защищенных от поперечных ветров, при прохождении по лесному массиву с высотой деревьев более высоты подвеса проводов, вдоль горной долины и т. п. защита проводов и тросов от вибрации не требуется.

2.5.47. Для защиты от вибрации алюминиевых проводов и проводов из алюминиевых сплавов АЖ и АН сечением до 95 мм<sup>2</sup> и сталеалюминиевых проводов сечением до 70 мм<sup>2</sup> рекомендуется применять гасители вибрации петлевого типа, а для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов большего сечения и стальных проводов и тросов - гасители вибрации обычного типа.

2.5.48. На проводах расщепленной фазы в пролетах и петлях анкерных опор должны быть установлены дистанционные распорки. Расстояния между распорками или группами распорок, устанавливаемыми в пролете, не должны превышать 75 м.

### **РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРОВОДОВ И ТРОСОВ И РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ НИМИ**

2.5.49. На ВЛ может применяться любое расположение проводов на опоре. На ВЛ 35 кВ и выше с расположением проводов в несколько ярусов, как правило, должно быть предусмотрено смещение проводов соседних ярусов по горизонтали (см. также 2.5.52).

В районах с толщиной стенки гололеда 15 и 20 мм, а также в районах с частой пляской проводов при прочих равных условиях рекомендуется применять горизонтальное расположение проводов.

При толщине стенки гололеда более 20 мм на ВЛ 35 кВ и выше следует применять только горизонтальное расположение проводов. На ВЛ 20 кВ и ниже в районах с толщиной стенки

гололеда более 20 мм допускается смешанное расположение проводов (треугольник с креплением верхнего провода на стойке).

На ВЛ 500 кВ рекомендуется применять горизонтальное расположение проводов независимо от толщины стенки гололеда.

2.5.50. Расстояния между проводами ВЛ должны выбираться по условиям работы проводов, а также по допустимым изоляционным расстояниям между проводами и элементами опоры, принимаемым в соответствии с 2.5.37 и 2.5.71.

Выбор расстояний между проводами, а также между проводами и тросами из условий работы в пролете и защиты от грозových перенапряжений производится по стрелам провеса, соответствующим габаритному пролету, согласно указаниям 2.5.51-2.5.54, 2.5.65 и 2.5.66; при этом стрела провеса троса должна быть не более стрелы провеса провода. В отдельных пролетах, выбранных при расстановке опор и превышающих габаритные пролеты не более чем на 25%, увеличения расстояний, вычисленных для габаритного пролета, не требуется.

Для пролетов, превышающих габаритные более чем на 25%, следует производить проверку расстояний между проводами согласно указаниям 2.5.51-2.5.53, а между проводами и тросами - по указаниям 2.5.54, 2.5.65 и 2.5.66. При этом допускается определять расстояния между проводами по формулам, приведенным в 2.5.51-2.5.53, без учета требований табл. 2.5.10-2.5.12.

2.5.51. На ВЛ 35 кВ и выше с подвесными изоляторами при горизонтальном расположении проводов минимальное расстояние между проводами  $d$ , м, по условиям их сближения в пролете определяется в зависимости от номинального напряжения линии и габаритной стрелы провеса по формуле

$$d = 1,0 + U / 110 + 0,6\sqrt{f} ,$$

где  $U$  - напряжение ВЛ, кВ;  $f$  - наибольшая стрела провеса, соответствующая габаритному пролету, м.

При определении расстояний между проводами ВЛ с пролетами более 500 м расстояния между проводами определяются по наибольшей стреле провеса переходного пролета. Расстояния между проводами при стрелах провеса до 16 м, вычисленные по приведенной выше формуле с допуском округления до значений, кратных 0,25 м, приводятся в табл. 2.5.9.

**Таблица 2.5.9. Наименьшее допустимое расстояние между проводами ВЛ с подвесными изоляторами при горизонтальном расположении проводов**

Напря- жение ВЛ, кВ	Наименьшее расстояние между проводами, м, при стрелах провеса, м						
	3	4	5	6	8	12	16
35	2,5	2,5	2,75	2,75	3,0	3,25	3,75
110	3,0	3,25	3,5	3,5	3,75	4,0	4,5
150	3,5	3,5	3,75	3,75	4,0	4,5	4,75
220	-	-	4,25	4,5	4,75	5,0	5,5
330	-	-	-	5,5	5,75	6,0	6,5
500	-	-	-	7,0	7,25	7,5	8,0

При расстояниях  $d > 8$  м допускается округление до значений, кратных 0,5 м, а при  $d > 12$  м - до значений, кратных 1 м.

2.5.52. На ВЛ 35-330 кВ с подвесными изоляторами при негоризонтальном (смешанном или вертикальном) расположении проводов расстояния между проводами по условиям их работы в пролете определяются следующим образом:

1. На промежуточных опорах при стрелах провеса до 16 м:

а) в районе I (с редкой пляской проводов, рис. 2.5.11 и 2.5.12) - по табл. 2.5.10, а в районе II (с умеренной пляской проводов, рис. 2.5.11 и 2.5.12) - по табл. 2.5.11. При этом в районах с толщиной стенки гололеда 5-10 мм дополнительной проверки по условиям гололеда не требуется.

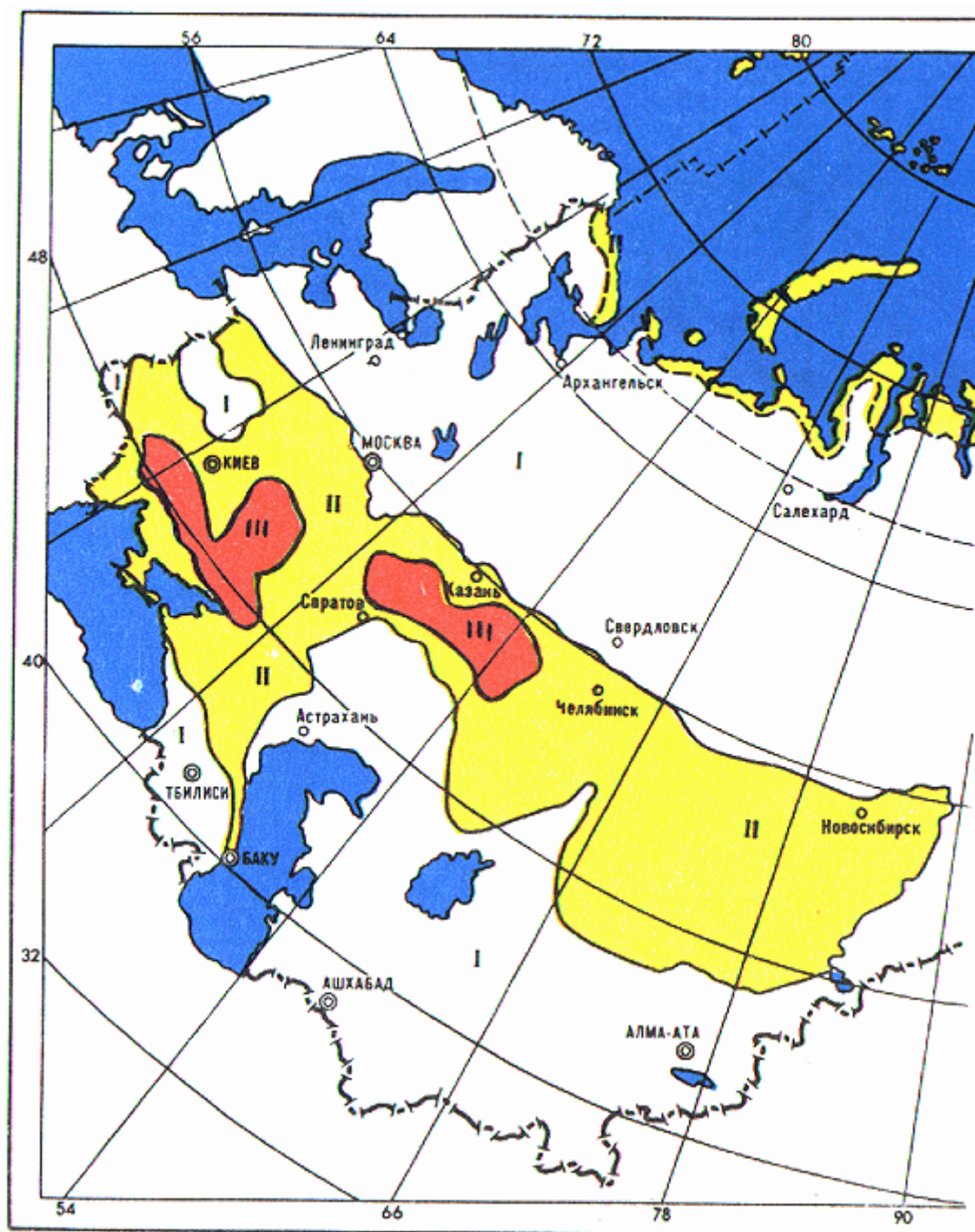


Рис. 2.5.11. Карта районирования территории СНГ по пляске проводов. Лист 1

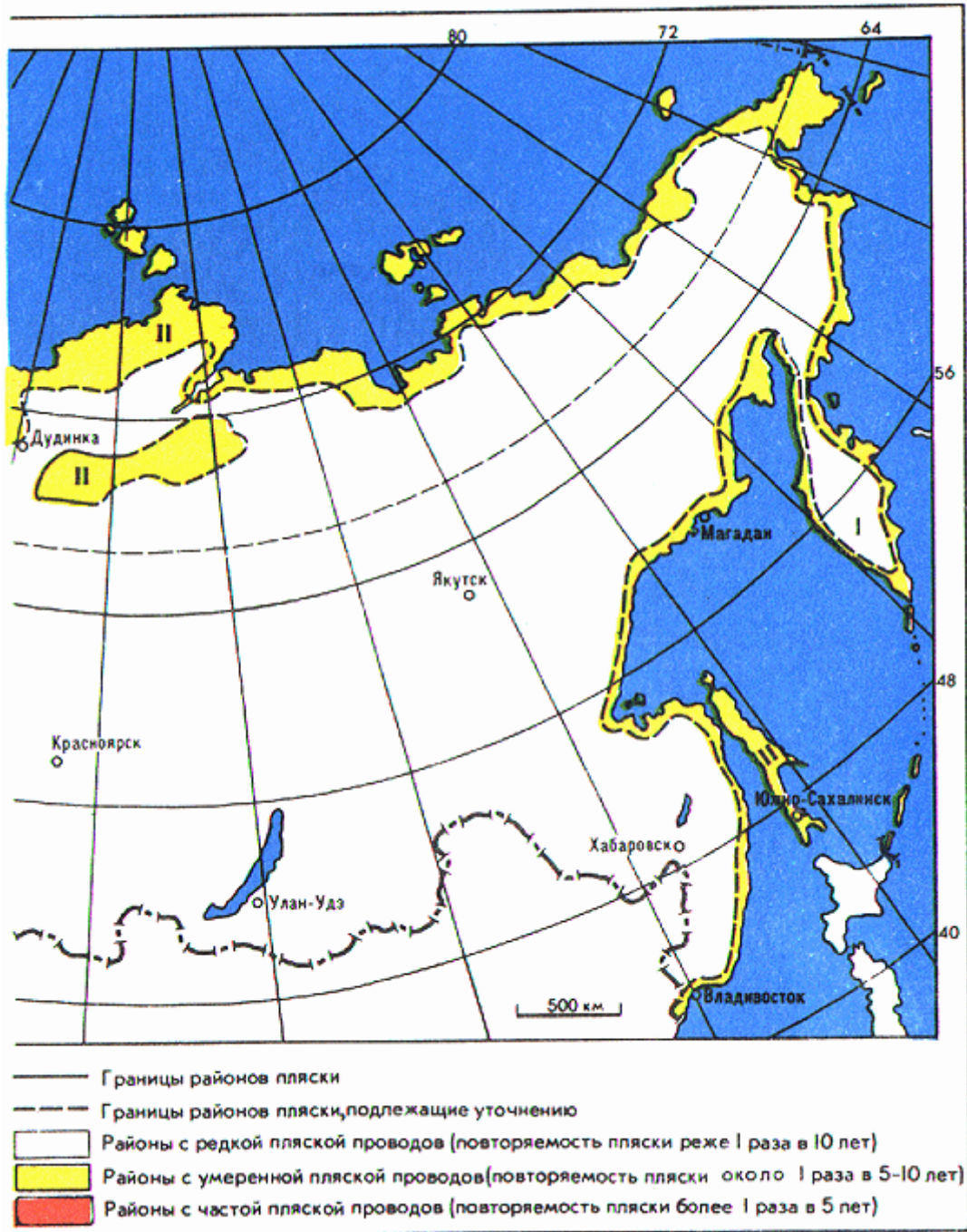


Рис. 2.5.12. Карта районирования территории СНГ по пляске проводов. Лист 2

В случаях, когда расстояние не может быть определено по табл. 2.5.10 и 2.5.11 (например, при расстояниях по вертикали менее указанных в таблицах), расстояние между проводами по прямой должно быть не менее требуемого при горизонтальном расположении проводов (см. 2.5.51).

В районах с толщиной стенки гололеда 15-20 мм расстояния между проводами  $d$ , м, определяемые по табл. 2.5.10 и 2.5.11, подлежат дополнительной проверке по формуле

$$d = 1,0 + U / 110 + 0,6\sqrt{f} + 0,15V ,$$

где  $U$  - напряжение ВЛ, кВ;  $f$  - наибольшая стрела провеса, соответствующая габаритному пролету, м;  $V$  - расстояние между проводами по вертикали, м.

Из двух расстояний - по соответствующей таблице (2.5.10 или 2.5.11) и по приведенной выше формуле - следует принимать большее;

б) в районе III (с частой пляской проводов, см. рис. 2.5.11 и 2.5.12) - по табл. 2.5.12 без дополнительной проверки по условиям гололеда.

В случаях, когда расстояние между проводами не может быть определено по табл. 2.5.12, расстояние между проводами должно быть не менее определяемого по формуле, приведенной в п. 1, а;

в) при выборе расположения проводов и расстояний между ними по условиям пляски проводов для линий или их участков, проходящих во II и III районах интенсивности пляски, но защищенных от поперечных ветров рельефом местности, лесным массивом, постройками или сооружениями,

высота которых составляет не менее  $\frac{2}{3}$  высоты опор, рекомендуется принимать I район пляски вместо II и II район вместо III.

Табл. 2.5.10 исключить. Распространить требования к наименьшим смещениям проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах во II районе пляски на I район пляски.

(Изменение, по Приказу Министерства энергетики и электрификации СССР от 14.07.98 № 32-6/17-ЭТ)

**Таблица 2.5.10. Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах в районе I (с редкой пляской проводов)**

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Смещение соседних проводов по горизонтали, м, При габаритных стрелах провеса, м							
		4	5	6	8	10	12	14	16
35	2,5	0,50	0,50	0,50	1,10	1,50	1,80	2,00	2,10
	3,0	0,50	0,50	0,50	0,80	1,30	1,65	1,85	2,05
	3,5	0	0,50	0,50	0,50	1,20	1,60	1,80	2,00
	4,0	0	0,50	0,50	0,50	1,00	1,50	1,70	1,95
	4,5	0	0	0,50	0,50	0,60	1,30	1,60	1,90
	5,0	0	0	0	0,50	0,50	1,10	1,50	1,80
	5,5	0	0	0	0,50	0,50	0,50	1,40	1,75
	6,0	0	0	0	0	0,50	0,50	1,10	1,60



	6,5	0	0	0	0	0	0,50	0,60	1,40
	7,0	0	0	0	0	0	0,50	0,50	1,10
110	3,0	0,70	0,70	0,70	1,20	1,70	1,90	2,15	2,30
	3,5	0,70	0,70	0,70	1,00	1,50	1,90	2,10	2,20
	4,0	0	0,70	0,70	0,70	1,20	1,70	2,00	2,15
	4,5	0	0	0,70	0,70	1,00	1,50	1,90	2,10
	5,0	0	0	0	0,70	0,70	1,30	1,70	2,00
	5,5	0	0	0	0,70	0,70	1,00	1,60	1,95
	6,0	0	0	0	0	0,70	0,70	1,40	1,80
	6,5	0	0	0	0	0	1,70	1,10	1,60
	7,0	0	0	0	0	0	0,70	0,70	1,50
150	3,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,60	2,00	2,20	2,35
	4,0	0	1,00	1,00	1,00	1,40	1,80	2,10	2,30
	4,5	0	0	1,00	1,00	1,10	1,70	2,00	2,25
	5,0	0	0	0	1,00	1,00	1,50	1,90	2,20
	5,5	0	0	0	1,00	1,00	1,10	1,70	2,10
	6,0	0	0	0	0	1,00	1,00	1,50	2,00
	6,5	0	0	0	0	0	1,00	1,20	1,80
	7,0	0	0	0	0	0	1,00	1,00	1,60
220	5,0	0	0	1,50	1,50	1,50	1,80	2,20	2,50
	5,5	0	0	1,50	1,50	1,50	1,50	2,10	2,30
	6,0	0	0	0	0	1,50	1,50	1,90	2,20
	6,5	0	0	0	0	0	1,50	1,70	2,10
	7,0	0	0	0	0	0	1,50	1,50	1,85
330	5,5	0	0	2,00	2,00	2,20	2,55	2,80	3,15
	6,0	0	0	0	2,00	2,10	2,45	2,75	3,10
	6,5	0	0	0	0	2,00	2,35	2,65	3,05
	7,0	0	0	0	0	2,00	2,20	2,60	3,00
	7,5	0	0	0	0	2,00	2,00	2,50	2,95
	8,0	0	0	0	0	2,00	2,00	2,40	2,90

	8,5	0	0	0	0	2,00	2,00	2,30	2,70
--	-----	---	---	---	---	------	------	------	------

**Таблица 2.5.11. Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах в районе II (с умеренной пляской проводов)**

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Смещение соседних проводов по горизонтали, м, при габаритных стрелах провеса, м							
		4	5	6	8	10	12	14	16
35	2,5	0,70	0,70	1,00	1,60	2,00	2,30	2,50	2,60
	3,0	0,70	0,70	0,70	1,30	1,80	2,15	2,35	2,55
	3,5	0	0,70	0,70	1,00	1,70	2,10	2,30	2,50
	4,0	0	0,70	0,70	0,70	1,50	2,00	2,20	2,45
	4,5	0	0	0,70	0,70	1,10	1,80	2,10	2,40
	5,0	0	0	0	0,70	0,70	1,60	2,00	2,30
	5,5	0	0	0	0,70	0,70	1,00	1,90	2,25
	6,0	0	0	0	0	0,70	0,70	1,60	2,10
	6,5	0	0	0	0	0	0,70	1,10	1,90
	7,0	0	0	0	0	0	0,70	0,70	1,60
110	3,0	1,20	1,20	1,20	1,70	2,20	2,40	2,65	2,80
	3,5	1,20	1,20	1,20	1,50	2,00	2,40	2,60	2,70
	4,0	0	1,20	1,20	1,20	1,70	2,20	2,50	2,65
	4,5	0	0	1,20	1,20	1,50	2,00	2,40	2,60
	5,0	0	0	0	1,20	1,20	1,80	2,30	2,50
	5,5	0	0	0	1,20	1,20	1,50	2,10	2,45
	6,0	0	0	0	0	1,20	1,20	1,90	2,30
	6,5	0	0	0	0	0	1,20	1,60	2,10
	7,0	0	0	0	0	0	1,20	1,20	2,00
	150	3,5	1,50	1,50	1,50	1,50	2,10	2,50	2,70
4,0		0	1,50	1,50	1,50	1,90	2,30	2,60	2,80
4,5		0	0	1,50	1,50	1,60	2,20	2,50	2,75

	5,0	0	0	0	1,50	1,50	2,00	2,40	2,70
	5,5	0	0	0	1,50	1,50	1,60	2,20	2,60
	6,0	0	0	0	0	1,50	1,50	2,00	2,50
	6,5	0	0	0	0	0	1,50	1,70	2,30
	7,0	0	0	0	0	0	1,50	1,50	2,10
220	5,0	0	0	2,00	2,00	2,00	2,30	2,70	3,00
	5,5	0	0	2,00	2,00	2,00	2,00	2,60	2,80
	6,0	0	0	0	0	2,00	2,00	2,40	2,70
	6,5	0	0	0	0	0	2,00	2,20	2,60
	7,0		0	0	0	0	2,00	2,00	2,35
330	5,5	0	0	2,50	2,50	2,70	3,05	3,30	3,65
	6,0	0	0	0	2,50	2,60	2,95	3,25	3,60
	6,5	0	0	0	0	2,50	2,85	3,15	3,55
	7,0	0	0	0	0	2,50	2,70	3,10	3,50
	7,5	0	0	0	0	2,50	2,50	3,00	3,45
	8,0	0	0	0	0	2,50	2,50	2,90	3,40
	8,5	0	0	0	0	2,50	2,50	2,80	3,20

**Таблица 2.5.12. Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах в районе III (с частой пляской проводов)**

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Смещение соседних проводов по горизонтали, м, при габаритных стрелах провеса, м							
		4	5	6	8	10	12	14	16
35	3,0	0,70	1,25	1,55	2,05	2,35	2,65	2,95	3,20
	3,5	0	0,70	1,30	1,90	2,30	2,65	2,95	3,20
	4,0	0	0,70	0,70	1,70	2,20	2,60	2,90	3,20
	4,5	0	0	0,70	1,30	2,05	2,50	2,85	3,15
	5,0	0	0	0	0,70	1,80	2,35	2,75	3,10
	5,5	0	0	0	0,70	1,40	2,20	2,65	3,05

	6,0	0	0	0	0	0,70	1,90	2,50	2,95
	6,5	0	0	0	0	0,70	1,40	2,30	2,85
	7,0	0	0	0	0	0	0,70	2,00	2,65
110	3,0	1,20	1,35	1,85	2,35	2,65	2,95	3,25	3,50
	3,5	1,20	1,20	1,50	2,20	2,60	2,95	3,25	3,50
	4,0	0	1,20	1,20	2,00	2,50	2,90	3,20	3,50
	4,5	0	0	1,20	1,65	2,35	2,80	3,15	3,45
	5,0	0	0	0	1,20	2,10	2,65	3,05	3,40
	5,5	0	0	0	1,20	1,70	2,50	2,95	3,35
	6,0	0	0	0	0	1,20	2,20	2,80	3,25
	6,5	0	0	0	0	1,20	1,70	2,60	3,15
	7,0	0	0	0	0	0	1,20	2,30	2,95
150	3,5	1,50	1,50	1,70	2,30	2,80	3,10	3,35	3,60
	4,0	0	1,50	1,50	2,10	2,60	3,00	3,30	3,60
	4,5	0	0	1,50	1,75	2,45	2,90	3,25	3,55
	5,0	0	0	0	1,50	2,20	2,75	3,15	3,50
	5,5	0	0	0	1,50	1,80	2,60	3,05	3,45
	6,0	0	0	0	0	1,50	2,30	2,90	3,35
	6,5	0	0	0	0	0	1,80	2,70	3,25
	7,0	0	0	0	0	0	1,50	2,40	3,05
220	5,0	0	0	2,00	2,00	2,50	3,05	3,45	3,80
	5,5	0	0	2,00	2,00	2,10	2,90	3,35	3,75
	6,0	0	0	0	0	2,00	2,60	3,20	3,65
	6,5	0	0	0	0	2,00	2,10	3,00	3,55
	7,0	0	0	0	0	0	2,00	2,70	3,35
330	6,0	0	0	2,50	2,90	3,45	3,85	4,15	4,40
	6,5	0	0	2,50	2,70	3,35	3,80	4,10	4,40
	7,0	0	0	0	2,50	3,20	3,75	4,10	4,40
	7,5	0	0	0	2,50	3,05	3,65	4,05	4,40
	8,0	0	0	0	2,50	2,85	3,55	4,00	4,35

	8,5	0	0	0	2,50	2,50	3,40	3,90	4,30
	9,0	0	0	0	2,50	2,50	3,25	3,80	4,25
	10,0	0	0	0	0	2,50	2,65	3,55	4,10

**Таблица 2.5.13. Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на опорах анкерного типа**

Напряжение ВЛ, кВ	Наименьшее смещение, м, при толщине стенки гололеда, мм	
	5-10	15-20
35	0,5	0,7
110	0,7	1,2
150	1,0	1,5
220	1,5	2,0
330	2,0	2,5

2. На промежуточных опорах при стрелах провеса проводов более 16 м расстояния между проводами определяются по формуле, приведенной в п. 1, а.

3. На всех опорах анкерного типа расстояния между проводами определяются по формуле, приведенной в 2.5.51.

На опорах анкерного типа наименьшие смещения проводов соседних ярусов по горизонтали, как правило, должны быть не менее указанных в табл. 2.5.13.

4. На опорах всех типов горизонтальное смещение проводов не требуется, если расстояние между проводами по вертикали превышает  $0,8f + U/250$  при одиночных и  $f + U/250$  при расщепленных проводах.

Формулы, приведенные в п. 1 и 4, действительны также для ВЛ 500 кВ. При этом смещения проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах должны быть не менее указанных в табл. 2.5.14.

На линиях, проходящих в районах с отсутствием гололеда, расстояние между проводами по прямой на опорах всех типов определяется по формуле, приведенной в 2.5.51, а горизонтальные смещения проводов не требуются.

При применении устройств защиты ВЛ от пляски проводов допускается принимать расстояние между проводами по условиям пляски согласно формуле, приведенной в 2.5.51, и горизонтальное смещение проводов соседних ярусов - согласно табл. 2.5.13.

2.5.53. На ВЛ 6-20 кВ при любом расположении проводов расстояние между проводами  $d$ , по условиям их сближения в пролете должно быть не менее значений, определяемых по формуле

$$d = 0,75f + \lambda$$

где  $f$  - наибольшая стрела провеса, соответствующая габаритному пролету,  $\lambda$  - длина гирлянды изоляторов.

2.5.54. Расстояния между тросом и проводом по вертикали на опорах ВЛ 35-330 кВ с одним тросом определяются для габаритных пролетов по условиям защиты от перенапряжений и в соответствии с требованиями, приведенными в 2.5.65 и 2.5.66.

В отдельных пролетах, выбранных при расстановке опор по профилю и превышающих габаритные пролеты, допускается применение опор с расстоянием между проводами и тросами, выбранными по габаритным пролетам.

На опорах ВЛ 35-330 кВ с горизонтальным расположением проводов и двумя тросами горизонтальные смещения между тросом и ближайшим проводом должны быть не менее: 1 м на ВЛ 35 кВ, 1,75 м на ВЛ 110 кВ, 2 м на ВЛ 150 кВ, 2,3 м на ВЛ 220 кВ и 2,75 м на ВЛ 330 кВ.

На ВЛ 220 кВ с деревянными опорами допускается уменьшение смещений между тросом и проводом по горизонтали до 2 м.

На промежуточных опорах ВЛ 500 кВ горизонтальные смещения между тросом и ближайшим проводом принимаются по табл. 2.5.14.

На опорах анкерного типа ВЛ 35-500 кВ допускается подвеска троса над проводом без горизонтального смещения при условии, что количество таких опор не превышает в среднем 0,5 на 1 км линии.

2.5.55. На двухцепных опорах расстояние между ближайшими проводами разных цепей по условию работы проводов в пролете должно быть не менее: 2 м для ВЛ до 20 кВ со штыревыми изоляторами, 2,5 м для ВЛ 35 кВ со штыревыми и 3 м с подвесными изоляторами, 4 м для ВЛ 110 кВ, 5 м для ВЛ 150 кВ, 6 м для ВЛ 220 кВ, 7 м для ВЛ 330 кВ и 8,5 м для ВЛ 500 кВ. Расстояния между ближайшими проводами разных цепей должны также удовлетворять требованиям 2.5.51-2.5.53.

2.5.56. Провода ВЛ разных напряжений выше 1 кВ могут быть подвешены на общих опорах.

Допускается подвеска на общих опорах проводов ВЛ до 10 кВ и ВЛ до 1 кВ при соблюдении следующих условий:

1. ВЛ до 1 кВ должны выполняться по расчетным условиям для ВЛ высшего напряжения.
2. Провода ВЛ до 10 кВ должны располагаться выше проводов ВЛ до 1 кВ, причем расстояние между ближайшими проводами ВЛ разных напряжений на опоре, а также в середине пролета при температуре окружающего воздуха плюс 15°C без ветра должно быть не менее 2 м.

**Таблица 2.5.14. Наименьшее смещение проводов и тросов по горизонтали на промежуточных опорах ВЛ 500 кВ**

Расстояние между проводами и тросом по вертикали, м	Наименьшее смещение, м, при габаритной стреле провеса, м			
	10	12	14	16
9,0	2,0	3,5	4,0	4,0
10,0	2,0	3,0	4,0	4,0
11,0	2,0	2,0	3,0	3,5
12,0	2,0	2,0	2,5	3,0

--	--	--	--	--

3. Крепление проводов ВЛ высшего напряжения на штыревых изоляторах должно быть двойным.

В сетях до 35 кВ с изолированной нейтралью, имеющих участки совместной подвески с ВЛ более высокого напряжения, электромагнитное и электростатическое влияние последних не должно вызывать смещения нейтрали при нормальном режиме сети более 15% фазного напряжения.

К сетям с заземленной нейтралью, подверженным влиянию ВЛ более высокого напряжения, специальных требований в отношении наведенного напряжения не предъявляется.

## ИЗОЛЯЦИЯ

2.5.57. На ВЛ 110 кВ и выше должны применяться только подвесные изоляторы; на ВЛ 35 кВ и ниже могут применяться подвесные и штыревые (в том числе опорно-стержневые) изоляторы.

2.5.58. Количество подвесных и тип штыревых изоляторов для ВЛ напряжением 6 кВ и выше выбираются из условия обеспечения надежной работы их в соответствии с "Инструкцией по проектированию изоляции в районах с чистой и загрязненной атмосферой".

**Таблица 2.5.15. Минимальное мокроразрядное напряжение штыревых изоляторов**

Номинальное напряжение ВЛ, кВ	6	10	20	35
Действующее мокроразрядное напряжение, кВ	28	34	57	80

**Таблица 2.5.16. Расчетное коммутационное перенапряжение, принимаемое при выборе изоляции ВЛ**

Номинальное напряжение ВЛ, кВ	Расчетная кратность коммутационных перенапряжений $U_k / U_{\phi}$ , наиб. раб	Коммутационные перенапряжения, кВ
110	3,0	312
150	3,0	422
220	3,0	620
330	2,7	800
500	2,5	1070

2.5.59. При применении подвесных изоляторов с отношением длины пути утечки к строительной высоте более 2,3 гирлянда, выбранная по рабочему напряжению, проверяется по

условию воздействия коммутационных перенапряжений, расчетные значения которых приведены в табл. 2.5.17.

2.5.60. На переходных опорах высотой более 40 м количество подвесных изоляторов в гирлянде следует увеличивать по сравнению с принятыми на остальных опорах этой ВЛ на один изолятор на каждые 10 м высоты опоры сверх 40 м.

2.5.61. Коэффициенты запаса прочности изоляторов, т. е. отношение механической нагрузки, разрушающей штыревые и опорно-стержневые изоляторы, или электромеханической разрушающей нагрузки подвесных изоляторов к наибольшей нормативной нагрузке, действующей на изоляторы, должны составлять: при работе ВЛ в нормальном режиме - не менее 2,7; при среднегодовой температуре, отсутствии гололеда и ветра - не менее 5,0; в аварийном режиме для подвесных изоляторов ВЛ 500 кВ - не менее 2,0, а напряжением 330 кВ и ниже - не менее 1,8.

Нагрузки, действующие на изоляторы в аварийном режиме, определяются в соответствии с 2.5.89-2.5.91 и 2.5.93.

**Таблица 2.5.17. Количество изоляторов в поддерживающих гирляндах ВЛ 110-500 кВ с металлическими и железобетонными опорами**

Тип изолятора	Количество изоляторов, шт., при номинальном напряжении ВЛ, кВ				
	110	150	220	330	500
ПФ6-А (П-4,5)	7	9	13	19	-
ПФ6-Б (ПМ-4,5)	7	10	14	20	27
ПФ6-В (ПФЕ-4,5)	7	9	13	19	26
ПФ6-В (со Знаком качества)	7	9	12	18	25
ПФ16-А	6	8	11	17	23
ПФ20-А(ПФЕ-16)	-	-	10	14	20
П-8,5	6	8	11	16	22
П-11	6	8	11	15	21
ПФЕ-11	6	8	11	16	21
ПС6-А (ПС-4,5)	8	10	14	21	29
ПС6-Б	8	10	14	21	29
ПС-11 (ПС-8,5)	7	8	12	17	24
ПС12-А	7	9	13	19	26
ПС16-А(ЛС-16)	6	8	11	16	22
ПС16-Б (со Знаком качества)	6	8	12	17	24
ПС22-А	-	-	10	15	21
ПС30-А (ЛС-30)	-	-	11	16	22



ПСЗ0-Б	-	-	11	16	22
--------	---	---	----	----	----

### **ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ, ЗАЗЕМЛЕНИЕ**

2.5.62. ВЛ 110-500 кВ с металлическими и железобетонными опорами должны быть защищены от прямых ударов молнии тросами по всей длине линии.

Сооружение ВЛ 110-500 кВ без тросов допускается:

- 1) в районах с числом грозových часов в году менее 20;
- 2) на отдельных участках ВЛ в районах с плохо проводящими грунтами ( $\rho \geq 10^3$  Ом·м);
- 3) на участках трассы с расчетной толщиной стенки гололеда более 20 мм.

Усиления изоляции для случаев, приведенных в п. 1-3, не требуется.

При отсутствии данных о среднегодовой продолжительности гроз можно пользоваться картой районирования территории СССР по числу грозových часов в году (рис. 2.5.13-2.5.15).

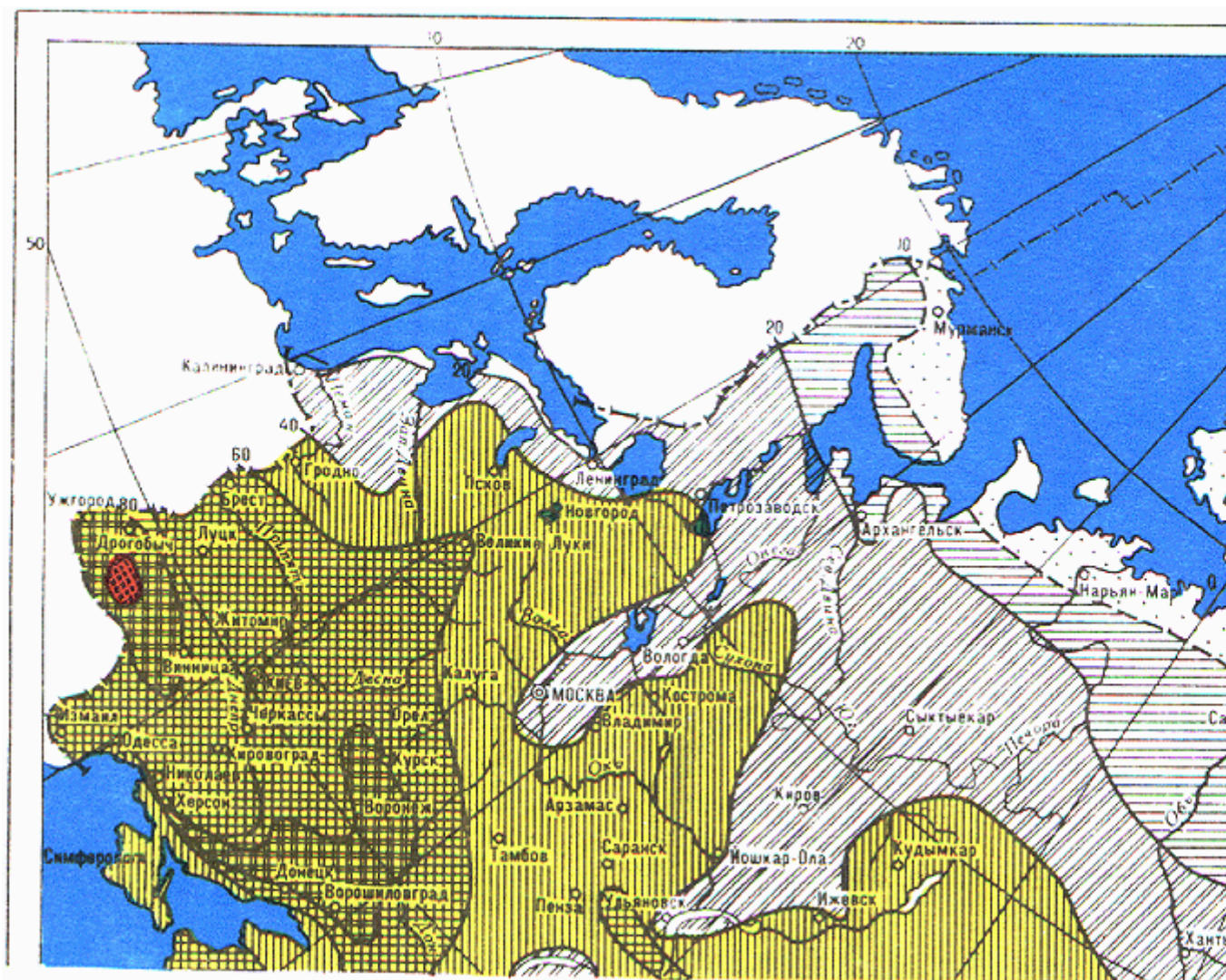


Рис. 2.5.13. Карта среднегодовой продолжительности гроз. Лист 1



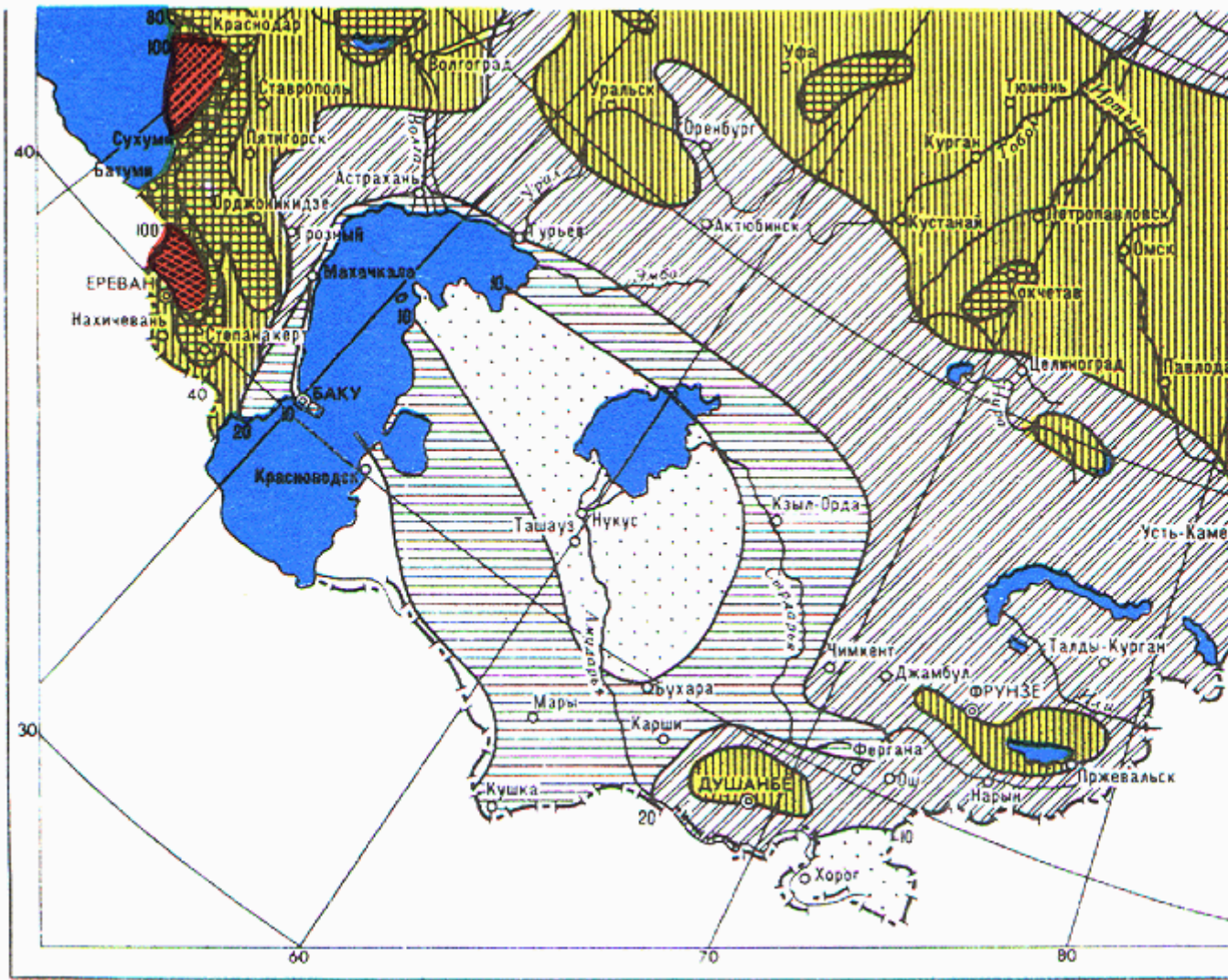


Рис. 2.5.14. Карта среднегодовой продолжительности гроз. Лист 2

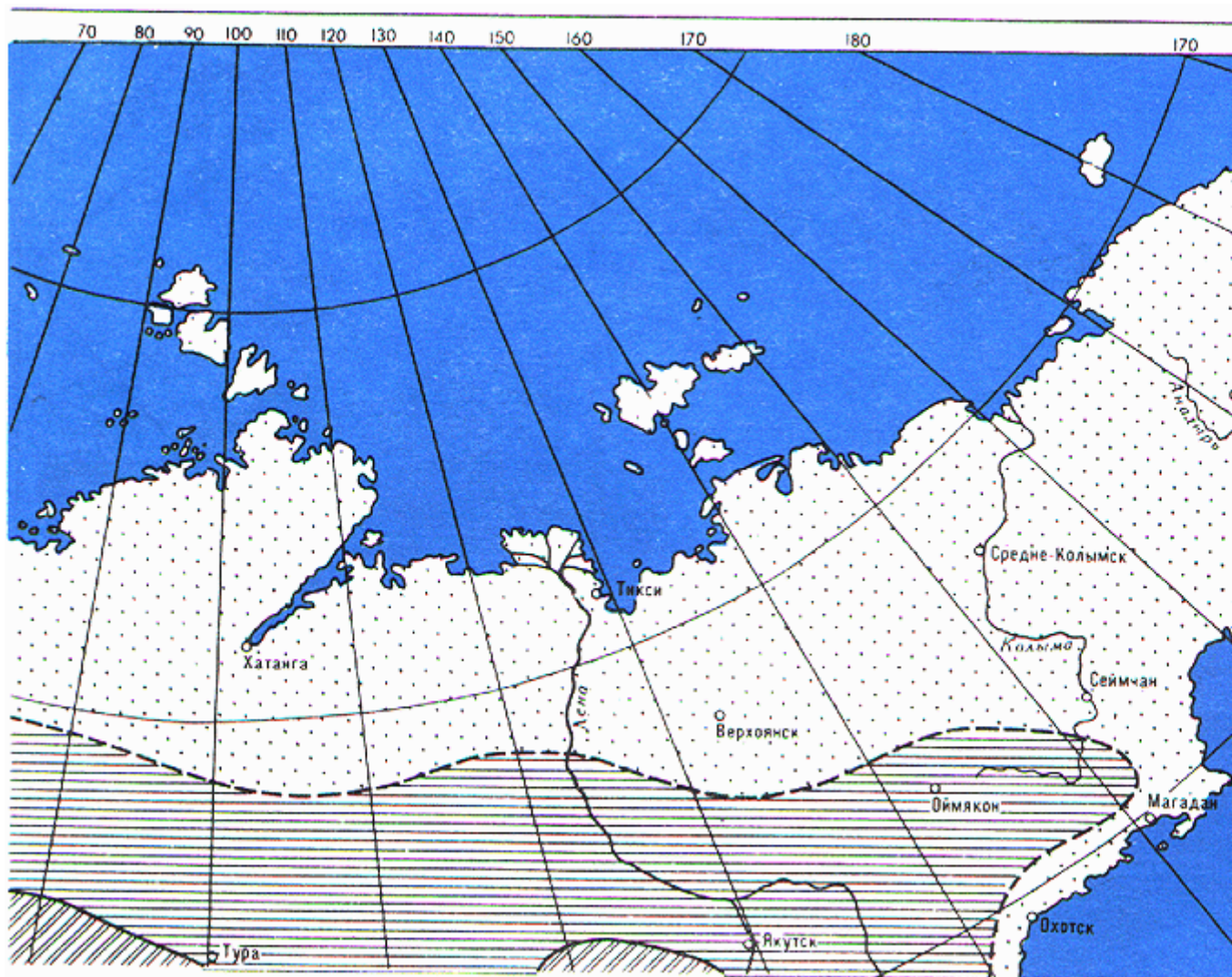


Рис. 2.5.15. Карта среднегодовой продолжительности гроз. Лист 3



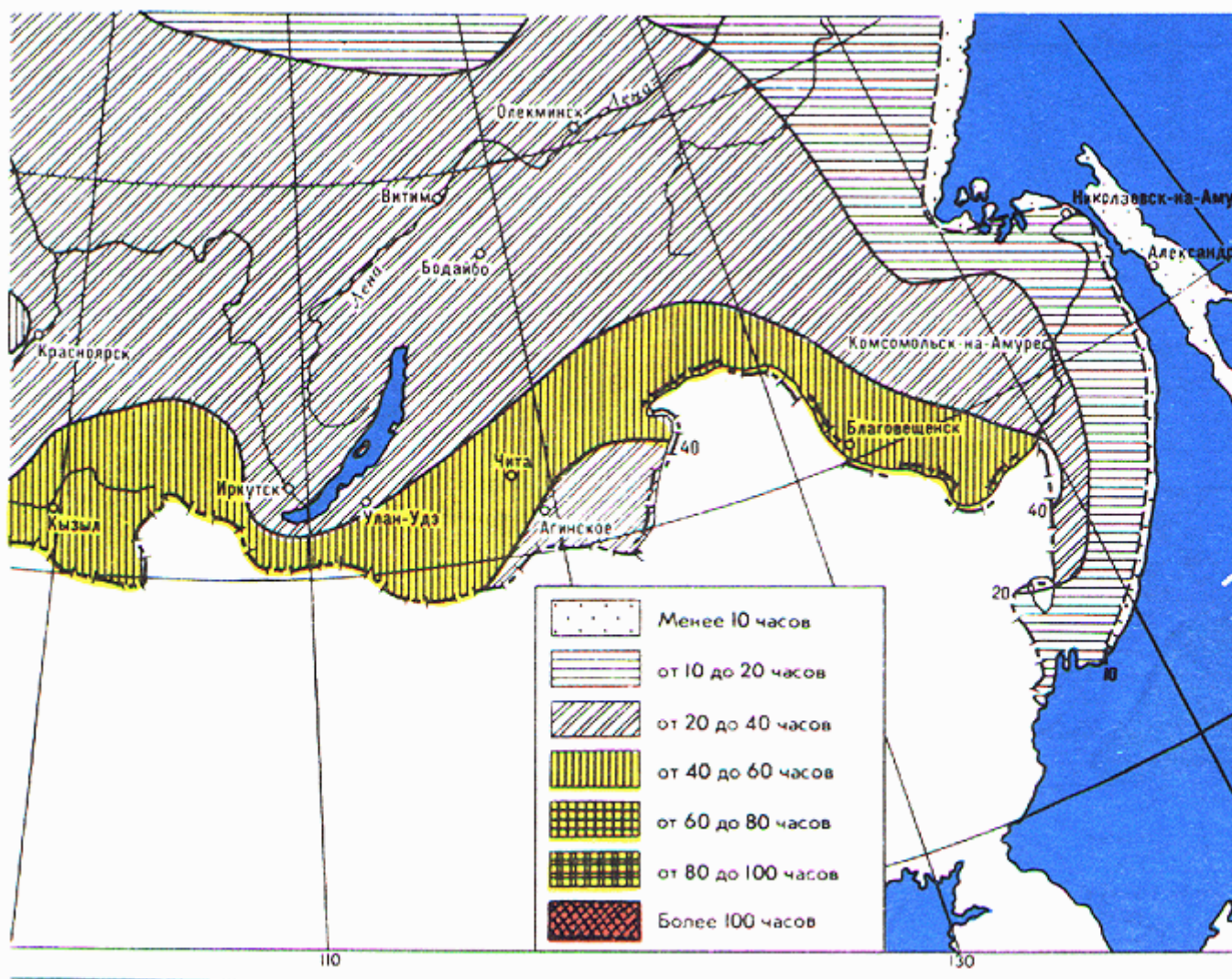


Рис. 2.5.16. Карта среднегодовой продолжительности гроз. Лист 4

Защита подходов ВЛ к подстанциям должна выполняться в соответствии с требованиями гл. 4.2.

2.5.63. Для ВЛ до 35 кВ применения грозозащитных тросов не требуется. ВЛ 110 кВ на деревянных опорах, как правило, не должны защищаться тросами.

2.5.64. Единичные металлические и железобетонные опоры и другие места с ослабленной изоляцией на ВЛ 35 кВ с деревянными опорами должны защищаться трубчатыми разрядниками или, при наличии АПВ, защитными промежутками, а на ВЛ 110-220 кВ - трубчатыми разрядниками. При отсутствии трубчатых разрядников 110-220 кВ необходимых параметров допускается устанавливать вместо них защитные промежутки.

2.5.65. При выполнении защиты ВЛ от грозовых перенапряжений тросами необходимо руководствоваться следующим:

1. Одноствоечные металлические и железобетонные опоры с одним тросом должны иметь угол защиты не более  $30^\circ$ , а с двумя тросами для целей грозозащиты - не более  $20^\circ$ .

2. На металлических опорах с горизонтальным расположением проводов и с двумя тросами угол защиты по отношению к внешним проводам должен быть не более  $20^\circ$ ; в III, IV и особом

районах по гололеду, а также в районах с частой пляской проводов допускается угол защиты до 30°.

3. На железобетонных и деревянных опорах portalного типа угол защиты по отношению к крайним проводам допускается не более 30°.

4. При защите ВЛ двумя тросами расстояние между ними должно быть не более пятикратного расстояния по вертикали от тросов до проводов.

2.5.66. Расстояния по вертикали между тросом и проводом ВЛ в середине пролета, без учета отклонения их ветром, по условиям защиты от грозových перенапряжений должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.18 и не менее расстояния по вертикали между тросом и проводом на опоре.

При промежуточных значениях длин пролетов расстояния определяются интерполяцией.

2.5.67. Крепление тросов на всех опорах ВЛ 220-500 кВ должно быть выполнено при помощи изолятора, шунтированного искровым промежутком размером 40 мм.

На каждом анкерном участке длиной до 10 км тросы должны быть заземлены в одной точке путем устройства специальных перемычек на анкерной опоре. При большой длине анкерных пролетов количество точек заземления в пролете выбирается таким, чтобы при наибольшем значении продольной электродвижущей силы, наводимой в тросе при КЗ на ВЛ, не происходил пробой искровых промежутков на ВЛ.

Изолированное крепление троса рекомендуется выполнять стеклянными изоляторами.

В случае подвески тросов на нескольких изоляторах, например для плавки гололеда на тросах или для связи, размер искрового промежутка должен быть скоординирован с электрической прочностью гирлянды, на которой подвешен трос.

На подходах ВЛ 220-330 кВ к подстанциям на длине 2-3 км и на подходе ВЛ 500 кВ на длине не менее 5 км, если тросы не используются для емкостного отбора, плавки гололеда или связи, их следует заземлять на каждой опоре.

На ВЛ 150 кВ и ниже, если не предусмотрена плавка гололеда на тросе, изолированное крепление троса следует выполнять только на металлических и железобетонных анкерных опорах. Если такая плавка предусмотрена, то изолированное крепление троса должно быть выполнено по всей длине ВЛ.

**Таблица 2.5.18. Наименьшее расстояние между тросом и проводом в середине пролета**

Длина пролета, м	Наименьшее расстояние между тросом и проводом по вертикали, м
100	2,0
150	3,2
200	4,0
300	5,5
400	7,0
500	8,5
600	10,0

700	11,5
800	13,0
900	14,5
1000	16,0
1200	18,0
1500	21,0

2.5.68. На ВЛ с деревянными опорами portalного типа расстояние между фазами по дереву должно быть не менее 5 м для ВЛ напряжением 220 кВ, 4,5 м для ВЛ 150 кВ, 4 м для ВЛ 110 кВ, 3 м для ВЛ 35 кВ.

В отдельных случаях для ВЛ 110-220 кВ при наличии обоснований (небольшие токи КЗ, районы со слабой грозовой деятельностью, реконструкция и т.п.), допускается уменьшение указанных расстояний до значения, рекомендованного для ВЛ напряжением на одну ступень ниже.

На одностоечных деревянных опорах допускаются следующие расстояния между фазами по дереву: 2,5 м для ВЛ 35 кВ, 0,75 м для ВЛ 3-20 кВ при условии соблюдения расстояний в пролете согласно 2.5.53.

Применение металлических траверс на деревянных опорах не рекомендуется.

**Таблица 2.5.19. Наименьшее допустимое изоляционное расстояние по воздуху от токоведущих до заземленных частей ВЛ**

Расчетное условие	Наименьшее изоляционное расстояние, см, при напряжении ВЛ, кВ							
	до 10	20	35	110	150	220	330	500
Грозовые перенапряжения для изоляторов:								
штыревых	15	25	35	-	-	-	-	-
подвесных	20	35	40	100	130	180	260	320
Внутренние перенапряжения	10	15	30	80	110	160	215	300
Рабочее напряжение	-	7	10	25	35	55	80	115
Обеспечение безопасного подъема на опору	-	-	150	150	200	250	350	450

2.5.69. Кабельные вставки в ВЛ при их длине менее 1,5 км должны быть защищены по обоим концам кабеля от грозовых перенапряжений трубчатыми или вентильными разрядниками. Заземляющий зажим разрядника, металлические оболочки кабеля, а также корпус кабельной муфты должны быть соединены между собой по кратчайшему пути. Заземляющий зажим разрядника должен быть соединен с заземлителем отдельным спуском.

2.5.70. На переходах ВЛ через реки, ущелья и т. п. при высоте опор более 40 м и отсутствии на опорах троса должны устанавливаться трубчатые разрядники.

2.5.71. Для ВЛ, проходящих на высоте до 1000 м над уровнем моря, изоляционные расстояния по воздуху от проводов и арматуры, находящейся под напряжением, до заземленных частей опор должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.19.

Изоляционные расстояния по воздуху между токоведущими частями и деревянной опорой, не имеющей заземляющих спусков, допускается уменьшать на 10%, за исключением расстояний, выбираемых по условию безопасного подъема на опору.

При прохождении ВЛ в горных районах наименьшие изоляционные расстояния по рабочему напряжению и по внутренним перенапряжениям должны быть увеличены по сравнению с приведенными в табл. 2.5.19 на 1% на каждые 100 м и выше 1000 м над уровнем моря.

2.5.72. Наименьшие расстояния на опоре между проводами ВЛ в местах их пересечения между собой при транспозиции, ответвлениях, переходе с одного расположения проводов на другое должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.20.

2.5.73. Дополнительные требования к защите от грозовых перенапряжений ВЛ при пересечении их между собой и при пересечении ими различных сооружений приведены в 2.5.122, 2.5.129, 2.5.140 и 2.5.152.

**Таблица 2.5.20. Наименьшее расстояние между фазами ВЛ на опоре**

Расчетное условие	Наименьшее расстояние между фазами, см, при напряжении ВЛ, кВ							
	до 10	20	35	110	150	220	330	500
Грозовые перенапряжения	20	45	50	135	175	250	310	400
Внутренние перенапряжения	22	33	44	100	140	200	280	420
Рабочее напряжение	-	15	20	45	60	95	140	200

2.5.74. На ВЛ должны быть заземлены:

- 1) опоры, имеющие грозозащитный трос или другие устройства грозозащиты;
- 2) железобетонные и металлические опоры ВЛ 3-35 кВ;
- 3) опоры, на которых установлены силовые или измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители или другие аппараты;
- 4) металлические и железобетонные опоры ВЛ 110-500 кВ без тросов и других устройств грозозащиты, если это необходимо по условиям обеспечения надежной работы релейной защиты и автоматики.

2.5.75. Сопротивления заземляющих устройств опор, указанных в 2.5.74, п. 1, должны быть не более приведенных в табл. 2.5.21.

Сопротивления заземляющих устройств опор, указанных в 2.5.74, п. 2, должны быть: для ВЛ 3-20 кВ в населенной местности, а также для всех ВЛ 35 кВ - не более приведенных в табл. 2.5.21,



для ВЛ 3-20 кВ в ненаселенной местности в грунтах с удельным сопротивлением  $\rho$  до 100 Ом·м - не более 30 Ом, а в грунтах с  $\rho$  выше 100 Ом·м - не более  $0,3 \rho$  Ом.

Сопротивления заземляющих устройств опор, указанных в 2.5.74, п. 3, для ВЛ 110 кВ и выше должны быть не более приведенных в табл. 2.5.22, а для ВЛ 3-35 кВ должны выбираться в соответствии с требованиями 1.7.57 и 1.7.58.

Сопротивления заземляющих устройств опор, указанных в 2.5.74, п. 4, определяются при проектировании ВЛ.

Для ВЛ, защищенных тросами, сопротивления заземляющих устройств, выполняемых по условиям грозозащиты, должны обеспечиваться при отсоединенном тросе, а по остальным условиям - при неотсоединенном тросе.

Для опор высотой более 40 м на участках ВЛ, защищенных тросами, сопротивления заземляющих устройств, должны быть в 2 раза меньше по сравнению с приведенными в табл. 2.5.21.

Сопротивления заземляющих устройств опор ВЛ должны обеспечиваться и измеряться при токах промышленной частоты в период их наибольших значений в летнее время. Допускается производить измерение в другие периоды с корректировкой результатов путем введения сезонного коэффициента, однако не следует производить измерение в период, когда на значение сопротивления заземляющих устройств оказывает существенное влияние промерзание грунта.

**Таблица 2.5.21. Наибольшее сопротивление заземляющих устройств опор ВЛ**

Удельное эквивалентное сопротивление земли $\rho$ , Ом·м	Наибольшее сопротивление заземляющего устройства, Ом
До 100	10
Более 100 до 500	15
Более 500 до 1000	20
Более 1000 до 5000	30
Более 5000	$6 \cdot 10^{-3} \rho$

2.5.76. При прохождении ВЛ 110 кВ и выше в местностях с глинистыми, суглинистыми, супесчаными и тому подобными грунтами с удельным сопротивлением  $\rho \leq 500$  Ом·м следует использовать арматуру железобетонных фундаментов, опор и пасынков в качестве естественных заземлителей без дополнительной укладки или в сочетании с укладкой искусственных заземлителей. В грунтах с более высоким удельным сопротивлением естественная проводимость железобетонных фундаментов не должна учитываться, а требуемое значение сопротивления заземляющего устройства должно обеспечиваться только применением искусственных заземлителей.

Значения сопротивления заземляющих устройств опор ВЛ 3-35 кВ должны обеспечиваться применением искусственных заземлителей, а естественная проводимость фундаментов, подземных частей опор и пасынков (приставок) при расчетах не должна учитываться.

2.5.77. Железобетонные фундаменты опор ВЛ могут быть использованы в качестве естественных заземлителей (исключение см. в 2.5.76 и 2.5.142) при осуществлении металлической связи между анкерными болтами и арматурой фундамента.

Наличие битумной обмазки на железобетонных опорах и фундаментах, используемых в качестве естественных заземлителей, не должно учитываться.

Измерение проводимости железобетонных фундаментов, подземных частей опор и пасынков должно производиться не ранее чем через 2 месяца после их установки.

2.5.78. Для заземления железобетонных опор в качестве заземляющих проводников следует использовать все те элементы напряженной и ненапряженной продольной арматуры стоек, которые металлически соединены между собой и могут быть присоединены к заземлителю.

Стержни арматуры, используемые для заземления, должны быть проверены на термическую стойкость при прохождении токов КЗ. За время КЗ стержни должны нагреваться не более чем на 60°C.

Оттяжки железобетонных опор должны использоваться в качестве заземляющих проводников дополнительно к арматуре. При этом свободный конец тросов оттяжек должен присоединяться к рабочей части оттяжек при помощи специального зажима.

Тросы и детали крепления изоляторов к траверсе железобетонных опор должны быть металлически соединены с заземляющим спуском или заземленной арматурой.

2.5.79. Сечение каждого из заземляющих спусков на опоре ВЛ должно быть не менее 35 мм<sup>2</sup>, а для однопроволочных спусков диаметр должен быть не менее 10 мм. Допускается применение стальных оцинкованных однопроволочных спусков диаметром не менее 6 мм.

На ВЛ с деревянными опорами рекомендуется болтовое соединение заземляющих спусков; на металлических и железобетонных опорах соединение заземляющих спусков может быть выполнено как сварным, так и болтовым.

2.5.80. Заземлители ВЛ, как правило, должны находиться на глубине не менее 0,5 м, а в пахотной земле - 1 м. В случае установки опор в скальных грунтах допускается прокладка лучевых заземлителей непосредственно под разборным слоем над скальными породами при толщине слоя не менее 0,1 м. При меньшей толщине этого слоя или его отсутствии рекомендуется прокладка заземлителей по поверхности скалы с заливкой их цементным раствором.

## АРМАТУРА

2.5.81. Крепление проводов к подвесным изоляторам и крепление тросов следует производить при помощи поддерживающих или натяжных зажимов. Из натяжных зажимов предпочтение следует отдавать зажимам, не требующим разрезания провода. Крепление проводов к штыревым изоляторам следует производить проволочными вязками или специальными зажимами.

2.5.82. Поддерживающие зажимы для подвески проводов могут быть глухими или с заделкой ограниченной прочности. По условию надежности рекомендуется применение глухих зажимов. Подвеску грозозащитных тросов на опорах следует осуществлять только в глухих зажимах.

На больших переходах могут применяться многороликовые подвесы и специальные зажимы.

2.5.83. Соединения проводов и тросов следует производить при помощи соединительных зажимов, сварки, а также при помощи зажимов и сварки в совокупности. В одном пролете ВЛ допускается не более одного соединения на каждый провод или трос.

В пролетах, пересекающих инженерные сооружения, перечисленные в 2.5.118-2.5.160 и 2.6.163-2.5.167, одно соединение на провод (трос) допускается: при сталеалюминиевых проводах

с отношением  $A : C \geq 4,29$  - сечением  $240 \text{ мм}^2$  и более, с отношением  $A : C \geq 1,46$  - любого сечения, при стальных тросах - сечением  $120 \text{ мм}^2$  и более, а также при расщеплении фазы на три сталеалюминиевых провода с отношением  $A : C \geq 4,29$  - сечением  $150 \text{ мм}^2$  и более.

Минимальное расстояние от соединительного зажима до зажима с ограниченной прочностью заделки должно быть не менее 25 м.

2.5.84. Прочность заделки проводов и тросов в соединительных и натяжных зажимах должна составлять не менее 90% предела прочности провода или троса.

2.5.85. Коэффициенты запаса прочности линейной арматуры, т. е. отношение минимальной разрушающей нагрузки к нормативной нагрузке, воспринимаемой арматурой, должны быть не менее 2,5 при работе ВЛ в нормальном режиме и не менее 1,7 в аварийном режиме.

На линиях с механическим напряжением в проводах, превышающим 42% предела прочности при наибольшей нагрузке, до освоения арматуры новых типов допускается уменьшение коэффициентов запаса прочности линейной арматуры в нормальном режиме до 2,3.

Коэффициенты запаса прочности крюков и штырей должны быть не менее 2,0 в нормальном режиме и не менее 1,3 в аварийном режиме.

Нагрузки, действующие на арматуру, крюки и штыри в аварийном режиме, определяются в соответствии с 2.5.89-2.5.91 и 2.5.93.

## ОПОРЫ

2.5.86. Опоры ВЛ выше 1 кВ разделяются на два основных вида: анкерные опоры, полностью воспринимающие тяжение проводов и тросов в смежных с опорой пролетах, и промежуточные, которые не воспринимают тяжение проводов или воспринимают его частично. На базе анкерных опор могут выполняться концевые и транспозиционные опоры. Промежуточные и анкерные опоры могут быть прямыми и угловыми.

В зависимости от количества подвешиваемых на них цепей опоры разделяются на одноцепные, двухцепные и т. д.

Промежуточные опоры могут быть гибкой и жесткой конструкции, опоры анкерного типа должны быть жесткими. Опоры анкерного типа могут быть нормальной и облегченной конструкции.

Опоры могут выполняться свободностоящими или с оттяжками.

Проектирование опор, фундаментов и оснований должно производиться с учетом указаний, приведенных в приложении к настоящей главе.

2.5.87. Опоры должны рассчитываться на нагрузки нормальных и аварийных режимов ВЛ.

Анкерные опоры должны быть рассчитаны на разность тяжений проводов и тросов, возникающую вследствие неравенства значений приведенных пролетов по обе стороны опоры. При этом условия для расчета разности тяжений устанавливаются при разработке конструкций опор.

Двухцепные опоры во всех режимах должны быть рассчитаны на условия, когда смонтирована только одна цепь.

Опоры должны быть проверены на условия их сборки и установки, а также на условия монтажа проводов и тросов.

2.5.88. Опоры на ВЛ должны рассчитываться на следующие условия нормальных режимов:

1. Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда, скоростной напор ветра  $q_{\max}$ , температура минус 5°C.

2. Провода и тросы не оборваны и покрыты гололедом, скоростной напор ветра  $0,25 q_{\max}$ , температура минус 5°C (см. также 2.5.34).

Анкерные опоры и промежуточные угловые опоры должны рассчитываться также на условия низкой температуры без ветра, если тяжение проводов или тросов в этом режиме больше, чем в режиме наибольших нагрузок.

Концевые опоры должны рассчитываться также на одностороннее тяжение всех проводов и тросов (провода и тросы со стороны подстанции или пролета, смежного с большим переходом, не смонтированы).

2.5.89. Промежуточные опоры ВЛ с поддерживающими гирляндами и глухими зажимами должны рассчитываться на условные горизонтальные статические нагрузки аварийных режимов.

Расчет производится при следующих условиях:

1. Оборваны провод или провода одной фазы (при любом числе проводов на опоре); тросы не оборваны.

2. Оборван один трос; провода не оборваны.

Условные нагрузки прилагаются в местах крепления того провода или троса, при обрыве которого усилия в рассчитываемых элементах опоры получаются наибольшими.

Нагрузки от проводов и тросов следует принимать по среднеэксплуатационным условиям (в режиме без гололеда и без ветра).

В расчетах опор ВЛ с нерасщепленными фазами условные нагрузки от провода принимаются:

А. Для свободностоящих металлических опор и опор из любого материала на оттяжках с проводами сечением до  $185 \text{ мм}^2$   $0,5 T_{\max}$ ; сечением  $205 \text{ мм}^2$  и более  $0,4 T_{\max}$ ;

Б. Для железобетонных свободностоящих опор с проводами сечением до  $185 \text{ мм}^2$   $0,3 T_{\max}$ ; сечением  $205 \text{ мм}^2$  и более  $0,25 T_{\max}$ .

В. Для деревянных свободностоящих опор с проводами сечением до  $185 \text{ мм}^2$   $0,25 T_{\max}$ ; сечением  $205 \text{ мм}^2$  и более  $0,2 T_{\max}$ , где  $T_{\max}$  - наибольшее нормативное тяжение провода или проводов одной фазы.

Г. Для других опор (опор из новых материалов, металлических гибких опор и т. п.) - в зависимости от гибкости рассчитываемых опор в пределах, указанных в п. А - В.

В расчетах опор ВЛ до 330 кВ с расщепленными фазами нормативная нагрузка определяется путем умножения значений, указанных в п. А - В для нерасщепленных фаз, на дополнительные коэффициенты: 0,8 при расщеплении на два провода, 0,7 - на три провода и 0,6 - на четыре провода.

В расчетах опор ВЛ 500 кВ с расщепленными фазами нормативная условная нагрузка, прилагаемая в месте крепления одной фазы, принимается равной  $0,15 T_{\max}$ , но не менее 18 кН.

При применении средств, ограничивающих передачу продольной нагрузки на промежуточную опору (зажимы с ограниченной прочностью заделки, подвеска на блоках, а также другие средства), расчет следует производить на нормативные нагрузки, возникающие при использовании этих средств, но не более условных нагрузок, принимаемых при подвеске проводов в глухих зажимах.

Условная горизонтальная нагрузка от троса принимается равной  $0,5 T_{\max}$ .

Для гибких опор (железобетонных и деревянных опор без оттяжек) допускается определять нормативную нагрузку от обрыва троса с учетом гибкости опор.

В расчетах допускается учитывать поддерживающее действие необорванных проводов и тросов в режиме среднегодовой температуры без гололеда и ветра. При этом нормативные условные нагрузки следует принимать как для металлических свободностоящих опор и опор из любого материала на оттяжках, а механические напряжения, возникающие в поддерживающих проводах и тросах, не должны превышать 70% предела прочности.

2.5.90. Промежуточные опоры ВЛ с креплением проводов на штиревых изоляторах при помощи проволочной вязки должны быть рассчитаны в аварийном режиме с учетом гибкости опор на обрыв одного провода, дающего наибольшие усилия в элементах опоры. Условная нормативная горизонтальная нагрузка вдоль линии от тяжения оборванного провода при расчете стойки должна приниматься равной  $0,5 T_{\max}$ , но не менее 3,0 кН, где  $T_{\max}$  - наибольшее нормативное тяжение провода.

Для расчета конструкций опор (кроме стойки) следует принимать условную нагрузку от тяжения оборванного провода, равную  $0,25 T_{\max}$ , но не менее 1,5 кН.

Климатические условия должны приниматься по п. 4 § 2.5.35.

2.5.91. Опоры анкерного типа должны рассчитываться по аварийному режиму на обрыв тех проводов и тросов, при обрыве которых возникают наибольшие усилия в рассматриваемых элементах опоры.

Расчет производится на следующие условия:

1. Для опор ВЛ с алюминиевыми проводами всех сечений, стальными проводами ПС и ПМС всех сечений и сталеалюминиевыми проводами сечением до  $150 \text{ мм}^2$ :

а) оборваны провода двух фаз одного пролета при любом числе цепей на опоре; тросы не оборваны (анкерные нормальные опоры);

б) оборваны провода одной фазы одного пролета при любом числе цепей на опоре; тросы не оборваны (анкерные облегченные опоры).

2. Для опор со сталеалюминиевыми проводами сечением  $185 \text{ мм}^2$  и более, а также со стальными канатами типа ТК всех сечений, используемыми в качестве проводов: оборваны провода одной фазы одного пролета при любом числе цепей на опоре; тросы не оборваны (анкерные нормальные опоры).

3. Для анкерных опор независимо от марок и сечений подвешиваемых проводов: оборван один трос в одном пролете при необорванных проводах.

Нагрузки от проводов и тросов принимаются равными тяжению проводов или тросов в режиме гололеда без ветра при температуре минус 5°С или в режиме низшей температуры, если тяжение в последнем режиме больше, чем при гололеде без ветра.

2.5.92. Опоры анкерного типа должны проверяться на следующие монтажные условия:

1. В одном пролете смонтированы все провода и тросы, в другом пролете провода и тросы не смонтированы. Тяжение в смонтированных проводах и тросах принимается условно равным 2/3 максимального, а климатические условия - по 2.5.36. В этом режиме опора и ее закрепление в грунте должны иметь требуемую нормами прочность без установки временных оттяжек.

2. В одном из пролетов при любом числе проводов на опоре последовательно и в любом порядке монтируются провода одной цепи, тросы не смонтированы.

3. В одном из пролетов при любом числе тросов на опоре последовательно и в любом порядке монтируются тросы. Провода не смонтированы.

При проверках по п. 2 и 3 допускается предусматривать временное усиление отдельных элементов опор и установку временных оттяжек.

2.5.93. В расчетах по аварийному режиму промежуточных опор больших переходов с нерасщепленными проводами, подвешиваемыми в глухих зажимах, нормативная нагрузка принимается равной редуцированному тяжению, возникающему при обрыве провода в режиме гололеда без ветра. При расщепленных проводах на нормативную нагрузку вводятся понижающие коэффициенты: 0,8 при расщеплении на два провода, 0,7 - на три провода и 0,6 - на четыре провода.

При подвеске проводов и тросов на роликах условная нагрузка по аварийному режиму, направленная вдоль линии, принимается: при одном проводе в фазе 20 кН, при двух проводах в фазе 35 кН, при трех и более проводах в фазе 50 кН.

Расчет одноцепных промежуточных опор больших переходов производится на обрыв провода или проводов одной фазы, а двухцепных - на обрыв проводов двух фаз, при обрыве которых усилия в рассчитываемых элементах опоры получаются наибольшими. При этом тросы считаются необорванными.

Нормативная нагрузка на промежуточные опоры больших переходов от троса, закрепленного в глухом зажиме, принимается равной наибольшему тяжению троса. Провода считаются необорванными.

Одноцепные анкерные опоры больших переходов со сталеалюминиевыми проводами сечением 185 мм<sup>2</sup> и более, а также со стальными канатами типа ТК всех сечений, используемыми в качестве проводов, рассчитываются на обрыв провода или проводов одной фазы. Одноцепные анкерные опоры больших переходов со сталеалюминиевыми проводами сечением до 150 мм<sup>2</sup>, а также все двухцепные анкерные опоры с проводами любого сечения рассчитываются на обрыв проводов двух фаз. Тросы считаются необорванными.

Нормативная нагрузка на анкерные опоры больших переходов от троса принимается равной наибольшему тяжению троса. Провода не оборваны.

При определении усилий в элементах опоры учитываются те условные нагрузки или неуравновешенные тяжения, возникающие при обрывах проводов или тросов, при которых эти усилия имеют наибольшие значения.

2.5.94. Опоры ВЛ выше 1 кВ должны проверяться на нагрузки, соответствующие способу монтажа, принятому проектом, с учетом составляющих от усилий тягового троса и массы монтируемых проводов (или грозозащитных тросов) и изоляторов, а также на дополнительные нагрузки от массы монтажных приспособлений и монтера с инструментом.

Нормативные нагрузки от веса монтируемых проводов (или тросов) и гирлянд рекомендуется принимать:

1) на промежуточных опорах - с учетом удвоенного веса пролета проводов (тросов) без гололеда и гирлянды, исходя из возможности подъема монтируемых проводов (тросов) и гирлянды через один блок;

2) на анкерных опорах - с учетом усилия в тяговом тросе, определяемого из условия расположения тягового механизма на расстоянии  $2,5h$  от опоры, где  $h$  - высота подвеса провода средней фазы на опоре.

Нормативная нагрузка от веса монтера и монтажных приспособлений, прилагаемая в месте крепления изоляторов, принимается равной: для опор ВЛ 500 кВ 2,5 кН, для опор анкерного типа ВЛ до 330 кВ с подвесными изоляторами 2 кН, для промежуточных опор ВЛ до 330 кВ с подвесными изоляторами 1,5 кН, для опор со штыревыми изоляторами 1 кН.

В конструкциях траверс должны быть предусмотрены места для крепления такелажа.

2.5.95. Двух- и трехцепные натяжные гирлянды следует предусматривать с отдельным креплением к опоре. Натяжные гирлянды с количеством цепей более трех, а также гирлянды опор больших переходов должны крепиться к опоре не менее чем в двух точках.

На ВЛ с подвесными изоляторами и нерасщепленными проводами сечением  $120 \text{ мм}^2$  и более на пересечениях с железными дорогами, автомобильными дорогами I категории, улицами городов с трамвайными и троллейбусными линиями натяжные гирлянды должны быть двухцепными с отдельным креплением каждой цепи к опорам анкерного типа.

На ВЛ со штыревыми изоляторами в населенной местности и на пересечениях с сооружениями, перечисленными в 2.5.118- 2.5.170, должно быть предусмотрено двойное крепление проводов.

2.5.96. На ВЛ 110 кВ и выше конструкции опор должны допускать производство ремонтных работ без снятия напряжения (см. 2.5.71).

2.5.97. Конструкция опор ВЛ должна обеспечивать возможность удобного подъема обслуживающего персонала на опору. С этой целью должны быть предусмотрены следующие мероприятия:

1. На металлических опорах высотой до 20 м при расстояниях между точками крепления решетки к поясам стойки (ствола) опоры более 0,6 м или при угле наклона решетки более  $30^\circ$  должны быть выполнены специальные ступеньки (степ-болты) на одном поясе стойки (ствола) опоры.

2. На металлических опорах высотой более 20 и менее 50 м должны быть выполнены специальные ступеньки или лестницы без ограждений на одном поясе стойки (ствола) опоры, достигающие до отметки верхней траверсы. На металлических двух- и многоцепных опорах высотой менее 50 м ступеньки (степ-болты) должны выполняться так, чтобы была обеспечена возможность подъема со стороны отключенной цепи.

3. На металлических опорах высотой 50 м и более должны быть установлены лестницы с ограждениями, достигающие до вершины опоры. При этом на каждой секции опор должны быть выполнены площадки с ограждениями. Ограждения должны выполняться также на траверсах этих опор.

4. На железобетонных опорах должна быть обеспечена возможность подъема на нижнюю траверсу с автовышек, по инвентарным лестницам или с помощью специальных инвентарных подъемных устройств.

Для подъема по железобетонной стойке выше нижней траверсы на опорах ВЛ 35-500 кВ должны быть установлены специальные лазы (например, лестницы без ограждений). Это

требование не распространяется на опоры ВЛ 35 кВ, которые изготавливаются с виброуплотнением бетона.

Для подъема на тросостойки и стальные части стоек железобетонных опор ВЛ 35-500 кВ следует предусматривать специальные ступеньки.

5. В местах, недоступных для подъезда автовышек (труднодоступная местность, участки с интенсивным землепользованием, закрепление опор в грунте с устройством банкетов и т. п.), железобетонные опоры, не допускающие подъема по инвентарным лестницам или с помощью специальных инвентарных подъемных устройств (например, опоры с оттяжками или внутренними связями, закрепленными на стойке ниже нижней траверсы), должны быть снабжены стационарными лестницами без ограждений, доходящими до нижней траверсы. Выше нижней траверсы должны быть выполнены устройства, указанные в п. 4.

6. Конструкции опор должны обеспечивать возможность закрепления монтажных приспособлений с помощью унифицированных деталей и доступа обслуживающего персонала к узлам крепления гирлянд для производства работ по монтажу гирлянд, проводов и тросов.

Стационарные устройства для подъема на опору должны начинаться с высоты около 3 м от поверхности земли.

Элементы опоры следует проверять на нагрузку от веса человека, нормативное значение которой равно 1 кН.

2.5.98. На ВЛ 35 кВ и выше с проводами, подвешенными на промежуточных опорах в глухих зажимах или в зажимах с ограниченной прочностью заделки, расстояние между анкерными опорами не нормируется и устанавливается в зависимости от условий трассы.

На ВЛ 35 кВ и ниже со штыревыми изоляторами расстояние между анкерными опорами не должно превышать 10 км в районах с толщиной стенки гололеда до 10 мм и 5 км в районах с толщиной стенки гололеда 15 мм и более.

На ВЛ, проходящих по горной или сильно пересеченной местности с толщиной стенки гололеда 15 мм и более, рекомендуется устанавливать опоры анкерного типа на перевалах и других точках, резко возвышающихся над окружающей местностью.

2.5.99. Анкерные опоры следует применять в местах, определяемых условиями работы и монтажа ВЛ. Анкерные опоры облегченной конструкции могут применяться на углах поворота ВЛ и на пересечениях с различными объектами, когда по условиям эксплуатации ВЛ промежуточные опоры не обеспечивают необходимой надежности. Анкерные опоры нормальной конструкции применяются в случаях, предусмотренных в 2.5.119, 2.5.132, 2.5.142, 2.5.145, 2.5.150, 2.5.154, 2.5.157 и 2.5.164.

2.6.100. На стойках железобетонных опор несмываемой краской должны быть нанесены: заводская маркировка с указанием проектного шифра стойки и кольцевые полосы (выше уровня грунта) с указанием расстояния от полосы до заглубленного в грунт конца стойки.

2.5.101. Для изготовления деревянных опор ВЛ следует применять сосну и лиственницу. Для элементов опор ВЛ 35 кВ и ниже, кроме траверс и пасынков (приставок), допускается применение ели и пихты.

Для опор ВЛ необходимо применять бревна, пропитанные антисептиком. Допустимо применять непитанные бревна из воздушносухой лиственницы влажностью не более 25%. Пасынки должны быть железобетонными. Допускается применение деревянных пасынков. Все горизонтально и наклонно расположенные торцы стоек и пасынков опор рекомендуется защищать от гниения (крышками, пастой и т. п.). элементы опор могут выполняться как из круглого, так и из пиленого леса.

Сопряжения элементов опор рекомендуется выполнять без врубок.



2.5.102. Для основных элементов деревянных опор (стоек, пасынков, траверс) диаметр бревен в верхнем отрубе должен быть не менее 18 см для ВЛ 110 кВ и выше, и не менее 16 см для ВЛ 35 кВ и ниже, однако диаметр пасынков опор ВЛ 35 кВ и ниже должен быть не менее 18 см. Для вспомогательных элементов опор ВЛ всех напряжений диаметр бревен в верхнем отрубе должен быть не менее 14 см. Конусность бревна от комля к верхнему отрубам (сбег бревна) при расчетах следует принимать 8 мм на 1 м длины, за исключением лиственницы, для которой сбег принимается 10 мм на 1 м длины бревна.

### **ПРОХОЖДЕНИЕ ВЛ ПО НЕНАСЕЛЕННОЙ И ТРУДНОДОСТУПНОЙ МЕСТНОСТИ**

2.5.103. Расстояния от проводов ВЛ до поверхности земли в ненаселенной и труднодоступной местности при нормальном режиме работы ВЛ должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.23.

Наименьшие расстояния определяются при наибольшей стреле провеса провода (при высшей температуре воздуха без учета нагрева провода электрическим током или при гололеде без ветра).

2.5.104. Расстояния по горизонтали от крайних проводов ВЛ при неотклоненном их положении до ближайших выступающих частей отдельно стоящих зданий и сооружений (охранная зона) должны быть не менее: 10 м для ВЛ до 20 кВ; 15 м для ВЛ 35 кВ; 20 м для ВЛ 110 кВ; 25 м для ВЛ 150-220 кВ; 30 м для ВЛ 330-500 кВ. В отдельных случаях, по согласованию с заинтересованными организациями, допускается уменьшение указанных расстояний, однако они должны быть не менее приведенных в 2.5.114. Кроме того, расстояния по горизонтали от проводов ВЛ до указанных зданий и сооружений по условиям защиты от радиопомех должны быть не менее указанных в 2.5.114.

**Таблица 2.5.22. Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до поверхности земли в ненаселенной и труднодоступной местности**

Характеристика местности	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ				
	до 110	150	220	330	500
Ненаселенная местность	6	6,5	7	7,5	8
Труднодоступная местность	5	5,5	6	6,5	7
Недоступные склоны гор, скалы, утесы и т. п.	3	3,5	4	4,5	5
Районы тундры, степей с почвами, непригодными для земледелия, и пустынь	6	6	6,5	6,5	7

### **ПРОХОЖДЕНИЕ ВЛ ПО ЛЕСНЫМ МАССИВАМ, ЗЕЛеныМ НАСАЖДЕНИЯМ, ПАХОТНЫМ И КУЛЬТУРНЫМ ЗЕМЛЯМ**

2.5.105. Для прохождения ВЛ по лесным массивам должны быть прорублены просеки. При определении ширины просеки должны учитываться условия эксплуатации ВЛ и лесного

хозяйства с точки зрения опасности падения деревьев на ВЛ и возможности быстрой ликвидации повреждений (породы леса, характер грунтов, доступность трассы и пр.).

Необходимо избегать сооружения ВЛ в насаждениях, расположенных узкими полосами по направлению ВЛ.

Ширина просек для ВЛ в лесных массивах и зеленых насаждениях должна приниматься:

1. В насаждениях низкорослых пород высотой до 4 м - не менее расстояния между крайними проводами ВЛ плюс 6 м (по 3 м в каждую сторону от крайних проводов). При прохождении ВЛ по территории фруктовых садов с насаждениями высотой не более 4 м вырубка просек не обязательна.

2. В насаждениях высотой более 4 м:

а) для всех ВЛ 330-500 кВ, а также для радиальных ВЛ 220 кВ и ниже, служащих единственным источником питания потребителей, - не менее расстояния между крайними проводами плюс расстояния, равные высоте основного лесного массива, с каждой стороны от крайних проводов ВЛ; при этом отдельные деревья или группы деревьев, растущие на краю просеки для ВЛ, должны вырубаться, если их высота больше, чем расстояние по горизонтали от деревьев до проводов ВЛ;

б) для остальных ВЛ 220 кВ и ниже, отключение которых не вызывает прекращения питания потребителей, - не менее указанных в 2.5.106.

Если провода ВЛ, проходящих по косогорам и оврагам, находятся выше верхушек деревьев более чем на 8 м, то просека вниз по склону прорубается с расстоянием по горизонтали 2 м крайнего провода.

Высота основного лесного массива принимается с учетом его перспективного роста на 25 лет.

2.5.106. В парках, заповедниках, зеленых зонах вокруг населенных пунктов, ценных лесных массивах, защитных полосах вдоль железных и шоссейных дорог, водных пространств ширину просек для ВЛ следует предусматривать такой, чтобы расстояния от проводов при их наибольшем отклонении до кроны деревьев по горизонтали были не менее: 3 м для ВЛ до 20 кВ; 4 м для ВЛ 35-110 кВ; 5 м для ВЛ 150-220 кВ; 6 м для ВЛ 350-500 кВ.

Радиус кроны принимается с учетом ее перспективного роста на 25 лет.

2.5.107. При прохождении ВЛ по пахотным и культурным землям рекомендуется не занимать земли, орошаемые дождевальными установками.

## **ПРОХОЖДЕНИЕ ВЛ ПО НАСЕЛЕННОЙ МЕСТНОСТИ**

2.5.108. При прохождении ВЛ по населенной местности угол пересечения с улицами (проездами) не нормируется. При прохождении ВЛ вдоль улицы допускается расположение проводов над проезжей частью.

В населенной местности одностоечные деревянные опоры ВЛ должны быть с железобетонными пасынками; допускается применение одностоечных деревянных опор без пасынков, а также с деревянными пасынками, пропитанными заводским способом, в районах, где это обосновано технико-экономическими расчетами.

Опоры, устанавливаемые на перекрестках, поворотах улиц и проездов, должны быть защищены от наезда автотранспорта.

2.5.109. Крепление проводов на штыревых изоляторах должно быть двойным; при применении подвесных изоляторов крепление проводов должно выполняться глухими зажимами. При сечении проводов 300 мм<sup>2</sup> и более допускается применение зажимов с ограниченной прочностью заделки.

В пролете пересечения ВЛ с улицами (проездами) провода и тросы не должны иметь соединений; как исключение допускается установка одного соединительного зажима на каждом проводе сечением не менее 240 мм<sup>2</sup>.

2.5.110. Расстояния от проводов ВЛ до поверхности земли на населенной местности при наибольшей стреле провеса (без учета нагрева провода электрическим током) должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.24.

2.5.111. В местах пересечения ВЛ с улицами, проездами и т. п. расстояния по вертикали от проводов ВЛ сечением менее 185 мм<sup>2</sup> до поверхности земли должны быть проверены также на обрыв провода в соседнем пролете при среднегодовой температуре воздуха без ветра и гололеда, без учета нагрева проводов электрическим током. Эти расстояния должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.24.

При прохождении ВЛ в пределах специально отведенных в городской черте коридоров, а также для ВЛ с проводами сечением 185 мм<sup>2</sup> и более проверка вертикальных расстояний при обрыве проводов не требуется.

2.5.112. Расстояние по горизонтали от основания опоры ВЛ до кювета или бордюрного камня проезжей части улицы (проезда) должно быть не менее 1,5 м; расстояние до тротуаров и пешеходных дорожек не нормируется.

2.5.113. Прохождение ВЛ над зданиями и сооружениями, за исключением выполненных из негорючих материалов производственных зданий и сооружений промышленных предприятий, запрещается.

**Таблица 2.5.23. Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до поверхности земли, зданий и сооружений на населенной местности**

Условия работы ВЛ	Участок, сооружение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ					
		до 35	110	150	220	330	500
Нормальный режим	До поверхности земли	7	7	7,5	8	8	8
	До зданий или сооружений	3	4	4	5	6	-
Обрыв провода в соседнем пролете	До поверхности земли	4,5	4,5	5	5,5	6	-

Расстояния по вертикали от проводов ВЛ до производственного здания или сооружения, выполненного из негорючих материалов, при наибольшей стреле провеса должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.23.

Прохождение ВЛ 500 кВ над зданиями и сооружениями запрещается. В виде исключения допускается прохождение ВЛ 500 кВ над негорючими производственными зданиями электрических станций с расстоянием по вертикали от проводов до зданий не менее 7 м.

Металлические крыши, над которыми проходят ВЛ, должны быть заземлены. Сопротивление заземления крыш должно быть не более указанного в табл. 2.5.21.

Прохождение ВЛ по территориям стадионов и детских учреждений не допускается.

2.5.114. Расстояния по горизонтали от крайних проводов ВЛ до 220 кВ при наибольшем их отклонении до ближайших выступающих частей зданий и сооружений должны быть не менее: 2 м для ВЛ до 20 кВ, 4 м для ВЛ 35-110 кВ, 5 м для ВЛ 150 кВ и 6 м для ВЛ 220 кВ. Допускается уменьшение указанных расстояний при приближении ВЛ до 220 кВ к глухим стенам производственных зданий и сооружений, выполненных из негорючих материалов. При этом любое расстояние между отклоненным проводом и зданием (сооружением) должно быть не менее приведенного в 2.5.113.

Расстояния по горизонтали от крайних проводов ВЛ 330 и 500 кВ до:

а) ближайших выступающих частей непромышленных зданий и сооружений и производственных зданий и сооружений электрических станций и подстанций при наибольшем отклонении проводов должны быть не менее: 8 м для ВЛ 330 кВ и 10 м для ВЛ 500 кВ;

б) выступающих частей жилых и общественных зданий, производственных зданий и сооружений (кроме электрических станций и подстанций) при неотклоненном положении проводов должны быть не менее: 20 м для ВЛ 330 кВ и 30 м для ВЛ 500 кВ.

Если при указанных расстояниях от ВЛ 35-220 кВ до зданий и сооружений, имеющих приемную радио- или телевизионную аппаратуру, не обеспечиваются требования ГОСТ 22012-82 "Радиопомехи промышленные от линий электропередачи и электрических подстанций" и если соблюдение требований ГОСТ 22012-82 не может быть достигнуто специальными мерами (применение выносных антенн, изменение конструкции ВЛ и др.) или эти меры экономически нецелесообразны, расстояния от крайних проводов ВЛ при неотклоненном их положении до выступающих частей этих зданий и сооружений должны быть приняты в проекте не менее: 10 м для ВЛ 35 кВ, 50 м для ВЛ 110-220 кВ и 100 м для ВЛ 330 кВ и более.

Расчет уровня радиопомех должен выполняться с учетом 1.3.33 и 2.5.41.

2.5.115. Сближение ВЛ со зданиями и сооружениями, содержащими взрывоопасные и пожароопасные помещения, а также со взрывоопасными и пожароопасными наружными установками должно выполняться в соответствии с 2.5.162.

2.5.116. Расстояния от проводов ВЛ до деревьев, расположенных вдоль улиц, в парках и садах, а также до тросов подвески дорожных знаков должны приниматься не более указанных в 2.5.106.

2.5.117. Расстояния от заземленных частей опор ВЛ до проложенных в земле силовых кабельных линий должны приниматься в соответствии с 2.3.93.

## **ПЕРЕСЕЧЕНИЕ И СБЛИЖЕНИЕ ВЛ МЕЖДУ СОБОЙ**

2.5.118. Угол пересечения ВЛ выше 1 кВ между собой и с ВЛ до 1 кВ не нормируется.

Место пересечения должно выбираться возможно ближе к опоре верхней (пересекающей) ВЛ; при этом, однако, расстояние по горизонтали от этой опоры до проводов нижней (пересекаемой) ВЛ при наибольшем отклонении проводов должно быть не менее 6 м, а от опор нижней (пересекаемой) ВЛ до проводов верхней (пересекающей) ВЛ - не менее 5 м. Для анкерных опор ВЛ 500 кВ указанные расстояния должны быть не менее 10 м (см. также 2.5.121).

Допускается в отдельных случаях выполнение пересечений ВЛ на опоре.

2.5.119. При пересечениях ВЛ 330-500 кВ между собой опоры пересекающей ВЛ должны быть анкерными нормальной конструкции. Пересечения ВЛ 330-500 кВ с ВЛ 220 кВ и ниже допускается выполнять на промежуточных опорах.

При сооружении ВЛ 300 кВ и ниже допускается прохождение их под действующими ВЛ 330-500 кВ в пролетах, ограниченных промежуточными опорами.

При пересечениях ВЛ 220 кВ и ниже между собой допускается применение на пересекающей ВЛ промежуточных опор.

Одностоечные деревянные опоры пересекающей ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть с железобетонными приставками; допускается применение одностоечных деревянных опор без приставок. Повышенные деревянные опоры допускается применять как исключение с деревянными приставками.

Провода пересекающей ВЛ на промежуточных опорах пролета пересечения должны иметь глухие зажимы или двойные крепления на штыревых изоляторах; при сечении провода 300 мм<sup>2</sup> и более допускается применение зажимов с ограниченной прочностью заделки и оставление выпадающих зажимов на существующей ВЛ при сооружении под ней другой ВЛ.

2.5.120. Провода ВЛ более высокого напряжения, как правило, должны быть расположены над проводами ВЛ более низкого напряжения. Допускается как исключение прохождение ВЛ 35 кВ и выше с сечением проводов 120 мм<sup>2</sup> и более над проводами ВЛ более высокого напряжения, но не выше 220 кВ.

**Таблица 2.5.24. Наименьшее расстояние между проводами или между проводами и тросами пересекающихся ВЛ на металлических и железобетонных опорах, а также на деревянных опорах при наличии грозозащитных устройств**

Длина пролета ВЛ, м	Наименьшее расстояние, м, при расстоянии от места пересечения до ближайшей опоры ВЛ, м					
	30	50	70	100	120	150
При пересечении ВЛ 500-330 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения						
До 200	5	5	5	5,5	-	-
300	5	5	5,5	6	6,5	7
450	5	5,5	6	7	7,5	8
При пересечении ВЛ 220-150 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения						
До 220	4	4	4	4	-	-
300	4	4	4	4,5	5	5,5
450	4	4	5	6	6,5	7
При пересечении ВЛ 110-20 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения						

До 220	3	3	3	4	-	-
300	3	3	4	4,5	4	-
При пересечении ВЛ 10 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения						
До 100	2	2	-	-	-	-
150	2	2,5	2,5	-	-	-

2.5.121. Расстояния между ближайшими проводами и тросами пересекающихся ВЛ на металлических и железобетонных опорах, а также на деревянных опорах при наличии грозозащитных устройств при температуре окружающего воздуха плюс 15°С без ветра должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.24.

При определении расстояний между проводами пересекающихся ВЛ следует учитывать возможность поражения молнией обеих ВЛ и принимать расстояния для более неблагоприятного случая. Если верхняя ВЛ защищена тросами, то учитывается возможность поражения только нижней ВЛ.

Допускается сохранение опор пересекаемых ВЛ до 110 кВ под проводами пересекающих ВЛ, если расстояние по вертикали от проводов пересекающей ВЛ до верха опоры пересекаемой ВЛ на 4 м больше значений, приведенных в табл. 2.5.24.

2.5.122. На ВЛ с деревянными опорами, не защищенных тросами, на опорах, ограничивающих пролеты пересечения, должны устанавливаться трубчатые разрядники на обеих пересекающихся ВЛ.

На ВЛ 35 кВ и ниже допускается применять вместо трубчатых разрядников защитные промежутки. При этом для ВЛ должно быть предусмотрено автоматическое повторное включение. Защитные промежутки на одноствоечных и А-образных опорах с деревянными траверсами выполняются в виде одного заземляющего спуска и заканчиваются бандажами на расстоянии 75 см (по дереву) от точки крепления нижнего изолятора. На П- и АП-образных опорах заземляющие спуски прокладываются по стойкам П-образной грани опоры до траверсы.

Если расстояние от места пересечения до ближайших опор пересекающихся ВЛ составляет не более 40 м, разрядники или защитные промежутки устанавливаются только на ближайших опорах.

**Таблица 2.5.25. Наименьшее расстояние по горизонтали между ВЛ**

Участки ВЛ и расстояния	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ						
	до 20	35	110	150	220	330	500
Участки нестесненной трассы, между осями ВЛ	Высота наиболее высокой опоры*						
*При сближении ВЛ 500 кВ между собой и с ВЛ более низких напряжений - высота наиболее высокой опоры, но не менее 50 м.							
Участки стесненной трассы и подходы к подстанциям:							
между крайними проводами в неотклоненном положении	2,5	4	5	6	7	10	15

от отклоненных проводов одной ВЛ до опор другой ВЛ	2	4	4	5	6	8	10
--	---	---	---	---	---	---	----

Установка трубчатых разрядников и защитных промежутков не требуется для:

ВЛ с металлическими и железобетонными опорами;

ВЛ с деревянными опорами при расстояниях между проводами ВЛ, пересекающихся между собой и с ВЛ более низких напряжений, не менее: 7 м при напряжении 33-500 кВ, 6 м при напряжении 150-220 кВ, 5 м при напряжении 35-110 кВ, 4 м при напряжении 3-20 кВ.

Сопротивления заземляющих устройств для трубчатых разрядников и защитных промежутков должны быть не более указанных в табл. 2.5.21.

2.5.123. При параллельном прохождении и сближении ВЛ расстояния по горизонтали должны быть не менее указанных в табл. 2.5.25.

### **ПЕРЕСЕЧЕНИЕ И СБЛИЖЕНИЕ ВЛ С СООРУЖЕНИЯМИ СВЯЗИ, СИГНАЛИЗАЦИИ И РАДИОТРАНСЛЯЦИИ**

2.5.124. Пересечение ВЛ до 35 кВ с ЛС и РС должно быть выполнено по одному из следующих вариантов:

1. Проводами ВЛ и подземным кабелем ЛС и РС.
2. Подземной кабельной вставкой в ВЛ и неизолированными проводами ЛС и РС.
3. Проводами ВЛ и неизолированными проводами ЛС и РС.

2.5.125. Пересечение ВЛ напряжением до 35 кВ с неизолированными проводами ЛС и РС может выполняться в следующих случаях:

1. Если невозможно проложить ни подземный кабель ЛС и РС, ни кабель ВЛ.
2. Если применение кабельной вставки в ЛС приведет к необходимости установки дополнительного или переноса ранее установленного усилительного пункта ЛС.
3. Если при применении кабельной вставки в РС общая длина кабельных вставок РС превышает допустимые значения.
4. Если на ВЛ напряжением до 35 кВ применены подвесные изоляторы. При этом ВЛ на участке пересечения с неизолированными проводами ЛС и РС выполняется с повышенной механической прочностью проводов и опор (см. 2.5.132).

2.5.126. Пересечение ВЛ напряжением 110 кВ и выше с ЛС и РС должно быть выполнено по одному из следующих вариантов:

1. Проводами ВЛ и подземным кабелем ЛС и РС.
2. Проводами ВЛ и неизолированными проводами ЛС и РС.

2.5.127. При пересечении ВЛ напряжением 110 кВ и выше с ЛС и РС применять кабельные вставки в ЛС и РС не следует (см. также 2.5.129):

1) если применение кабельной вставки в ЛС приведет к необходимости установки дополнительного или переноса ранее установленного усилительного пункта ЛС, а отказ от применения этой кабельной вставки не вызовет нарушения норм мешающего влияния ВЛ на ЛС;

2) если при применении кабельной вставки в РС общая длина кабельных вставок в РС превысит допустимые значения, а отказ от применения этой кабельной вставки не приведет к нарушению норм мешающего влияния ВЛ на РС.

2.5.128. Пересечение проводов ВЛ с воздушными линиями городской телефонной связи не допускается; эти линии в пролете пересечения с проводами ВЛ должны выполняться только подземными кабелями.

2.5.129. В пролете пересечения ЛС и РС с ВЛ, на которых предусматриваются каналы высокочастотной связи и телемеханики с аппаратурой, работающей в совпадающем спектре частот и имеющей мощность более 10 Вт на один канал, ЛС и РС должны быть выполнены подземными кабельными вставками. Длина кабельной вставки определяется по расчету влияния ВЛ на ЛС (РС), при этом расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ЛС и РС до проекции крайнего провода ВЛ на горизонтальную плоскость должно быть не менее 100 м.

Если мощность высокочастотной аппаратуры, работающей в совпадающем спектре частот, превышает 5 Вт, но не более 10 Вт на один канал, то необходимость применения кабельной вставки ЛС и РС или принятия других мер защиты определяется по расчету влияния.

Если мощность высокочастотной аппаратуры ВЛ, работающей в совпадающем спектре частот, не превышает 5 Вт на один канал, то применение кабельной вставки по условиям мешающего влияния не требуется.

Если кабельная вставка в ЛС и РС оборудуется не по условиям мешающего влияния от высокочастотных каналов ВЛ, то расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ЛС и РС до проекции на горизонтальную плоскость крайнего провода ВЛ неуплотненных, уплотненных в несовпадающем спектре частот или уплотненных в совпадающем спектре частот при мощности высокочастотной аппаратуры до 10 Вт на один канал должно быть не менее 15 м без учета отклонения проводов ВЛ ветром.

**Таблица 2.5.26. Наименьшее расстояние от заземлителя и подземной части опоры ВЛ до подземного кабеля ЛС и РС**

Эквивалентное удельное сопротивление земли $\rho$ , Ом·м	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ	
	до 35	110 и выше
До 100	$0,83 \sqrt{\rho}$	10
Более 100 до 500	10	25
Более 500 до 1000	11	35
Более 1000	$0,35 \sqrt{\rho}$	50

2.5.130. При пересечении ВЛ с подземным кабелем ЛС и РС должны соблюдаться следующие требования:

1. Угол пересечения ВЛ с ЛС и РС не нормируется.



2. Расстояние от заземлителя и подземной части опор ВЛ до подземного кабеля ЛС и РС должно быть не менее приведенных в табл. 2.5.26.

В случае прокладки кабельной вставки с целью экранирования в стальных трубах или покрытия ее швеллером и т. п. по длине, равной расстоянию между проводами ВЛ плюс по 10 м с каждой стороны от крайних проводов, допускается уменьшение приведенных расстояний до 5 м. В этом случае при пересечении с ВЛ 110 кВ и выше оболочку кабеля следует соединять со швеллером или трубкой по обоим концам.

3. Металлические покровы кабельной вставки должны быть заземлены с обоих концов.

4. Защита кабельной вставки от грозовых перенапряжений, типы кабелей, способ оборудования кабельной вставки на участке пересечения выбираются в соответствии с требованиями, предъявляемыми к кабельным ЛС и РС.

5. При пересечении ВЛ 400-500 кВ с ЛС и РС расстояние в свету от вершины кабельной опоры ЛС и РС до проводов ВЛ должно быть не менее 20 м.

2.5.131. При пересечении кабельной вставки в ВЛ до 35 кВ с неизолированными проводами ЛС и РС должны соблюдаться следующие требования:

1. Угол пересечения кабельной вставки в ВЛ с ЛС и РС не нормируется.

2. Расстояние от подземного кабеля вставки в ВЛ до незаземленной опоры ЛС и РС должно быть не менее 2 м, а до заземленной опоры ЛС (РС) и ее заземлителя - не менее 10 м.

3. Расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ВЛ, неуплотненной и уплотненной в несовпадающем спектре частот и в совпадающем спектре частот в зависимости от мощности высокочастотной аппаратуры, до проекции проводов ЛС и РС должно выбираться в соответствии с требованиями, изложенными в 2.5.129 для случая пересечения проводов ВЛ с подземным кабелем ЛС и РС.

4. Подземные кабельные вставки в ВЛ должны выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в гл. 2.3 и в 2.5.69.

2.5.132. При пересечении проводов ВЛ с неизолированными проводами ЛС и РС необходимо соблюдать следующие требования:

1. Угол пересечения проводов ВЛ с проводами ЛС и РС должен быть по возможности близок к 90°. Для стесненных условий угол пересечения не нормируется.

2. Место пересечения следует выбирать возможно ближе к опоре ВЛ. При этом расстояние по горизонтали от опор ВЛ до проводов ЛС и РС должно быть не менее 7 м, а от опор ЛС и РС до проекции ближайшего провода ВЛ - не менее 15 м. Кроме того, расстояние в свету от проводов ВЛ 400 и 500 кВ до вершин опор ЛС и РС должно быть не менее 20 м.

Не допускается расположение опор ЛС и РС под проводами ВЛ.

3. Опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения с ЛС и РС, должны быть анкерными, железобетонными, металлическими или деревянными. Деревянные опоры должны быть усилены дополнительными приставками или подкосами.

Пересечения ВЛ 35 кВ и выше с ЛС и РС можно выполнять на промежуточных опорах при применении на ВЛ проводов сечением 120 мм<sup>2</sup> - и более.

4. Провода ВЛ должны быть расположены над проводами ЛС и РС. Провода ВЛ в пролете пересечения с ЛС и РС должны быть многопроволочными сечением не менее: алюминиевые - 70 мм<sup>2</sup>, сталеалюминиевые - 35 мм<sup>2</sup>, стальные - 25 мм<sup>2</sup>.

5. Провода и тросы ВЛ, а также провода ЛС и РС не должны иметь соединений в пролете пересечения. При применении на ВЛ проводов сечением  $240 \text{ мм}^2$  и более, а в случае расщепления фазы на три провода -  $150 \text{ мм}^2$  и более допускается установка одного соединительного зажима на провод.

6. В пролете пересечений ВЛ с ЛС и РС на опорах ВЛ должны применяться только подвесные изоляторы и глухие зажимы. При расщеплении фазы не менее чем на три провода допускается применение зажимов с ограниченной прочностью заделки.

7. Изменение места установки опор ЛС и РС, ограничивающих пролет пересечения с ВЛ, допускается при условии, что отклонение средней длины элемента скрещивания на ЛС и РС не будет превышать значений, указанных в действующей "Инструкции по скрещиванию телефонных цепей воздушных линий связи" Министерства связи СССР.

8. Опоры ЛС и РС, ограничивающие пролет пересечения или смежные с ним и находящиеся на обочине дороги, должны быть защищены от наезда транспорта.

9. Провода на опорах ЛС и РС, ограничивающих пролет пересечения с ВЛ, должны иметь двойное крепление: при траверсном профиле - только на верхней траверсе, при крюковом профиле - на двух верхних цепях.

10. Расстояния по вертикали от проводов ВЛ до пересекаемых проводов ЛС и РС в нормальном режиме ВЛ и при обрыве проводов в смежных пролетах ВЛ должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.27.

**Таблица 2.5.27. Наименьшее расстояние по вертикали от проводов ВЛ до проводов ЛС и РС**

Расчетный режим ВЛ	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ							
	до 10	20	35	110	150	220	330	500
Нормальный:								
а) ВЛ на деревянных опорах при наличии грозозащитных устройств, а также на металлических и железобетонных опорах	2	3	3	3	4	4	5	5
б) ВЛ на деревянных опорах при отсутствии грозозащитных устройств	4	4	5	5	6	6	7	7
Обрыв проводов в смежных пролетах на ВЛ с подвесной изоляцией	1	1	1	1	1,5	2	2,5	3,5

При применении на ВЛ плавки гололеда следует проверять габариты до проводов ЛС и РС в режиме плавки гололеда. Эти габариты проверяются при температуре провода в режиме плавки гололеда и должны быть не меньше, чем при обрыве провода ВЛ в смежном пролете.

Расстояния по вертикали определяются в нормальном режиме при наибольшей стреле провеса проводов (без учета их нагрева электрическим током). В аварийном режиме расстояния проверяются для ВЛ с проводами сечением менее  $185 \text{ мм}^2$  при среднегодовой температуре, без

гололеда и ветра. Для ВЛ с проводами сечением 185 мм<sup>2</sup> и более проверка по аварийному режиму не требуется.

11. На деревянных опорах ВЛ без грозозащитного троса, ограничивающих пролет пересечения с ЛС и РС, при расстояниях между проводами пересекающихся линий менее указанных в п. "б" табл. 2.5.27 должны устанавливаться при напряжении 35 кВ и ниже трубчатые разрядники или защитные промежутки, при напряжении 110-220 кВ - трубчатые разрядники. При установке защитных промежутков на ВЛ должно быть предусмотрено автоматическое повторное включение.

Трубчатые разрядники и защитные промежутки должны устанавливаться в соответствии с требованиями 2.5.122.

Сопротивления заземляющих устройств трубчатых разрядников и защитных промежутков при токах промышленной частоты в летнее время должны быть не более:

Эквивалентное удельное сопротивление земли, Ом·м .....	До 100	Более 100 и до 500	Более 500 и до 1000	Более 1000
Сопротивление заземляющего устройства, Ом .....	10	15	20	30

Применение специальных мер защиты не требуется: для ВЛ с деревянными опорами без грозозащитных тросов при расстояниях между проводами пересекающихся линий не менее приведенных в табл. 2.5.27, п. "б", для ВЛ с металлическими и железобетонными опорами, для участков ВЛ с деревянными опорами, имеющих грозозащитные тросы.

12. На деревянных опорах ЛС и РС, ограничивающих пролет пересечения с ВЛ, должны устанавливаться заземляющие спуски в соответствии с требованиями, предъявляемыми к ЛС и РС.

2.5.133. Совместная подвеска проводов ВЛ и проводов ЛС и РС на общих опорах не допускается.

2.5.134. При сближении ВЛ с воздушными ЛС и РС расстояния между их проводами и мероприятия по защите от влияния определяются в соответствии с "Правилами защиты устройств проводной связи, железнодорожной сигнализации и телемеханики от опасного и мешающего влияния линий электропередачи". Наименьшие расстояния по горизонтали при неотклоненных проводах должны быть не менее высоты наиболее высокой опоры ВЛ, а на участках стесненной трассы при наибольшем отклонении проводов ВЛ ветром: 2 м для ВЛ до 20 кВ, 4 м для ВЛ 35 и 110 кВ, 5 м для ВЛ 150 кВ, 6 м для ВЛ 220 кВ, 8 м для ВЛ 330 кВ, 10 м для ВЛ 400-500 кВ. При этом расстояние в свету от проводов ВЛ 400-500 кВ до вершин опор ЛС и РС должно быть не менее 20 м. Шаг транспозиции ВЛ по условию влияния на ЛС и РС не нормируется.

Должны быть укреплены дополнительными подпорами опоры ЛС и РС или должны быть установлены сдвоенные опоры в случаях, если при падении опор ЛС и РС возможно соприкосновение между проводами ЛС и РС и проводами ВЛ.

2.5.135. При сближении ВЛ со штыревыми изоляторами на участках, имеющих углы поворота, с воздушными ЛС и РС расстояние между ними должно быть таким, чтобы провод, сорвавшийся с угловой опоры ВЛ, не мог оказаться от ближайшего провода ЛС и РС на расстоянии менее приведенных в 2.5.134. При невозможности выполнить это требование провода ВЛ, проходящие с внутренней стороны поворота, должны иметь двойное крепление.

2.5.136. При сближении ВЛ с подземными кабельными ЛС и РС наименьшие расстояния между ними определяются в соответствии с "Правилами защиты устройств проводной связи, железнодорожной сигнализации и телемеханики от опасного и мешающего влияния линий электропередачи" и должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.26.

2.5.137. Расстояния от ВЛ до антенных сооружений передающих радиочастот должны приниматься по табл. 2.5.28.

Пересечение ВЛ со створом радиорелейной линии должно быть согласовано с организацией, в ведении которой находится радиорелейная линия.

**Таблица 2.5.28. Наименьшее расстояние от ВЛ до антенных сооружений передающих радиочастот**

Антенные сооружения	Расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ	
	до 110	150-500
Средневолновые и длинноволновые передающие антенны	100	100
Коротковолновые передающие антенны в направлении наибольшего излучения	200	300
То же в остальных направлениях	50	50
Коротковолновые передающие слабонаправленные и ненаправленные антенны	150	200

2.5.138. Расстояния от ВЛ до границ приемных радиочастот, выделенных приемных пунктов радиодиффузии и местных радиочастот должны приниматься по табл. 2.5.29.

Допустимые сближения установлены, исходя из условия, что уровень поля помех, создаваемых ВЛ на расстоянии 50 м от нее, не превосходит значений, предусмотренных общесоюзными "Нормами допускаемых промышленных радиопомех".

В случае прохождения трассы проектируемой ВЛ в районе расположения особо важных приемных радиочастот допустимое сближение устанавливается в индивидуальном порядке по согласованию с заинтересованными организациями в процессе проектирования ВЛ.

**Таблица 2.5.29. Наименьшее расстояние от ВЛ до границ приемных радиочастот, выделенных приемных пунктов радиодиффузии и местных радиочастот**

Радиочастоты	Расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ		
	6-35	110-220	330-500
Магистральные, областные и районные радиочастоты	500	1000	2000
Выделенные приемные пункты радиодиффузии	400	700	1000
Местные радиочастоты	200	300	400

Если соблюдение расстояний, указанных в табл. 2.5.29, затруднительно, в отдельных случаях допускается их уменьшение (при условии выполнения мероприятий на ВЛ, обеспечивающих соответствующее уменьшение помех), а также перенос всех или части приемных радиочастот

на другие площадки. В каждом таком случае в процессе проектирования ВЛ должен быть составлен и согласован с заинтересованными организациями проект мероприятий по соблюдению норм радиопомех.

Расстояния от ВЛ до телецентров и радиодомов должны быть не менее: 400 м для ВЛ до 20 кВ, 700 м для ВЛ 35-150 кВ, 1000 м для ВЛ 220-500 кВ.

## ПЕРЕСЕЧЕНИЕ И СБЛИЖЕНИЕ ВЛ С ЖЕЛЕЗНЫМИ ДОРОГАМИ

2.5.139. Пересечение ВЛ с железными дорогами следует выполнять, как правило, воздушными переходами. На железных дорогах с особо интенсивным движением<sup>1</sup> и в некоторых технически обоснованных случаях (например, при переходе через насыпи, на железнодорожных станциях или в местах, где устройство воздушных переходов технически затруднено) переходы ВЛ до 10 кВ следует выполнять кабелем.

---

<sup>1</sup> К особо интенсивному движению поездов относится такое движение, при котором количество пассажирских и грузовых поездов в сумме по графику на двухпутных участках составляет более 100 пар в сутки и на однопутных - более 48 пар в сутки.

Пересечение ВЛ 150 кВ и ниже с железными дорогами в местах сопряжения анкерных участков контактной сети запрещается.

Угол пересечения ВЛ с железными дорогами электрифицированными<sup>1</sup> и подлежащими электрификации<sup>2</sup> должен быть не менее 40°. Рекомендуется по возможности во всех случаях производить пересечения под углом, близким к 90°.

---

<sup>1</sup> К электрифицированным железным дорогам относятся все электрифицированные дороги независимо от рода тока и значения напряжения контактной сети.

<sup>2</sup> К дорогам, подлежащим электрификации, относятся дороги, которые будут электрифицированы в течение 10 лет, считая от года строительства ВЛ, намечаемого проектом.

2.5.140. При пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами расстояния от основания опоры ВЛ до габарита приближения строений<sup>1</sup> на неэлектрифицированных железных дорогах или до оси опор контактной сети электрифицированных дорог или подлежащих электрификации должны быть не менее высоты опоры плюс 3 м. На участках стесненной трассы допускается эти расстояния принимать не менее: 3 м для ВЛ до 20 кВ, 6 м для ВЛ 35-150 кВ, 8 м для ВЛ 220-330 кВ и 10 м для ВЛ 500 кВ.

---

<sup>1</sup> Габаритом приближения строений называется предназначенное для пропуска подвижного состава предельное поперечное, перпендикулярное пути очертание, внутрь которого, помимо подвижного состава, не могут заходить никакие части строений, сооружений и устройств.

Защита разрядниками или защитными промежутками пересечений ВЛ с контактной сетью осуществляется в соответствии с требованиями, приведенными в 2.5.122.

В горловинах железнодорожных станций и в местах сопряжения анкерных участков контактной сети пересечение ВЛ 150 кВ и ниже с железными дорогами не допускается.

2.5.141. Расстояния при пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами от проводов до различных элементов железной дороги должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.30.

Расстояния по вертикали от проводов до различных элементов железных дорог, а также до наивысшего провода или несущего троса электрифицированных железных дорог определяются в нормальном режиме ВЛ при наибольшей стреле провеса с учетом дополнительного нагрева проводов электрическим током. При отсутствии данных об электрических нагрузках ВЛ температура проводов принимается равной плюс 70°С.

В аварийном режиме расстояния проверяются при пересечениях ВЛ с проводами сечением менее 185 мм<sup>2</sup> для условий среднегодовой температуры, без гололеда и ветра. При сечении проводов 185 мм<sup>2</sup> и более проверка в аварийном режиме не требуется.

Допускается сохранение опор контактной сети под проводами пересекающей ВЛ при расстоянии по вертикали от проводов ВЛ до верха опор контактной сети не менее: 7 м для ВЛ до 110 кВ, 8 м для ВЛ 150-220 кВ и 9 м для ВЛ 330-500 кВ.

В отдельных случаях на участках стесненной трассы допускается подвеска проводов ВЛ и контактной сети на общих опорах. Технические условия на выполнение совместной подвески проводов следует согласовывать с Управлением железной дороги.

**Таблица 2.5.30. Наименьшее расстояние при пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами**

Пересечение или сближение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ					
	до 20	35-110	150	220	330	500
Для неэлектрифицированных железных дорог от провода до головки рельса в нормальном режиме ВЛ по вертикали:  железных дорог широкой колеи общего и необщего пользования <sup>1</sup> и узкой колеи общего пользования	При пересечении					
	7,5	7,5	8	8,5	9	9,5
<sup>1</sup> Железные дороги в зависимости от их назначения разделяются на:						
железные дорога общего пользования, служащие для перевозки пассажиров и грузов по установленным для всех тарифам;						
железные дорога необщего пользования, связанные непрерывной рельсовой колеей с общей сетью железных дорог и служащие только для хозяйственно-производственных перевозок учреждений, предприятий и организаций, которым эти подъездные пути подчинены.						
железных дорог узкой колеи необщего пользования	6	6,5	7,0	7,5	8	8,5
От провода до головки рельса при обрыве провода ВЛ в смежном пролете по вертикали:						
железных дорог широкой колеи	6	6	6,5	6,5	7	-
железных дорог узкой колеи	4,5	4,5	5	5	5,5	-

Для электрифицированных или подлежащих электрификации железных дорог от проводов ВЛ до наивысшего провода или несущего троса в нормальном режиме по вертикали	Как при пересечении ВЛ между собой в соответствии с табл. 2.5.24 (см. также 2.5.122)					
То же, но при обрыве провода в соседнем пролете	1	1	2	2	2,5	3,5
	При сближении					
Для неэлектрифицированных железных дорог на участках стесненной трассы от отклоненного провода ВЛ до габарита приближения строений по горизонтали	1,5	2,5	2,5	2,5	3,5	4,5
Для электрифицированных или подлежащих электрификации железных дорог на стесненных участках трасс от крайнего провода ВЛ до крайнего провода, подвешенного с полевой стороны опоры контактной сети, по горизонтали	Как при сближении ВЛ между собой в соответствии с табл. 2.5.25					
То же, но при отсутствии проводов с полевой стороны опор контактной сети	Как при сближении ВЛ с сооружениями в соответствии с 2.5.114					

При пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами, вдоль которых проходят линии связи и сигнализации, необходимо кроме табл. 2.5.30 руководствоваться также требованиями, предъявляемыми к пересечениям и сближениям ВЛ с сооружениями связи.

2.5.142. При пересечении железных дорог общего пользования электрифицированных и подлежащих электрификации, опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными нормальной конструкции. На участках с особо интенсивным и интенсивным движением<sup>1</sup> поездов эти опоры должны быть металлическими.

<sup>1</sup>К интенсивному движению поездов откосится такое движение, при котором количество пассажирских и грузовых поездов в сумме по графику на двухпутных участках составляет более 50 и до 100 пар в сутки, а на однопутных - более 24 и до 48 пар в сутки.

Допускается в пролете этого пересечения, ограниченного анкерными опорами, установка промежуточной опоры между путями, не предназначенными для прохождения регулярных пассажирских поездов, а также промежуточных опор по краям железнодорожного полотна путей любых дорог. Указанные опоры должны быть металлическими или железобетонными. Крепление проводов на этих опорах должно быть двойным, поддерживающие зажимы должны быть глухими.

Применение опор из любого материала с оттяжками и деревянных одностоечных опор не допускается. Деревянные промежуточные опоры должны быть П-образными (с Х- или Z-образными связями) или А-образными.

При пересечении железных дорог необщего пользования допускается применение анкерных опор облегченной конструкции и промежуточных опор с подвеской проводов в глухих зажимах. Опоры всех типов, устанавливаемые на пересечениях железных дорог необщего пользования, могут быть свободно стоящими или на оттяжках.

Крепление проводов в натяжных гирляндах должно выполняться в соответствии с 2.5.95.

Применение штыревых изоляторов в пролетах пересечений ВЛ с железными дорогами не допускается.

Использование в качестве заземлителей арматуры железобетонных опор и железобетонных пасынков у опор, ограничивающих пролет пересечения, запрещается.

2.5.143. При пересечении ВЛ с железной дорогой, имеющей лесозащитные насаждения, следует руководствоваться требованиями 2.5.106.

### ПЕРЕСЕЧЕНИЕ И СБЛИЖЕНИЕ ВЛ С АВТОМОБИЛЬНЫМИ ДОРОГАМИ

2.5.144. Угол пересечения ВЛ с автомобильными дорогами не нормируется.

2.5.145. При пересечении автомобильных дорог категории I<sup>1</sup> опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными нормальной конструкции.

<sup>1</sup> Автомобильные дороги в зависимости от категории имеют следующие размеры:

Категория дорог	Ширина элементов дорог, м			
	проезжей части	обочин	разделительной полосы	земляного полотна
I	15 и более	3,75	5	27,5 и более
II	7,5	3,75	-	15
III	7	2,5	-	12
IV	6	2	-	10
V	4,5	1,75	-	8

**Таблица 2.5.31. Наименьшее расстояние при пересечении и сближении ВЛ с автомобильными дорогами**

Пересечение или сближение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ					
	до 20	35-110	150	220	330	500
Расстояние по вертикали:						
а) от провода до полотна дороги:						
в нормальном режиме ВЛ	7	7	7,5	8	8,5	9
при обрыве провода в соседнем пролете	5	5	5,5	5,5	6	-
б) от провода до транспортных средств в нормальном режиме ВЛ	2,5	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Расстояния по горизонтали:						



	Высота опоры					
а) от основания опоры до бровки земляного полотна дороги при пересечении						
б) то же, но при параллельном следовании						
в) то же, но на участках стесненной трассы от любой части опоры до подошвы насыпи дороги или до наружной бровки кювета:						
при пересечении дорог категорий I и II	5	5	5	5	10	10
при пересечении дорог остальных категорий	1,5	2,5	2,5	2,5	5	5
г) при параллельном следовании от крайнего провода при неотклоненном положении до бровки земляного полотна дороги	2	4	5	6	8	10

Крепление проводов на ВЛ с подвесными или штыревыми изоляторами должно выполняться в соответствии с 2.5.95.

При пересечении автомобильных дорог категорий II-IV опоры, ограничивающие пролет пересечения, могут быть анкерными облегченной конструкции или промежуточными.

На промежуточных опорах с подвесными изоляторами провода должны быть подвешены в глухих зажимах, а на опорах со штыревыми изоляторами должно применяться двойное крепление проводов. При расщеплении фазы не менее чем на три провода допускается применение зажимов с ограниченной прочностью заделки. К пересечениям с автомобильными дорогами V категории предъявляются такие же требования, как при прохождении ВЛ по ненаселенной местности.

При сооружении новых автомобильных дорог и прохождении их под действующими ВЛ 400 и 500 кВ переустройство ВЛ не требуется, если расстояние от нижнего провода ВЛ до полотна дороги составляет не менее 9 м и от фундамента опоры до бровки полотна дороги - не менее 25 м.

2.5.146. Расстояния при пересечении и сближении ВЛ с автомобильными дорогами должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.31.

Во всех случаях сближения ВЛ с криволинейными участками автомобильных дорог, проходящих по насыпи, минимальные расстояния от проводов ВЛ до бровки дороги должны быть не менее указанных в табл. 2.5.31 расстояний по вертикали.

Расстояния по вертикали в нормальном режиме проверяются при наибольшей стреле провеса без учета нагрева проводов электрическим током.

В аварийном режиме расстояния проверяются для ВЛ с проводами сечением менее  $185 \text{ мм}^2$  при среднегодовой температуре, без гололеда и ветра. Для ВЛ с проводами сечением  $185 \text{ мм}^2$  и более проверка по аварийному режиму не требуется.

2.5.147. В местах пересечения ВЛ с автомобильными дорогами, по которым предусматривается передвижение автомобилей и других транспортных средств высотой более 3,8 м, с обеих сторон ВЛ на дорогах должны устанавливаться дорожные знаки, указывающие допустимую высоту движущегося транспорта с грузом.

При расстояниях по вертикали от провода ВЛ до полотна автомобильной дороги, превышающих указанные в табл. 2.5.31 более чем на 2 м, сигнальные знаки допускается не устанавливать.

Подвеска дорожных знаков в местах пересечения ВЛ с дорогами в пределах охранных зон (см. 2.5.104) не допускается.

2.5.148. Опоры ВЛ, находящиеся на обочине автомобильной дороги, должны быть защищены от наезда транспорта.

### **ПЕРЕСЕЧЕНИЕ И СБЛИЖЕНИЕ ВЛ С ТРОЛЛЕЙБУСНЫМИ И ТРАМВАЙНЫМИ ЛИНИЯМИ**

2.5.149. Угол пересечения ВЛ с троллейбусными и трамвайными линиями не нормируется.

2.5.150. При пересечении троллейбусных и трамвайных линий опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными нормальной конструкции. Для ВЛ с сечением проводов  $120 \text{ мм}^2$  и более допускаются также промежуточные опоры с подвеской проводов в глухих зажимах и с двойным креплением на штыревых изоляторах. При расщеплении фазы не менее чем на три провода допускается применение зажимов с ограниченной прочностью заделки.

В случае применения анкерных опор подвеска проводов должна выполняться в соответствии с 2.5.95.

2.5.151. Расстояния по вертикали при пересечении и сближении ВЛ с троллейбусными и трамвайными линиями при наибольшей стреле провеса проводов должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.32.

В нормальном режиме расстояния по вертикали проверяются при наибольшей стреле провеса (без учета нагрева провода электрическим током).

В аварийном режиме расстояния по вертикали проверяются для ВЛ с проводами сечением менее  $185 \text{ мм}^2$  при среднегодовой температуре без гололеда и ветра. Для ВЛ с проводами сечением  $185 \text{ мм}^2$  и более проверка расстояний по аварийному режиму не производится.

2.5.152. Защита разрядниками или защитными промежутками пересечений ВЛ с контактной сетью осуществляется в соответствии с требованиями, приведенными в 2.5.122.

Допускается сохранение опор контактной сети под проводами пересекающей ВЛ при расстояниях по вертикали от проводов ВЛ до верха опор контактной сети не менее: 7 м для ВЛ напряжением до 110 кВ, 8 м для ВЛ 150-220 кВ и 9 м для ВЛ 330-500 кВ.

**Таблица 2.5.32. Наименьшее расстояние от проводов ВЛ при пересечении и сближении с троллейбусными и трамвайными линиями**

Пересечение или сближение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ			
	до 110	150-220	330	500
Расстояния по вертикали от проводов ВЛ:				
а) при пересечении с троллейбусной линией (в нормальном режиме):				
до высшей отметки проезжей части	11	12	13	13

до проводов контактной сети или несущих тросов	3	4	5	5
б) при пересечении с трамвайной линией (в нормальном режиме):				
до головки рельса	9,5	10,5	11,5	11,5
до проводов контактной сети или несущих тросов	3	4	5	5
в) при обрыве провода ВЛ в соседнем пролете до проводов или несущих тросов троллейбусной или трамвайной линии				
Расстояние по горизонтали при сближении от отклоненных проводов ВЛ до опор троллейбусных и трамвайных контактных сетей	3	4	5	5

### ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ВЛ С ВОДНЫМИ ПРОСТРАНСТВАМИ

2.5.153. При пересечении ВЛ с водными пространствами (реки, каналы, озера, заливы, гавани и т. п.) угол пересечения с ними не нормируется.

2.5.154. При пересечении водных пространств с регулярным судоходным движением опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными концевыми. Для ВЛ с сечением сталеалюминиевых проводов 120 мм<sup>2</sup> и более или стальных канатов типа ТК сечением 50 мм<sup>2</sup> и более допускается применение промежуточных опор и анкерных опор облегченного типа; при этом в обоих случаях опоры, смежные с ними, должны быть анкерными концевыми.

При применении в пролете пересечения промежуточных опор провода и тросы должны крепиться к ним глухими или специальными зажимами (например, многороликовыми подвесами).

К пересечениям водных путей местного значения с навигационной глубиной 1,65 м и менее, малых рек с глубиной 1,0 м и менее (классов IV-VII по путевым условиям судоходства) и несудоходных водных пространств, не относящихся к числу больших переходов, предъявляются такие же требования, как при прохождении ВЛ по ненаселенной местности, с дополнительной проверкой расстояний до уровня высоких вод, льда и до габарита судов или сплава по табл. 2.5.33.

2.5.155. Расстояние от нижних проводов ВЛ до поверхности воды должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.33. Расчетные уровни льда и воды принимаются в соответствии с 2.5.13. Нагрев проводов ВЛ электрическим током не учитывается.

**Таблица 2.5.33. Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до поверхности воды, габарита судов и сплава**

Расстояние	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ				
	до 110	150	220	330	500

До наибольшего уровня высоких вод судоходных рек, каналов и т. п. при высшей температуре	6	6,5	7	7,5	8
До габарита судов или сплава при наибольшем уровне высоких вод и высшей температуре	2	2,5	3	3,5	4
До наибольшего уровня высоких вод несудоходных рек, каналов и т. п. при температуре плюс 15°C	3	3,5	4	4,5	5
До уровня льда несудоходных рек, каналов и т. п. при температуре минус 5°C при наличии гололеда	6	6,5	7	7,5	8

При прохождении ВЛ в непосредственной близости от неразводных мостов, где мачты и трубы судов, плавающих по реке или каналу, должны быть опущены, допускается по согласованию с местным Управлением водного транспорта уменьшать расстояния от проводов ВЛ до наибольшего уровня высоких вод, приведенных в табл. 2.5.33.

2.5.156. Места пересечений ВЛ с судоходными реками, каналами и т. п. должны быть обозначены на берегах сигнальными знаками в соответствии с действующими правилами плавания по внутренним судоходным путям.

### ПРОХОЖДЕНИЕ ВЛ ПО МОСТАМ

2.5.157. При прохождении ВЛ по мостам опоры или поддерживающие устройства, ограничивающие пролеты с берега на мост и через разводную часть моста, должны быть анкерными нормальной конструкции. Все прочие поддерживающие устройства на мостах могут быть промежуточного типа с креплением проводов глухими зажимами или с двойным креплением на штыревых изоляторах.

2.5.158. На металлических железнодорожных мостах с ездой по низу, снабженных на всем протяжении верхними связями, провода допускается располагать непосредственно над пролетным строением моста выше связей или за его пределами. Располагать провода в пределах габарита приближения строений, а также в пределах ширины, занятой элементами контактной сети электрифицированных железных дорог, не допускается. Расстояния от проводов ВЛ до всех линий МПС, проложенных по конструкции моста, принимаются по 2.5.141, как для стесненных участков трассы.

На городских и шоссейных мостах допускается располагать провода как за пределами пролетного строения, так и в пределах ширины пешеходной и проезжей частей моста.

На охраняемых мостах допускается располагать провода ВЛ ниже отметки пешеходной части.

2.5.159. Наименьшие расстояния от проводов ВЛ до различных частей мостов должны приниматься по согласованию с организациями, в ведении которых находится данный мост, при этом определение наибольшей стрелы провеса проводов производится путем сопоставления стрел провеса при высшей расчетной температуре воздуха и при гололеде.

### ПРОХОЖДЕНИЕ ВЛ ПО ПЛОТИНАМ И ДАМБАМ

2.5.160. При прохождении ВЛ по плотинам, дамбам и т. п. расстояния от проводов ВЛ при наибольшей стреле провеса и наибольшем отклонении до различных частей плотин и дамб должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.34.

**Таблица 2.5.34. Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до различных частей плотин и дамб**

Части плотин и дамб	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ				
	до 110	150	220	330	500
Гребень и бровка откоса	6	6,5	7	7,5	8
Наклонная поверхность откоса	5	5,5	6	6,5	7
Поверхность воды, переливающейся через плотину	4	4,5	5	5,5	6

При прохождении ВЛ по плотинам и дамбам, по которым проложены пути сообщения, ВЛ должна удовлетворять также требованиям, предъявляемым к ВЛ при пересечениях и сближениях с соответствующими объектами путей сообщения.

Наибольшая стрела провеса проводов ВЛ должна определяться путем сопоставления стрел провеса при высшей расчетной температуре воздуха и при гололеде.

### **СБЛИЖЕНИЕ ВЛ С ВОДООХЛАДИТЕЛЯМИ**

2.5.161. Расстояние от крайних проводов ВЛ до водоохладителей должно определяться в соответствии с требованиями СНиП II-89-80\* "Генеральные планы промышленных предприятий" (изд. 1995 г.) Госстроя России, а также с требованиями норм технологического проектирования электростанций, подстанций и воздушных линий электропередачи.

### **СБЛИЖЕНИЕ ВЛ СО ВЗРЫВО- И ПОЖАРООПАСНЫМИ УСТАНОВКАМИ**

2.5.162. Сближение ВЛ со зданиями, сооружениями и наружными технологическими установками, связанными с добычей, производством, изготовлением, использованием или хранением взрывоопасных, взрывопожароопасных и пожароопасных веществ, должно выполняться в соответствии с нормами, утвержденными в установленном порядке.

Если нормы сближения не предусмотрены нормативными документами, то расстояния от оси трассы ВЛ до указанных зданий, сооружений и наружных установок должны составлять не менее полуторакратной высоты опоры. На участках стесненной трассы допускается уменьшение этих расстояний по согласованию с соответствующими министерствами и ведомствами.

## ПЕРЕСЕЧЕНИЕ И СБЛИЖЕНИЕ ВЛ С НАДЗЕМНЫМИ И НАЗЕМНЫМИ ТРУБОПРОВОДАМИ И КАНАТНЫМИ ДОРОГАМИ

2.5.163. Угол пересечения ВЛ с надземными и наземными газопроводами, нефтепроводами и нефтепродуктопроводами рекомендуется принимать близким к 90°. Угол пересечения ВЛ с остальными надземными и наземными трубопроводами, а также с канатными дорогами не нормируется.

Пересечение ВЛ 110 кВ и выше с вновь сооружаемыми надземными и наземными магистральными газопроводами, нефтепроводами и нефтепродуктопроводами запрещается. Допускается пересечение этих ВЛ с действующими однопроволочными надземными и наземными магистральными газопроводами, нефтепроводами и нефтепродуктопроводами, а также с действующими техническими коридорами магистральных трубопроводов при прокладке их в насыпи на расстоянии 1000 м в обе стороны от ВЛ.

2.5.164. При пересечении ВЛ с надземными и наземными трубопроводами и канатными дорогами опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными нормальной конструкции.

Для ВЛ со сталеалюминиевыми проводами сечением 120 мм<sup>2</sup> и более или со стальными канатами типа ТК сечением 50 мм<sup>2</sup> и более допускаются также анкерные опоры облегченной конструкции и промежуточные опоры с подвеской проводов в глухих зажимах.

При расщеплении фазы не менее чем на три провода допускается применение зажимов с ограниченной прочностью заделки.

2.5.165. Провода ВЛ должны располагаться над трубопроводами и канатными дорогами. В исключительных случаях допускается прохождение ВЛ до 220 кВ под канатными дорогами, которые имеют снизу мостики или сетки для ограждения проводов ВЛ. Крепление мостиков и сеток на опорах ВЛ запрещается.

В местах пересечения с ВЛ надземные и наземные газопроводы, кроме проложенных в насыпи, следует защищать ограждениями. Ограждение должно выступать по обе стороны пересечения от проекции крайних проводов ВЛ при наибольшем их отклонении на расстоянии не менее: 3 м для ВЛ до 20 кВ, 4 м для ВЛ 35-110 кВ, 4,5 м для ВЛ 150 кВ, 5 м для ВЛ 220 кВ, 6 м для ВЛ 330 кВ, 6,5 м для ВЛ 500 кВ.

Расстояния от ВЛ до мостиков, сеток и ограждений принимают как до надземных и наземных трубопроводов и канатных дорог (см. 2.5.166).

2.5.166. Расстояния при пересечении, сближении и параллельном следовании ВЛ с надземными и наземными трубопроводами и канатными дорогами должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.35.

**Таблица 2.5.35. Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до надземных и наземных трубопроводов и канатных дорог**

Пересечение или сближение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ					
	до 20	35-110	150	220	330	500
Расстояния по вертикали:						

от провода ВЛ до любой части трубопровода (насыпи) или канатной дороги в нормальном режиме	3	4	4,5	5	6	6,5
то же, но при обрыве провода в соседнем пролете	1	2	2,5	3	4	-
Расстояния по горизонтали:						
1) при параллельном следовании:						
от крайнего провода ВЛ до любой части трубопровода или канатной дороги (за исключением пульпопровода и магистральных газопровода, нефтепровода и нефтепродуктопровода) в нормальном режиме	Не менее высоты опоры					
от крайнего провода ВЛ до любой части пульпопровода в нормальном режиме	Не менее 30 м					
от крайнего провода ВЛ до любой части магистрального газопровода в нормальном режиме	Не менее удвоенной высоты опоры					
от крайнего провода ВЛ до любой части магистрального нефтепровода и нефтепродуктопровода в нормальном режиме	50 м, но не менее высоты опоры					
в стесненных условиях от крайнего провода ВЛ при наибольшем его отклонении до любой части трубопровода * или канатной дороги	3	4	4,5	5	6	6,5
* Вновь сооружаемые магистральные газопроводы на участке сближения с ВЛ в стесненных условиях должны отвечать требованиям, предъявляемым к газопроводам не ниже II категории.						
2) при пересечении:						
от опоры ВЛ до любой части трубопровода или канатной дороги в нормальном режиме	Не менее высоты опоры					
в стесненных условиях от опоры ВЛ до любой части трубопровода или канатной дороги	3	4	4,5	5	6	6,5
3) от ВЛ до продувочных свеч газопровода	Не менее 300 м					

Расстояния по вертикали в нормальном режиме определяются при наибольшей стреле провеса провода без учета нагрева проводов электрическим током.

В аварийном режиме расстояния проверяются для ВЛ с проводами сечением менее  $185 \text{ мм}^2$  при среднегодовой температуре, без гололеда и ветра. Для ВЛ с проводами сечением  $185 \text{ мм}^2$  и более проверка при обрыве провода не требуется.

В районах Западной Сибири и Крайнего Севера при параллельном следовании ВЛ 110 кВ и выше с техническими коридорами магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов расстояние от ВЛ до крайнего трубопровода должно быть не менее 1000 м.

2.5.167. В пролетах пересечения с ВЛ металлические трубопроводы, кроме проложенных в насыпи, и канатные дороги, а также ограждения, мостики и сетки должны быть заземлены. Сопротивление, обеспечиваемое применением искусственных заземлителей, должно быть не более 10 Ом.

## **ПЕРЕСЕЧЕНИЕ И СБЛИЖЕНИЕ ВЛ С ПОДЗЕМНЫМИ ТРУБОПРОВОДАМИ**

2.5.168. Угол пересечения ВЛ 35 кВ и ниже с подземными магистральными газопроводами, нефтепроводами и нефтепродуктопроводами, а также угол пересечения ВЛ с остальными подземными трубопроводами не нормируется.

Угол пересечения ВЛ 110 кВ и выше с вновь сооружаемыми подземными магистральными газопроводами, нефтепроводами и нефтепродуктопроводами, а также с действующими техническими коридорами этих трубопроводов должен быть не менее  $60^\circ$ . При этом вновь сооружаемые трубопроводы, прокладываемые в районах Западной Сибири и Крайнего Севера, на расстоянии 1 км в обе стороны от пересечения должны быть не ниже II категории.

2.5.169. При сближении ВЛ с действующими и вновь сооружаемыми магистральными газопроводами давлением более 1,2 МПа и магистральными нефтепроводами и нефтепродуктопроводами расстояния между ними должны быть не менее приведенных в 2.5.104.

Провода ВЛ должны быть расположены не ближе 300 м от продувочных свеч, устанавливаемых на магистральных газопроводах.

В стесненных условиях трассы при параллельном следовании ВЛ, а также в местах пересечения ВЛ с указанными трубопроводами допускаются расстояния по горизонтали от заземлителя и подземной части (фундамента) опор ВЛ до трубопроводов не менее: 5 м для ВЛ до 35 кВ, 10 м для ВЛ 110-220 кВ и 15 м для ВЛ 330-500 кВ.

Вновь сооружаемые магистральные газопроводы с давлением более 1,2 МПа на участках сближения с ВЛ при прокладке их на расстояниях менее приведенных в 2.5.104 должны отвечать требованиям, предъявляемым к участкам газопроводов не ниже II категории для ВЛ 500 кВ и не ниже III категории для ВЛ 330 кВ и ниже.

Вновь сооружаемые магистральные нефтепроводы и нефтепродуктопроводы на участках сближения с ВЛ при прокладке их на расстояниях менее приведенных в 2.5.104 должны отвечать требованиям, предъявляемым к участкам трубопроводов не ниже III категории.

В районах Западной Сибири и Крайнего Севера при параллельном следовании ВЛ 110 кВ и выше с техническими коридорами магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов расстояние от ВЛ до крайнего трубопровода должно быть не менее 1 км.

2.5.170. При сближении и пересечении ВЛ с магистральными и распределительными газопроводами давлением 1,2 МПа и менее, а также при сближении и пересечении с ответвлениями от магистральных газопроводов к населенным пунктам и промышленным предприятиям и с ответвлениями от нефтепроводов и нефтепродуктопроводов к нефтебазам и



предприятиям расстояния от заземлителя и подземной части (фундаментов) опор ВЛ до трубопроводов должны быть не менее: 5 м для ВЛ до 35 кВ, 10 м для ВЛ 110 кВ и выше.

2.5.171. При сближении и пересечении ВЛ с теплопроводами, водопроводом, канализацией (напорной и самотечной), водостоками и дренажами расстояния в свету от заземлителя и подземной части (фундаментов) опор ВЛ до трубопроводов должны быть не менее 2 м для ВЛ до 35 кВ и 3 м для ВЛ 110 кВ и выше.

В исключительных случаях при невозможности выдержать указанные расстояния до трубопроводов (например, при прохождении ВЛ по территориям электростанций, промышленных предприятий, по улицам городов) эти расстояния допускается уменьшать по согласованию с заинтересованными организациями. При этом следует предусматривать защиту фундаментов опор ВЛ от возможного подмыва фундаментов при повреждении указанных трубопроводов, а также по предотвращению выноса опасных потенциалов по металлическим трубопроводам.

### **СБЛИЖЕНИЕ ВЛ С НЕФТЯНЫМИ И ГАЗОВЫМИ ФАКЕЛАМИ**

2.5.172. При сближении с нефтяными и газовыми промышленными факелами ВЛ должна быть расположена с наветренной стороны. Расстояние от ВЛ до промышленных факелов должно быть не менее 60 м.

### **СБЛИЖЕНИЕ ВЛ С АЭРОДРОМАМИ**

2.5.173. Сближение ВЛ с аэродромами и воздушными трассами допускается по согласованию с территориальным управлением гражданской авиации, со штабом военного округа, с управлением министерства или ведомства, в ведении которого находится аэродром или аэропорт, при расположении ВЛ на расстояниях: до 10 км от границ аэродрома - с опорами любой высоты; более 10 и до 30 км от границ аэродрома - при абсолютной отметке верхней части опор ВЛ, превышающей абсолютную отметку аэродрома на 50 м и более; более 30 и до 75 км от границ аэродромов и на воздушных трассах - при высоте опор 100 м и более.

## **Раздел 3. ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА**

### **Глава 3.1 ЗАЩИТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ**

#### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

3.1.1. Настоящая глава Правил распространяется на защиту электрических сетей до 1 кВ, сооружаемых как внутри, так и вне зданий. Дополнительные требования к защите сетей указанного напряжения, вызванные особенностями различных электроустановок, приведены в других главах Правил.

3.1.2. Аппаратом защиты называется аппарат, автоматически отключающий защищаемую электрическую цепь при ненормальных режимах.

## **ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТАМ ЗАЩИТЫ**

3.1.3. Аппараты защиты по своей отключающей способности должны соответствовать максимальному значению тока КЗ в начале защищаемого участка электрической сети (см. также гл. 1.4).

Допускается установка аппаратов защиты, нестойких к максимальным значениям тока КЗ, а также выбранных по значению одноразовой предельной коммутационной способности, если защищающий их групповой аппарат или ближайший аппарат, расположенный по направлению к источнику питания, обеспечивает мгновенное отключение тока КЗ, для чего необходимо, чтобы ток уставки мгновенно действующего расцепителя (отсечки) указанных аппаратов был меньше тока одноразовой коммутационной способности каждого из группы нестойких аппаратов, и если такое неселективное отключение всей группы аппаратов не грозит аварией, порчей дорогостоящего оборудования и материалов или расстройством сложного технологического процесса.

3.1.4. Номинальные токи плавких вставок предохранителей и токи уставок автоматических выключателей, служащих для защиты отдельных участков сети, во всех случаях следует выбирать по возможности наименьшими по расчетным токам этих участков или по номинальным токам электроприемников, но таким образом, чтобы аппараты защиты не отключали электроустановки при кратковременных перегрузках (пусковые токи, пики технологических нагрузок, токи при самозапуске и т. п.).

3.1.5. В качестве аппаратов защиты должны применяться автоматические выключатели или предохранители. Для обеспечения требований быстродействия, чувствительности или селективности допускается при необходимости применение устройств защиты с использованием выносных реле (реле косвенного действия).

3.1.6. Автоматические выключатели и предохранители пробочного типа должны присоединяться к сети так, чтобы при вывинченной пробке предохранителя (автоматического выключателя) винтовая гильза предохранителя (автоматического выключателя) оставалась без напряжения. При одностороннем питании присоединение питающего проводника (кабеля или провода) к аппарату защиты должно выполняться, как правило, к неподвижным контактам.

3.1.7. Каждый аппарат защиты должен иметь надпись, указывающую значения номинального тока аппарата, уставки расцепителя и номинального тока плавкой вставки, требующиеся для защищаемой им сети. Надписи рекомендуется наносить на аппарате или схеме, расположенной вблизи места установки аппаратов защиты.

## **ВЫБОР ЗАЩИТЫ**

3.1.8. Электрические сети должны иметь защиту от токов короткого замыкания, обеспечивающую по возможности наименьшее время отключения и требования селективности.

Защита должна обеспечивать отключение поврежденного участка при КЗ в конце защищаемой линии: одно-, двух- и трехфазных - в сетях с глухозаземленной нейтралью; двух- и трехфазных - в сетях с изолированной нейтралью.

Надежное отключение поврежденного участка сети обеспечивается, если отношение наименьшего расчетного тока КЗ к номинальному току плавкой вставки предохранителя или расцепителя автоматического выключателя будет не менее значений, приведенных в 1.7.79 и 7.3.139.

3.1.9. В сетях, защищаемых только от токов КЗ (не требующих защиты от перегрузки согласно 3.1.10), за исключением протяженных сетей, например сельских, коммунальных, допускается не выполнять расчетной проверки приведенной в 1.7.79 и 7.3.139 кратности тока КЗ, если обеспечено условие, чтобы по отношению к длительно допустимым токовым нагрузкам проводников, приведенным в таблицах гл. 1.3, аппараты защиты имели кратность не более:

300% для номинального тока плавкой вставки предохранителя;

450% для тока уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенно действующий расцепитель (отсечку);

100% для номинального тока расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратно зависящей от тока характеристикой (независимо от наличия или отсутствия отсечки);

125% для тока трогания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратной зависящей от тока характеристикой; если на этом автоматическом выключателе имеется еще отсечка, то ее кратность тока срабатывания не ограничивается.

Наличие аппаратов защиты с завышенными уставками тока не является обоснованием для увеличения сечения проводников сверх указанных в гл. 1.3.

3.1.10. Сети внутри помещений, выполненные открыто проложенными проводниками с горючей наружной оболочкой или изоляцией, должны быть защищены от перегрузки.

Кроме того, должны быть защищены от перегрузки сети внутри помещений:

осветительные сети в жилых и общественных зданиях, в торговых помещениях, служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, включая сети для бытовых и переносных электроприемников (утюгов, чайников, плиток, комнатных холодильников, пылесосов, стиральных и швейных машин и т. п.), а также в пожароопасных зонах;

силовые сети на промышленных предприятиях, в жилых и общественных зданиях, торговых помещениях - только в случаях, когда по условиям технологического процесса или по режиму работы сети может возникать длительная перегрузка проводников;

сети всех видов во взрывоопасных зонах - согласно требованиям 7.3.94.

3.1.11. В сетях, защищаемых от перегрузок (см. 3.1.10), проводники следует выбирать по расчетному току, при этом должно быть обеспечено условие, чтобы по отношению к длительно допустимым токовым нагрузкам, приведенным в таблицах гл. 1.3, аппараты защиты имели кратность не более:

80% для номинального тока плавкой вставки или тока уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенно действующий расцепитель (отсечку), - для проводников с поливинилхлоридной, резиновой и аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией; для проводников, прокладываемых в невзрывоопасных производственных помещениях промышленных предприятий, допускается 100%;

100% для номинального тока плавкой вставки или тока уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенно действующий расцепитель (отсечку), - для кабелей с бумажной изоляцией;

100% для номинального тока расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратно зависящей от тока характеристикой (независимо от наличия или отсутствия отсечки) - для проводников всех марок;

100% для тока трогания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратно зависящей от тока характеристикой - для проводников с поливинилхлоридной, резиновой и аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией;

125% для тока трогания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратно зависящей от тока характеристикой - для кабелей с бумажной изоляцией и изоляцией из вулканизированного полиэтилена.

3.1.12. Длительно допустимая токовая нагрузка проводников ответвлений к короткозамкнутым электродвигателям должна быть не менее:

100% номинального тока электродвигателя в невзрывоопасных зонах;

125% номинального тока электродвигателя во взрывоопасных зонах.

Соотношения между длительно допустимой нагрузкой проводников к короткозамкнутым электродвигателям и уставками аппаратов защиты в любом случае не должны превышать указанных в 3.1.9 (см. также 7.3.97).

3.1.13. В случаях, когда требуемая допустимая длительная токовая нагрузка проводника, определенная по 3.1.9 и 3.1.11, не совпадает с данными таблиц допустимых нагрузок, приведенных в гл. 1.3, допускается применение проводника ближайшего меньшего сечения, но не менее, чем это требуется по расчетному току.

## МЕСТА УСТАНОВКИ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ

3.1.14. Аппараты защиты следует располагать по возможности в доступных для обслуживания местах таким образом, чтобы была исключена возможность их механических повреждений. Установка их должна быть выполнена так, чтобы при оперировании с ними или при их действии были исключены опасность для обслуживающего персонала и возможность повреждения окружающих предметов.

Аппараты защиты с открытыми токоведущими частями должны быть доступны для обслуживания только квалифицированному персоналу.

3.1.15. Аппараты защиты следует устанавливать, как правило, в местах сети, где сечение проводника уменьшается (по направлению к месту потребления электроэнергии) или где это необходимо для обеспечения чувствительности и селективности защиты (см. также 3.1.16 и 3.1.19).

3.1.16. Аппараты защиты должны устанавливаться непосредственно в местах присоединения защищаемых проводников к питающей линии. Допускается в случаях необходимости принимать длину участка между питающей линией и аппаратом защиты ответвления до 6 м. Проводники на этом участке могут иметь сечение меньше, чем сечение проводников питающей линии, но не менее сечения проводников после аппарата защиты.

Для ответвлений, выполняемых в труднодоступных местах (например, на большой высоте), аппараты защиты допускается устанавливать на расстоянии до 30 м от точки ответвления в удобном для обслуживания месте (например, на вводе в распределительный пункт, в пусковом устройстве электроприемника и др.). При этом сечение проводников ответвления должно быть не менее сечения, определяемого расчетным током, но должно обеспечивать не менее 10% пропускной способности защищенного участка питающей линии. Прокладка проводников ответвлений в указанных случаях (при длинах ответвлений до 6 и до 30 м) должна производиться при горючих наружных оболочке или изоляции проводников - в трубах, металлорукавах, или коробах, в остальных случаях, кроме кабельных сооружений, пожароопасных и взрывоопасных

зон, - открыто на конструкциях при условии их защиты от возможных механических повреждений.

3.1.17. При защите сетей предохранителями последние должны устанавливаться на всех нормально незаземленных полюсах или фазах. Установка предохранителей в нулевых рабочих проводниках запрещается.

3.1.18. При защите сетей с глухозаземленной нейтралью автоматическими выключателями расцепители их должны устанавливаться во всех нормально незаземленных проводниках (см. также 7.3.99).

При защите сетей с изолированной нейтралью в трехпроводных сетях трехфазного тока и двухпроводных сетях однофазного или постоянного тока допускается устанавливать расцепители автоматических выключателей в двух фазах при трехпроводных сетях и в одной фазе (полюсе) при двухпроводных. При этом в пределах одной и той же электроустановки защиту следует осуществлять в одних и тех же фазах (полюсах).

Расцепители в нулевых проводниках допускается устанавливать лишь при условии, что при их срабатывании отключаются от сети одновременно все проводники, находящиеся под напряжением.

3.1.19. Аппараты защиты допускается не устанавливать, если это целесообразно по условиям эксплуатации, в местах:

1) ответвления проводников от шин щита к аппаратам, установленным на том же щите; при этом проводники должны выбираться по расчетному току ответвления;

2) снижения сечения питающей линии по ее длине и на ответвлениях от нее, если защита предыдущего участка линии защищает участок со сниженным сечением проводников или если незащищенные участки линии или ответвления от нее выполнены проводниками, выбранными с сечением не менее половины сечения проводников защищенного участка линии;

3) ответвления от питающей линии к электроприемникам малой мощности, если питающая их линия защищена аппаратом с уставкой не более 25 А для силовых электроприемников и бытовых электроприборов, а для светильников - согласно 6.2.2;

4) ответвления от питающей линии проводников цепей измерений, управления и сигнализации, если эти проводники не выходят за пределы соответствующих машин или щита или если эти проводники выходят за их пределы, но электропроводка выполнена в трубах или имеет негорючую оболочку.

Не допускается устанавливать аппараты защиты в местах присоединения к питающей линии таких цепей управления, сигнализации и измерения, отключение которых может повлечь за собой опасные последствия (отключение пожарных насосов, вентиляторов, предотвращающих образование взрывоопасных смесей, некоторых механизмов собственных нужд электростанций и т. п.). Во всех случаях такие цепи должны выполняться проводниками в трубах или иметь негорючую оболочку. Сечение этих цепей должно быть не менее приведенных в 3.4.4.

## **Глава 3.2. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА**

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

3.2.1. Настоящая глава Правил распространяется на устройства релейной защиты элементов электрической части энергосистем, промышленных и других электроустановок выше 1 кВ;

генераторов, трансформаторов (автотрансформаторов), блоков генератор - трансформатор, линий электропередачи, шин и синхронных компенсаторов.

Защита всех электроустановок выше 500 кВ, кабельных линий выше 35 кВ, а также электроустановок атомных электростанций и передач постоянного тока в настоящей главе Правил не рассматривается.

Требования к защите электрических сетей до 1 кВ, электродвигателей, конденсаторных установок, электротермических установок см. соответственно в гл. 3.1, 5.3, 5.6 и 7.5.

Устройства релейной защиты элементов электроустановок, не рассмотренные в этой и других главах, должны выполняться в соответствии с общими требованиями настоящей главы.

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

3.2.2. Электроустановки должны быть оборудованы устройствами релейной защиты, предназначенными для:

а) автоматического отключения поврежденного элемента от остальной, неповрежденной части электрической системы (электроустановки) с помощью выключателей; если повреждение (например, замыкание на землю в сетях с изолированной нейтралью) непосредственно не нарушает работу электрической системы, допускается действие релейной защиты только на сигнал.

б) реагирования на опасные, ненормальные режимы работы элементов электрической системы (например, перегрузку, повышение напряжения в обмотке статора гидрогенератора); в зависимости от режима работы и условий эксплуатации электроустановки релейная защита должна быть выполнена с действием на сигнал или на отключение тех элементов, оставление которых в работе может привести к возникновению повреждения.

3.2.3. С целью удешевления электроустановок вместо автоматических выключателей и релейной защиты следует применять предохранители или открытые плавкие вставки, если они:

могут быть выбраны с требуемыми параметрами (номинальное напряжение и ток, номинальный ток отключения и др.);

обеспечивают требуемые селективность и чувствительность;

не препятствуют применению автоматики (автоматическое повторное включение - АПВ, автоматическое включение резерва - АВР и т. п.), необходимой по условиям работы электроустановки.

При использовании предохранителей или открытых плавких вставок в зависимости от уровня несимметрии в неполнофазном режиме и характера питаемой нагрузки следует рассматривать необходимость установки на приемной подстанции защиты от неполнофазного режима.

3.2.4. Устройства релейной защиты должны обеспечивать наименьшее возможное время отключения КЗ в целях сохранения бесперебойной работы неповрежденной части системы (устойчивая работа электрической системы и электроустановок потребителей, обеспечение возможности восстановления нормальной работы путем успешного действия АПВ и АВР, самозапуска электродвигателей, втягивания в синхронизм и пр.) и ограничения области и степени повреждения элемента.

3.2.5. Релейная защита, действующая на отключение, как правило, должна обеспечивать селективность действия, с тем, чтобы при повреждении какого-либо элемента электроустановки отключался только этот поврежденный элемент.

Допускается неселективное действие защиты (исправляемое последующим действием АПВ или АВР):

а) для обеспечения, если это необходимо, ускорения отключения КЗ (см. 3.2.4);

б) при использовании упрощенных главных электрических схем с отделителями в цепях линий или трансформаторов, отключающими поврежденный элемент в бестоковую паузу.

3.2.6. Устройства релейной защиты с выдержками времени, обеспечивающими селективность действия, допускается выполнять, если: при отключении КЗ с выдержками времени обеспечивается выполнение требований 3.2.4; защита действует в качестве резервной (см. 3.2.15).

3.2.7. Надежность функционирования релейной защиты (срабатывание при появлении условий на срабатывание и несрабатывание при их отсутствии) должна быть обеспечена применением устройств, которые по своим параметрам и исполнению соответствуют назначению, а также надлежащим обслуживанием этих устройств.

При необходимости следует использовать специальные меры повышения надежности функционирования, в частности схемное резервирование, непрерывный или периодический контроль состояния и др. Должна также учитываться вероятность ошибочных действий обслуживающего персонала при выполнении необходимых операций с релейной защитой.

3.2.8. При наличии релейной защиты, имеющей цепи напряжения, следует предусматривать устройства:

автоматически выводящие защиту из действия при отключении автоматических выключателей, перегорании предохранителей и других нарушениях цепей напряжения (если эти нарушения могут привести к ложному срабатыванию защиты в нормальном режиме), а также сигнализирующие о нарушениях этих цепей;

сигнализирующие о нарушениях цепей напряжения, если эти нарушения не приводят к ложному срабатыванию защиты в условиях нормального режима, но могут привести к излишнему срабатыванию в других условиях (например, при КЗ вне защищаемой зоны).

3.2.9. При установке быстродействующей релейной защиты на линиях электропередачи с трубчатыми разрядниками должна быть предусмотрена отстройка ее от работы разрядников, для чего:

наименьшее время срабатывания релейной защиты до момента подачи сигнала на отключение должно быть больше времени однократного срабатывания разрядников, а именно около 0,06-0,08 с;

пусковые органы защиты, срабатывающие от импульса тока разрядников, должны иметь возможно меньшее время возврата (около 0,01 с от момента исчезновения импульса).

3.2.10. Для релейных защит с выдержками времени в каждом конкретном случае следует рассматривать целесообразность обеспечения действия защиты от начального значения тока или сопротивления при КЗ для исключения отказов срабатывания защиты (из-за затухания токов КЗ во времени, в результате возникновения качаний, появления дуги в месте повреждения и др.).

3.2.11. Защиты в электрических сетях 110 кВ и выше должны иметь устройства, блокирующие их действие при качаниях или асинхронном ходе, если в указанных сетях возможны такие качания или асинхронный ход, при которых защиты могут срабатывать излишне.

Допускается применение аналогичных устройств и для линий ниже 110 кВ, связывающих между собой источники питания (исходя из вероятности возникновения качаний или асинхронного хода и возможных последствий излишних отключений).

Допускается выполнение защиты без блокировки при качаниях, если защита отстроена от качаний по времени (выдержка времени защиты - около 1,5-2 с).

3.2.12. Действие релейной защиты должно фиксироваться указательными реле, встроенными в реле указателями срабатывания, счетчиками числа срабатываний или другими устройствами в той степени, в какой это необходимо для учета и анализа работы защит.

3.2.13. Устройства, фиксирующие действие релейной защиты на отключение, следует устанавливать так, чтобы сигнализировалось действие каждой защиты, а при сложной защите - отдельных ее частей (разные ступени защиты, отдельные комплекты защит от разных видов повреждения и т. п.).

3.2.14. На каждом из элементов электроустановки должна быть предусмотрена основная защита, предназначенная для ее действия при повреждениях в пределах всего защищаемого элемента с временем, меньшим, чем у других установленных на этом элементе защит.

3.2.15. Для действия при отказах защит или выключателей смежных элементов следует предусматривать резервную защиту, предназначенную для обеспечения дальнего резервного действия.

Если основная защита элемента обладает абсолютной селективностью (например, высокочастотная защита, продольная и поперечная дифференциальные защиты), то на данном элементе должна быть установлена резервная защита, выполняющая функции не только дальнего, но и ближнего резервирования, т. е. действующая при отказе основной защиты данного элемента или выведении ее из работы. Например, если в качестве основной защиты от замыканий между фазами применена дифференциально-фазная защита, то в качестве резервной может быть применена трехступенчатая дистанционная защита.

Если основная защита линии 110 кВ и выше обладает относительной селективностью (например, ступенчатые защиты с выдержками времени), то:

отдельную резервную защиту допускается не предусматривать при условии, что дальнее резервное действие защит смежных элементов при КЗ на этой линии обеспечивается;

должны предусматриваться меры по обеспечению ближнего резервирования, если дальнее резервирование при КЗ на этой линии не обеспечивается.

3.2.16. Для линии электропередачи 35 кВ и выше с целью повышения надежности отключения повреждения в начале линии может быть предусмотрена в качестве дополнительной защиты токовая отсечка без выдержки времени при условии выполнения требований 3.2.26.

3.2.17. Если полное обеспечение дальнего резервирования связано со значительным усложнением защиты или технически невозможно, допускается:

1) не резервировать отключения КЗ за трансформаторами, на реактированных линиях, линиях 110 кВ и выше при наличии ближнего резервирования, в конце длинного смежного участка линии 6-35 кВ;

2) иметь дальнее резервирование только при наиболее часто встречающихся видах повреждений, без учета редких режимов работы и при учете каскадного действия защиты;

3) предусматривать неселективное действие защиты при КЗ на смежных элементах (при дальнем резервном действии) с возможностью обесточения в отдельных случаях подстанций; при этом следует по возможности обеспечивать исправление этих неселективных отключений действием АПВ или АВР.

3.2.18. Устройства резервирования при отказе выключателей (УРОВ) должны предусматриваться в электроустановках 110-500 кВ. Допускается не предусматривать УРОВ в электроустановках 110-220 кВ при соблюдении следующих условий:

1) обеспечиваются требуемая чувствительность и допустимые по условиям устойчивости времени отключения от устройств дальнего резервирования;



2) при действии резервных защит нет потери дополнительных элементов из-за отключения выключателей, непосредственно не примыкающих к отказавшему выключателю (например, отсутствуют секционированные шины, линии с ответвлением).

На электростанциях с генераторами, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток статоров, для предотвращения повреждений генераторов при отказах выключателей 110-500 кВ следует предусматривать УРОВ независимо от прочих условий.

При отказе одного из выключателей поврежденного элемента (линия, трансформатор, шины) электроустановки УРОВ должно действовать на отключение выключателей, смежных с отказавшим.

Если защиты присоединены к выносным трансформаторам тока, то УРОВ должно действовать и при КЗ в зоне между этими трансформаторами тока и выключателем.

Допускается применение упрощенных УРОВ, действующих при КЗ с отказами выключателей не на всех элементах (например, только при КЗ на линиях); при напряжении 35-220 кВ, кроме того, допускается применение устройств, действующих лишь на отключение шиносоединительного (секционного) выключателя.

При недостаточной эффективности дальнего резервирования следует рассматривать необходимость повышения надежности ближнего резервирования в дополнение к УРОВ.

3.2.19. При выполнении резервной защиты в виде отдельного комплекта ее следует осуществлять, как правило, так, чтобы была обеспечена возможность раздельной проверки или ремонта основной или резервной защиты при работающем элементе. При этом основная и резервная защиты должны питаться, как правило, от разных вторичных обмоток трансформаторов тока.

Питание основных и резервных защит линий электропередачи 220 кВ и выше должно осуществляться, как правило, от разных автоматических выключателей оперативного постоянного тока.

3.2.20. Оценка чувствительности основных типов релейных защит должна производиться при помощи коэффициента чувствительности, определяемого:

для защит, реагирующих на величины, возрастающие в условиях повреждений, - как отношение расчетных значений этих величин (например, тока, или напряжения) при металлическом КЗ в пределах защищаемой зоны к параметрам срабатывания защит;

для защит, реагирующих на величины, уменьшающиеся в условиях повреждений, - как отношение параметров срабатывания к расчетным значениям этих величин (например, напряжения или сопротивления) при металлическом КЗ в пределах защищаемой зоны.

Расчетные значения величин должны устанавливаться, исходя из наиболее неблагоприятных видов повреждения, но для реально возможного режима работы электрической системы.

3.2.21. При оценке чувствительности основных защит необходимо исходить из того, что должны обеспечиваться следующие наименьшие коэффициенты их чувствительности:

1. Максимальные токовые защиты с пуском и без пуска напряжения, направленные и ненаправленные, а также токовые одноступенчатые направленные и ненаправленные защиты, включенные на составляющие обратной или нулевой последовательностей:

для органов тока и напряжения - около 1,5;

для органов направления мощности обратной и нулевой последовательности - около 2,0 по мощности и около 1,5 по току и напряжению;

для органа направления мощности, включенного на полные ток и напряжение, не нормируется по мощности и около 1,5 по току.

Для максимальных токовых защит трансформаторов с низшим напряжением 0,23-0,4 кВ наименьший коэффициент чувствительности может быть около 1,5.

2. Ступенчатые защиты тока или тока и напряжения, направленные и ненаправленные, включенные на полные токи и напряжения или на составляющие нулевой последовательности:

для органов тока и напряжения ступени защиты, предназначенной для действия при КЗ в конце защищаемого участка, без учета резервного действия - около 1,5, а при наличии надежно действующей селективной резервной ступени - около 1,3; при наличии на противоположном конце линии отдельной защиты шин соответствующие коэффициенты чувствительности (около 1,5 и около 1,3) для ступени защиты нулевой последовательности допускается обеспечивать в режиме каскадного отключения;

для органов направления мощности нулевой и обратной последовательности - около 2,0 по мощности и около 1,5 по току и напряжению;

для органа направления мощности, включенного на полные ток и напряжение, не нормируется по мощности и около 1,5 по току.

3. Дистанционные защиты от многофазных КЗ:

для пускового органа любого типа и дистанционного органа третьей ступени - около 1,5;

для дистанционного органа второй ступени, предназначенного для действия при КЗ в конце защищаемого участка, без учета резервного действия - около 1,5, а при наличии третьей ступени защиты - около 1,25; для указанного органа чувствительность по току должна быть около 1,3 (по отношению к току точной работы) при повреждении в той же точке.

4. Продольные дифференциальные защиты генераторов, трансформаторов, линий и других элементов, а также полная дифференциальная защита шин - около 2,0; для токового пускового органа неполной дифференциальной дистанционной защиты шин генераторного напряжения чувствительность должна быть около 2,0, а для первой ступени неполной дифференциальной токовой защиты шин генераторного напряжения, выполненной в виде отсечки, - около 1,5 (при КЗ на шинах).

Для дифференциальной защиты генераторов и трансформаторов чувствительность следует проверять при КЗ на выводах. При этом вне зависимости от значений коэффициента чувствительности для гидрогенераторов и турбогенераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток ток срабатывания защиты следует принимать менее номинального тока генератора (см. 3.2.36). Для автотрансформаторов и повышающих трансформаторов мощностью 63 МВ·А и более ток срабатывания без учета торможения рекомендуется принимать менее номинального (для автотрансформаторов - менее тока, соответствующего типовой мощности). Для остальных трансформаторов мощностью 25 МВ·А и более ток срабатывания без учета торможения рекомендуется принимать не более 1,5 номинального тока трансформатора.

Допускается снижение коэффициента чувствительности для дифференциальной защиты трансформатора или блока генератор - трансформатор до значения около 1,5 в следующих случаях (в которых обеспечение коэффициента чувствительности около 2,0 связано со значительным усложнением защиты или технически невозможно):

при КЗ на выводах низшего напряжения понижающих трансформаторов мощностью менее 80 МВ·А (определяется с учетом регулирования напряжения);

в режиме включения трансформатора под напряжение, а также для кратковременных режимов его работы (например, при отключении одной из питающих сторон).

Для режима подачи напряжения на поврежденные шины включением одного из питающих элементов допускается снижение коэффициента чувствительности для дифференциальной защиты шин до значения около 1,5.

Указанный коэффициент 1,5 относится также к дифференциальной защите трансформатора при КЗ за реактором, установленным на стороне низшего напряжения трансформатора и входящим в зону его дифференциальной защиты. При наличии других защит, охватывающих реактор и удовлетворяющих требованиям чувствительности при КЗ за реактором, чувствительность дифференциальной защиты трансформатора при КЗ в этой точке допускается не обеспечивать.

#### 5. Поперечные дифференциальные направленные защиты параллельных линий:

для реле тока и реле напряжения пускового органа комплектов защиты от междуфазных КЗ и замыканий на землю - около 2,0 при включенных выключателях с обеих сторон поврежденной линии (в точке одинаковой чувствительности) и около 1,5 при отключенном выключателе с противоположной стороны поврежденной линии;

для органа направления мощности нулевой последовательности - около 4,0 по мощности и около 2,0 по току и напряжению при включенных выключателях с обеих сторон и около 2,0 по мощности и около 1,5 по току и напряжению при отключенном выключателе с противоположной стороны;

для органа направления мощности, включенного на полные ток и напряжение, по мощности не нормируется, а по току - около 2,0 при включенных выключателях с обеих сторон и около 1,5 при отключенном выключателе с противоположной стороны.

#### 6. Направленные защиты с высокочастотной блокировкой:

для органа направления мощности обратной или нулевой последовательности, контролирующего цепь отключения, - около 3,0 по мощности, около 2,0 по току и напряжению;

для пусковых органов, контролирующих цепь отключения, - около 2,0 по току и напряжению, около 1,5 по сопротивлению.

#### 7. Дифференциально-фазные высокочастотные защиты:

для пусковых органов, контролирующих цепь отключения, - около 2,0 по току и напряжению, около 1,5 по сопротивлению.

8. Токковые отсечки без выдержки времени, устанавливаемые на генераторах мощностью до 1 МВт и трансформаторах, при КЗ в месте установки защиты - около 2,0.

9. Защиты от замыканий на землю на кабельных линиях в сетях с изолированной нейтралью (действующие на сигнал или на отключение):

для защит, реагирующих на токи основной частоты, - около 1,25;

для защит, реагирующих на токи повышенных частот, - около 1,5.

10. Защиты от замыканий на землю на ВЛ в сетях с изолированной нейтралью, действующие на сигнал или на отключение, - около 1,5.

3.2.22. При определении коэффициентов чувствительности, указанных в 3.2.21, п. 1, 2, 5 и 7, необходимо учитывать следующее:

1. Чувствительность по мощности индукционного реле направления мощности проверяется только при включении его на составляющие токов и напряжений обратной и нулевой последовательностей.

2. Чувствительность реле направления мощности, выполненного по схеме сравнения (абсолютных значений или фаз), проверяется: при включении на полные ток и напряжение - по току; при включении на составляющие токов и напряжений обратной и нулевой последовательностей - по току и напряжению.

3.2.23. Для генераторов, работающих на сборные шины, чувствительность токовой защиты от замыканий на землю в обмотке статора, действующей на отключение, определяется ее током срабатывания, который должен быть не более 5 А. Допускается как исключение увеличение тока срабатывания до 5,5 А.

Для генераторов, работающих в блоке с трансформатором, коэффициент чувствительности защиты от однофазных замыканий на землю, охватывающей всю обмотку статора, должен быть не менее 2,0; для защиты напряжения нулевой последовательности, охватывающей не всю обмотку статора, напряжение срабатывания должно быть не более 15 В.

3.2.24. Чувствительность защит на переменном оперативном токе, выполняемых по схеме с дешунтированием электромагнитов отключения, следует проверять с учетом действительной токовой погрешности трансформаторов тока после дешунтирования. При этом минимальное значение коэффициента чувствительности электромагнитов отключения, определяемое для условия их надежного срабатывания, должно быть приблизительно на 20% больше принимаемого для соответствующих защит (см. 3.2.21).

3.2.25. Наименьшие коэффициенты чувствительности для резервных защит при КЗ в конце смежного элемента или наиболее удаленного из нескольких последовательных элементов, входящих в зону резервирования, должны быть (см. также 3.2.17):

для органов тока, напряжения, сопротивления - 1,2;

для органов направления мощности обратной и нулевой последовательностей - 1,4 по мощности и 1,2 по току и напряжению;

для органа направления мощности, включенного на полные ток и напряжение, не нормируется по мощности и 1,2 по току.

При оценке чувствительности ступеней резервных защит, осуществляющих ближнее резервирование (см. 3.2.15), следует исходить из коэффициентов чувствительности, приведенных в 3.2.21 для соответствующих защит.

3.2.26. Для токовых отсечек без выдержки времени, устанавливаемых на линиях и выполняющих функции дополнительных защит, коэффициент чувствительности должен быть около 1,2 при КЗ в месте установки защиты в наиболее благоприятном по условию чувствительности режиме.

3.2.27. Если действие защиты последующего элемента возможно из-за отказа вследствие недостаточной чувствительности защиты предыдущего элемента, то чувствительности этих защит необходимо согласовывать между собой.

Допускается не согласовывать между собой ступени этих защит, предназначенные для дальнего резервирования, если неотключение КЗ вследствие недостаточной чувствительности защиты последующего элемента (например, защиты обратной последовательности генераторов, автотрансформаторов) может привести к тяжелым последствиям.

3.2.28. В сетях с глухозаземленной нейтралью должен быть выбран исходя из условий релейной защиты такой режим заземления нейтралей силовых трансформаторов (т. е. размещение трансформаторов с заземленной нейтралью), при котором значения токов и напряжений при замыканиях на землю обеспечивают действие релейной защиты элементов сети при всех возможных режимах эксплуатации электрической системы.

Для повышающих трансформаторов и трансформаторов с двух- и трехсторонним питанием (или существенной подпиткой от синхронных электродвигателей или синхронных

компенсаторов), имеющих неполную изоляцию обмотки со стороны вывода нейтрали, как правило, должно быть исключено возникновение недопустимого для них режима работы с изолированной нейтралью на выделившиеся шины или участок сети 110-220 кВ с замыканием на землю одной фазы (см. 3.2.63).

3.2.29. Трансформаторы тока, предназначенные для питания токовых цепей устройств релейной защиты от КЗ, должны удовлетворять следующим требованиям:

1. В целях предотвращения излишних срабатываний защиты при КЗ вне защищаемой зоны погрешность (полная или токовая) трансформаторов тока, как правило, не должна превышать 10%. Более высокие погрешности допускаются при использовании защит (например, дифференциальная защита шин с торможением), правильное действие которых при повышенных погрешностях обеспечивается с помощью специальных мероприятий. Указанные требования должны соблюдаться:

для ступенчатых защит - при КЗ в конце зоны действия ступени защиты, а для направленных ступенчатых защит - также и при внешнем КЗ;

для остальных защит - при внешнем КЗ.

Для дифференциальных токовых защит (шин, трансформаторов, генераторов и т. п.) должна быть учтена полная погрешность, для остальных защит - токовая погрешность, а при включении последних на сумму токов двух или более трансформаторов тока и режиме внешних КЗ - полная погрешность.

При расчетах допустимых нагрузок на трансформаторы тока допускается в качестве исходной принимать полную погрешность.

2. Токовая погрешность трансформаторов тока в целях предотвращения отказов защиты при КЗ в начале защищаемой зоны не должна превышать:

по условиям повышенной вибрации контактов реле направления мощности или реле тока - значений, допустимых для выбранного типа реле;

по условиям предельно допустимой для реле направления мощности и направленных реле сопротивлений угловой погрешности - 50%.

3. Напряжение на выводах вторичной обмотки трансформаторов тока при КЗ в защищаемой зоне не должно превышать значения, допустимого для устройства РЗА.

3.2.30. Токовые цепи электроизмерительных приборов (совместно со счетчиками) и релейной защиты должны быть присоединены, как правило, к разным обмоткам трансформаторов тока.

Допускается их присоединение к одной обмотке трансформаторов тока при условии выполнения требований 1.5.18 и 3.2.29. При этом в цепи защит, которые по принципу действия могут работать неправильно при нарушении токовых цепей, включение электроизмерительных приборов допускается только через промежуточные трансформаторы тока и при условии, что трансформаторы тока удовлетворяют требованиям 3.2.29 при разомкнутой вторичной цепи промежуточных трансформаторов тока.

3.2.31. Защиту с применением реле прямого действия, как первичных, так и вторичных, и защиты на переменном оперативном токе рекомендуется применять, если это возможно и ведет к упрощению и удешевлению электроустановки.

3.2.32. В качестве источника переменного оперативного тока для защит от КЗ, как правило, следует использовать трансформаторы тока защищаемого элемента. Допускается также использование трансформаторов напряжения или трансформаторов собственных нужд.

В зависимости от конкретных условий должна быть применена одна из следующих схем: с дешунтированием электромагнитов отключения выключателей, с использованием блоков питания, с использованием зарядных устройств с конденсатором.

3.2.33. Устройства релейной защиты, выводимые из работы по условиям режима сети, селективности действия или по другим причинам, должны иметь специальные приспособления для вывода их из работы оперативным персоналом.

Для обеспечения эксплуатационных проверок и испытаний в схемах защит следует предусматривать, где это необходимо, испытательные блоки или измерительные зажимы.

### **ЗАЩИТА ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ, РАБОТАЮЩИХ НЕПОСРЕДСТВЕННО НА СБОРНЫЕ ШИНЫ ГЕНЕРАТОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Требованиями, приведенными в 3.2.34-3.2.50, можно руководствоваться и для других генераторов.

3.2.34. Для турбогенераторов выше 1 кВ мощностью более 1 МВт, работающих непосредственно на сборные шины генераторного напряжения, должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и нарушений нормального режима работы:

- 1) многофазных замыканий в обмотке статора генератора и на его выводах;
- 2) однофазных замыканий на землю в обмотке статора;
- 3) двойных замыканий на землю, одно из которых возникло в обмотке статора, а второе - во внешней сети;
- 4) замыканий между витками одной фазы в обмотке статора (при наличии выведенных параллельных ветвей обмотки);
- 5) внешних КЗ;
- 6) перегрузки токами обратной последовательности (для генераторов мощностью более 30 МВт);
- 7) симметричной перегрузки обмотки статора;
- 8) перегрузки обмотки ротора током возбуждения (для генераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток);
- 9) замыкания на землю во второй точке цепи возбуждения;
- 10) асинхронного режима с потерей возбуждения (в соответствии с 3.2.49).

3.2.35. Для турбогенераторов выше 1 кВ мощностью 1 МВт и менее, работающих непосредственно на сборные шины генераторного напряжения, следует предусматривать устройство релейной защиты в соответствии с 3.2.34, п. 1-3, 5, 7.

Для турбогенераторов до 1 кВ мощностью до 1 МВт, работающих непосредственно на сборные шины генераторного напряжения, защиту рекомендуется выполнять в соответствии с 3.2.50.

3.2.36. Для защиты от многофазных замыканий в обмотке статора турбогенераторов выше 1 кВ мощностью более 1 МВт, имеющих выводы отдельных фаз со стороны нейтрали, должна быть

предусмотрена продольная дифференциальная токовая защита (исключение см. в 3.2.27). Защита должна действовать на отключение всех выключателей генератора, на гашение поля, а также на останов турбины.

В зону действия защиты кроме генератора должны входить соединения генератора со сборными шинами электростанции (до выключателя).

Продольная дифференциальная токовая защита должна быть выполнена с током срабатывания не более  $0,6 I_{ном}$ .

Для генераторов мощностью до 30 МВт с косвенным охлаждением допускается выполнять защиту с током срабатывания  $1,3-1,4 I_{ном}$ .

Контроль неисправности токовых цепей защиты следует предусматривать при токе срабатывания защиты более  $I_{ном}$ .

Продольная дифференциальная токовая защита должна быть осуществлена с отстройкой от переходных значений токов небаланса (например, реле с насыщающимися трансформаторами тока).

Защиту следует выполнять трехфазной трехрелейной. Для генераторов мощностью до 30 МВт защиту допускается выполнять двухфазной двухрелейной при наличии защиты от двойных замыканий на землю.

3.2.37. Для защиты от многофазных замыканий в обмотке статора генераторов выше 1 кВ мощностью до 1 МВт, работающих параллельно с другими генераторами или электроэнергетической системой, должна быть предусмотрена токовая отсечка без выдержки времени, устанавливаемая со стороны выводов генератора к сборным шинам. Если токовая отсечка не удовлетворяет требованиям чувствительности, вместо нее допускается устанавливать продольную дифференциальную токовую защиту.

Применение токовой отсечки взамен дифференциальной защиты допускается и для генераторов большей мощности, не имеющих выводов фаз со стороны нейтрали.

Для одиночно работающих генераторов выше 1 кВ мощностью до 1 МВт в качестве защиты от многофазных замыканий в обмотке статора следует использовать защиту от внешних КЗ (см. 3.2.44). Защита должна действовать на отключение всех выключателей генератора и гашение его поля.

3.2.38. Для защиты генераторов выше 1 кВ от однофазных замыканий на землю в обмотке статора при естественном емкостном токе замыкания на землю 5 А и более (независимо от наличия или отсутствия компенсации) должна быть предусмотрена токовая защита, реагирующая на полный ток замыкания на землю или на его составляющие высших гармоник. При необходимости для ее включения могут быть установлены трансформаторы тока нулевой последовательности непосредственно у выводов генератора. Применение защиты рекомендуется и при емкостном токе замыкания на землю менее 5 А. Защита должна быть отстроена от переходных процессов и действовать, как в 3.2.36 или 3.2.37.

Когда защита от замыканий на землю не устанавливается (так как при емкостном токе замыкания на землю менее 5 А она нечувствительна) или не действует (например, при компенсации емкостного тока в сети генераторного напряжения), в качестве защиты генератора от замыканий на землю может использоваться установленное на шинах и действующее на сигнал устройство контроля изоляции.

3.2.39. При установке на генераторах трансформатора тока нулевой последовательности для защиты от однофазных замыканий на землю должна быть предусмотрена токовая защита от двойных замыканий на землю, присоединяемая к этому трансформатору тока.

Для повышения надежности действия при больших значениях тока следует применять реле с насыщающимся трансформатором тока. Эта защита должна быть выполнена без выдержки времени и действовать как защита, указанная в 3.2.36 или 3.2.37.

3.2.40. Для защиты от замыканий между витками одной фазы в обмотке статора генератора с выведенными параллельными ветвями должна предусматриваться односистемная поперечная дифференциальная токовая защита без выдержки времени, действующая как защита, указанная в 3.2.36.

3.2.41. Для защиты генераторов мощностью более 30 МВт от токов, обусловленных внешними несимметричными КЗ, а также от перегрузки током обратной последовательности следует предусматривать токовую защиту обратной последовательности, действующую на отключение с двумя выдержками времени (см. 3.2.45).

Для генераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток защиту следует выполнять со ступенчатой или зависимой характеристикой выдержки времени. При этом ступенчатая и зависимая характеристики при вторых (более высоких) выдержках времени не должны быть выше характеристики допустимых перегрузок генератора током обратной последовательности.

Для генераторов с косвенным охлаждением проводников обмоток защиту следует выполнять с независимой выдержкой времени с током срабатывания не более допустимого для генератора при прохождении по нему тока обратной последовательности в течение 2 мин; меньшая выдержка времени защиты не должна превышать допустимой длительности двухфазного КЗ на выводах генератора.

Токовая защита обратной последовательности, действующая на отключение, должна быть дополнена более чувствительным элементом, действующим на сигнал с независимой выдержкой времени. Ток срабатывания этого элемента должен быть не более длительно допустимого тока обратной последовательности для данного типа генератора.

3.2.42. Для защиты генераторов мощностью более 30 МВт от внешних симметричных КЗ должна быть предусмотрена максимальная токовая защита с минимальным пуском напряжения, выполняемая одним реле тока, включенным на фазный ток, и одним минимальным реле напряжения, включенным на междуфазное напряжение. Ток срабатывания защиты должен быть около  $1,3-1,5 I_{ном}$ , а напряжением срабатывания - около  $0,5-0, U_{ном}$ .

На генераторах с непосредственным охлаждением проводников обмоток вместо указанной защиты может быть установлена однорелейная дистанционная защита.

3.2.43. Для защиты генераторов мощностью более 1 МВт до 30 МВт от внешних КЗ следует применять максимальную токовую защиту с комбинированным пуском напряжения, выполненным с одним минимальным реле напряжения, включенным на междуфазное напряжение, и одним устройством фильтр-реле напряжения обратной последовательности, разрывающим цепь минимального реле напряжения.

Ток срабатывания защиты и напряжение срабатывания минимального органа напряжения следует принимать равными указанным в 3.2.42, напряжением срабатывания устройства фильтр-реле напряжения обратной последовательности -  $0,1-0,12 U_{ном}$ .

3.2.44. Для генераторов выше 1 кВ мощностью до 1 МВт в качестве защиты от внешних КЗ должна быть применена максимальная токовая защита, присоединяемая к трансформаторам тока со стороны нейтрали. Уставку защиты следует выбирать по току нагрузки с необходимым запасом. Допускается также применение упрощенной минимальной защиты напряжения (без реле тока).

3.2.45. Защита генераторов мощностью более 1 МВт от токов, обусловленных внешними КЗ, должна быть выполнена с соблюдением следующих требований:



1. Защиту следует присоединять к трансформаторам тока, установленным на выводах генератора со стороны нейтрали.

2. При наличии секционирования шин генераторного напряжения защиту следует выполнять с двумя выдержками времени: с меньшей выдержкой - на отключение соответствующих секционных и шиносоединительных выключателей, с большей - на отключение выключателя генератора и гашение поля.

3.2.46. На генераторах с непосредственным охлаждением проводников обмоток должна быть предусмотрена защита ротора от перегрузки при работе генератора как с основным, так и с резервным возбуждением. Защиту следует выполнять с независимой или зависимой от тока выдержкой времени и реагирующей на повышение напряжения или тока в обмотке ротора. Защита должна действовать на отключение выключателя генератора и гашение поля. С меньшей выдержкой времени от защиты должна производиться разгрузка ротора.

3.2.47. Защита генератора от токов, обусловленных симметричной перегрузкой, должна быть выполнена в виде максимальной токовой защиты, действующей на сигнал с выдержкой времени и использующей ток одной фазы статора.

Для разгрузки и при необходимости для автоматического отключения генератора с непосредственным охлаждением проводников обмоток при симметричных перегрузках допускается использовать защиту ротора, выполняемую согласно 3.2.46 и реагирующую на перегрузки ротора, сопровождающие симметричные перегрузки турбогенераторов.

3.2.48. Защита от замыканий на землю во второй точке цепи возбуждения турбогенераторов должна быть предусмотрена в одном комплекте на несколько (но не более трех) генераторов с близкими параметрами цепей возбуждения. Защита должна включаться в работу только при появлении замыкания на землю в одной точке цепи возбуждения, выявляемого при периодическом контроле изоляции (см. гл. 1.6). Защита должна действовать на отключение выключателя генератора и гашение поля на генераторах с непосредственным охлаждением проводников обмоток и на сигнал или на отключение на генераторах с косвенным охлаждением.

3.2.49. На турбогенераторах с непосредственным охлаждением проводников обмоток рекомендуется устанавливать устройства защиты от асинхронного режима с потерей возбуждения. Допускается вместо этого предусматривать автоматическое выявление асинхронного режима только по положению устройств автоматического гашения поля. При действии указанных устройств защиты или при отключении АГП на генераторах, допускающих асинхронный режим, должен подаваться сигнал о потере возбуждения.

Генераторы, не допускающие асинхронного режима, а в условиях дефицита реактивной мощности в системе и остальные генераторы, потерявшие возбуждение, должны отключаться от сети при действии указанных устройств (защиты или автоматического гашения поля).

3.2.50. Защиту генераторов до 1 кВ мощностью до 1 МВт с незаземленной нейтралью от всех видов повреждений и ненормальных режимов работы следует осуществлять установкой на выводах автоматического выключателя с максимальными расцепителями или выключателя с максимальной токовой защитой в двухфазном исполнении. При наличии выводов со стороны нейтрали указанную защиту, если возможно, следует присоединять к трансформаторам тока, установленным на этих выводах.

Для указанных генераторов с глухозаземленной нейтралью эта защита должна быть предусмотрена в трехфазном исполнении.

## **ЗАЩИТА ТРАНСФОРМАТОРОВ (АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ) С ОБМОТКОЙ ВЫСШЕГО НАПРЯЖЕНИЯ 3 кВ И ВЫШЕ И ШУНТИРУЮЩИХ РЕАКТОРОВ 500 кВ**

3.2.51. Для трансформаторов<sup>1</sup> должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

<sup>1</sup> Здесь и далее в разд. 3 термин "трансформаторы" распространяется и на автотрансформаторы (соответствующих напряжений и мощностей), если в тексте не делается специальной оговорки.

- 1) многофазных замыканий в обмотках и на выводах;
- 2) однофазных замыканий на землю в обмотке и на выводах, присоединенных к сети с глухозаземленной нейтралью;
- 3) витковых замыканий в обмотках;
- 4) токов в обмотках, обусловленных внешними КЗ;
- 5) токов в обмотках, обусловленных перегрузкой;
- 6) понижения уровня масла;
- 7) частичного пробоя изоляции вводов 500 кВ;
- 8) однофазных замыканий на землю в сетях 3-10 кВ с изолированной нейтралью, если трансформатор питает сеть, в которой отключение однофазных замыканий на землю необходимо по требованиям безопасности (см. 3.2.96).

Рекомендуется, кроме того, применение защиты от однофазных замыканий на землю на стороне 6-35 кВ автотрансформаторов с высшим напряжением 220 кВ и выше.

3.2.52. Для шунтирующих реакторов 500 кВ следует предусматривать устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

- 1) однофазных и двухфазных замыканий на землю в обмотках и на выводах;
- 2) витковых замыканий в обмотках;
- 3) понижение уровня масла;
- 4) частичного пробоя изоляции вводов.

3.2.53. Газовая защита от повреждений внутри кожуха, сопровождающихся выделением газа, и от понижения уровня масла должна быть предусмотрена:

для трансформаторов мощностью 6,3 МВ·А и более;

для шунтирующих реакторов напряжением 500 кВ;

для внутрицеховых понижающих трансформаторов мощностью 630 кВ·А и более.

Газовую защиту можно устанавливать также на трансформаторах мощностью 1-4 МВ·А.

Газовая защита должна действовать на сигнал при слабом газообразовании и понижении уровня масла и на отключение при интенсивном газообразовании и дальнейшем понижении уровня масла.

Защита от повреждений внутри кожуха трансформатора, сопровождающихся выделением газа, может быть выполнена также с использованием реле давления.

Защита от понижения уровня масла может быть выполнена также в виде отдельного реле уровня в расширителе трансформатора.

Для защиты контакторного устройства РПН с разрывом дуги в масле следует предусматривать отдельное газовое реле и реле давления.

Для защиты избирателей РПН, размещаемых в отдельном баке, следует предусматривать отдельное газовое реле.

Должна быть предусмотрена возможность перевода действия отключающего элемента газовой защиты на сигнал и выполнения раздельной сигнализации от сигнального и отключающих элементов газового реле (различающейся характером сигнала).

Допускается выполнение газовой защиты с действием отключающего элемента только на сигнал:

на трансформаторах, которые установлены в районах, подверженных землетрясениям;

на внутрицеховых понижающих трансформаторах мощностью 2,5 МВ·А и менее, не имеющих выключателей со стороны высшего напряжения.

3.2.54. Для защиты от повреждений на выводах, а также от внутренних повреждений должны быть предусмотрены:

1. Продольная дифференциальная токовая защита без выдержки времени на трансформаторах мощностью 6,3 МВ·А и более, на шунтирующих реакторах 500 кВ, а также на трансформаторах мощностью 4 МВ·А при параллельной работе последних с целью селективного отключения поврежденного трансформатора.

Дифференциальная защита может быть предусмотрена на трансформаторах меньшей мощности, но не менее 1 МВ·А, если:

токовая отсечка не удовлетворяет требованиям чувствительности, а максимальная токовая защита имеет выдержку времени более 0,5 с;

трансформатор установлен в районе, подверженном землетрясениям.

2. Токовая отсечка без выдержки времени, устанавливаемая со стороны питания и охватывающая часть обмотки трансформатора, если не предусматривается дифференциальная защита.

Указанные защиты должны действовать на отключение всех выключателей трансформатора.

3.2.55. Продольная дифференциальная токовая защита должна осуществляться с применением специальных реле тока, отстроенных от бросков тока намагничивания, переходных и установившихся токов небаланса (например, насыщающиеся трансформаторы тока, тормозные обмотки).

На трансформаторах мощностью до 25 МВ·А допускается выполнение защиты с реле тока, отстроенными по току срабатывания от бросков тока намагничивания и переходных значений токов небаланса (дифференциальная отсечка), если при этом обеспечивается требуемая чувствительность.

Продольная дифференциальная защита должна быть выполнена так, чтобы в зону ее действия входили соединения трансформатора со сборными шинами.

Допускается использование для дифференциальной защиты трансформаторов тока, встроенных в трансформатор, при наличии защиты, обеспечивающей отключение (с требуемым быстродействием) КЗ в соединениях трансформатора со сборными шинами.

Если в цепи низшего напряжения трансформатора установлен реактор и защита трансформатора не обеспечивает требования чувствительности при КЗ за реактором, допускается

установка трансформаторов тока со стороны выводов низшего напряжения трансформатора для осуществления защиты реактора.

3.2.56. На дифференциальную и газовую защиты трансформаторов, автотрансформаторов и шунтирующих реакторов не должны возлагаться функции датчиков пуска установки пожаротушения. Пуск схемы пожаротушения указанных элементов должен осуществляться от специального устройства обнаружения пожара.

3.2.57. Устройство контроля изоляции вводов (КИВ) 500 кВ должно быть выполнено с действием на сигнал при частичном пробое изоляции вводов, не требующем немедленного отключения, и на отключение при повреждении изоляции ввода (до того, как произойдет полный пробой изоляции).

Должна быть предусмотрена блокировка, предотвращающая ложные срабатывания устройства КИВ при обрывах в цепях присоединения КИВ к выводам.

3.2.58. В случаях присоединения трансформаторов (кроме внутрицеховых) к линиям без выключателей (например, по схеме блока линия - трансформатор) для отключения повреждений в трансформаторе должно быть предусмотрено одно из следующих мероприятий:

1. Установка короткозамыкателя для искусственного замыкания на землю одной фазы (для сети с глухозаземленной нейтралью) или двух фаз между собой (для сети с изолированной нейтралью) и, если это необходимо, отделителя, автоматически отключающегося в бестоковую паузу АПВ линии. Коротко замыкатель должен быть установлен вне зоны дифференциальной защиты трансформатора.

2. Установка на стороне высшего напряжения понижающего трансформатора открытых плавких вставок, выполняющих функции короткозамыкателя и отделителя, в сочетании с АПВ линии.

3. Передача отключающего сигнала на выключатель (или выключатели) линии; при этом, если необходимо, устанавливается отделитель; для резервирования передачи отключающего сигнала допускается установка короткозамыкателя.

При решении вопроса о необходимости применения передачи отключающего сигнала взамен мероприятий п. 1 и 2 должно учитываться следующее:

ответственность линии и допустимость искусственного создания на ней металлического КЗ;

мощность трансформатора и допустимое время ликвидации повреждения в нем;

удаленность подстанции от питающего конца линии и способность выключателя отключать неудаленные КЗ;

характер потребителя с точки зрения требуемой скорости восстановления напряжения;

вероятность отказов короткозамыкателя при низких температурах и гололеде.

4. Установка предохранителей на стороне высшего напряжения понижающего трансформатора.

Мероприятия п. 1-4 могут не предусматриваться для блоков линия - трансформатор, если при двустороннем питании трансформатор защищается общей защитой блока (высокочастотной или продольной дифференциальной специального назначения), а также при мощности трансформатора 25 МВ·А и менее при одностороннем питании, если защита питающей линии обеспечивает также защиту трансформатора (быстродействующая защита линии частично защищает трансформатор и резервная защита линии с временем не более 1 с защищает весь трансформатор); при этом газовая защита выполняется с действием отключающего элемента только на сигнал.

В случае применения мероприятий п. 1 или 3 на трансформаторе должны быть установлены:

при наличии на стороне высшего напряжения трансформатора (110 кВ и выше) встроенных трансформаторов тока - защиты по 3.2.53, 3.2.54, 3.2.59 и 3.2.60;

при отсутствии встроенных трансформаторов тока - дифференциальная (в соответствии с 3.2.54) или максимальная токовая защита, выполненная с использованием накладных или магнитных трансформаторов тока, и газовая защита по 3.2.53.

Повреждения на выводах высшего напряжения трансформаторов допускается ликвидировать защитой линии.

В отдельных случаях при отсутствии встроенных трансформаторов тока допускается применение выносных трансформаторов тока, если при использовании накладных или магнитных трансформаторов тока не обеспечиваются требуемые характеристики защиты.

Для защиты трансформаторов с высшим напряжением 35 кВ в случае применения мероприятия п. 1 должны предусматриваться выносные трансформаторы тока; при этом целесообразность установки короткозамыкателя и выносных трансформаторов тока или выключателя с встроенными трансформаторами тока должна быть обоснована технико-экономическим расчетом.

Если применены открытые плавкие вставки (см. п. 2), то для повышения чувствительности действие газовой защиты может осуществляться на выполнение механическим путем искусственного КЗ на вставках.

Если в нагрузках трансформаторов подстанций содержатся синхронные электродвигатели, то должны быть приняты меры по предотвращению отключения отделителем (при КЗ в одном из трансформаторов) тока от синхронных электродвигателей, идущего через другие трансформаторы.

3.2.59. На трансформаторах мощностью 1 МВ·А и более в качестве защиты от токов в обмотках, обусловленных внешними многофазными КЗ, должны быть предусмотрены следующие защиты с действием на отключение:

1. На повышающих трансформаторах с двусторонним питанием - токовая защита обратной последовательности от несимметричных КЗ и максимальная токовая защита с минимальным пуском напряжения от симметричных КЗ или максимальная токовая защита с комбинированным пуском напряжения (см. 3.2.43).

2. На понижающих трансформаторах - максимальная токовая защита с комбинированным пуском напряжения или без него; на мощных понижающих трансформаторах при наличии двустороннего питания можно применять токовую защиту обратной последовательности от несимметричных КЗ и максимальную токовую защиту с минимальным пуском напряжения от симметричных КЗ.

При выборе тока срабатывания максимальной токовой защиты необходимо учитывать возможные токи перегрузки при отключении параллельно работающих трансформаторов и ток самозапуска электродвигателей, питающихся от трансформаторов.

На понижающих автотрансформаторах 330 кВ и выше следует предусматривать дистанционную защиту для действия при внешних многофазных КЗ в случаях, когда это требуется для обеспечения дальнего резервирования или согласования защит смежных напряжений; в этих случаях указанную защиту допускается устанавливать на автотрансформаторах 220 кВ.

3.2.60. На трансформаторах мощностью менее 1 МВ·А (повышающих и понижающих) в качестве защиты от токов, обусловленных внешними многофазными КЗ, должна быть предусмотрена действующая на отключение максимальная токовая защита.

3.2.61. Защиту от токов, обусловленных внешними многофазными КЗ, следует устанавливать:

1) на двухобмоточных трансформаторах - со стороны основного питания;

2) на многообмоточных трансформаторах, присоединенных тремя и более выключателями, - со всех сторон трансформатора; допускается не устанавливать защиту на одной из сторон трансформатора, а выполнять ее со стороны основного питания, так чтобы она с меньшей выдержкой времени отключала выключатели с той стороны, на которой защита отсутствует;

3) на понижающем двухобмоточном трансформаторе, питающем отдельно работающие секции, - со стороны питания и со стороны каждой секции;

4) при применении накладных трансформаторов тока на стороне высшего напряжения - со стороны низшего напряжения на двухобмоточном трансформаторе и со стороны низшего и среднего напряжений на трехобмоточном трансформаторе.

Допускается защиту от токов, обусловленных внешними многофазными КЗ, предусматривать только для резервирования защит смежных элементов и не предусматривать для действия при отказе основных защит трансформаторов, если выполнение для такого действия приводит к значительному усложнению защиты.

При выполнении защиты от токов, обусловленных внешними многофазными КЗ, по 3.2.59, п. 2, должны также рассматриваться необходимость и возможность дополнения ее токовой отсечкой, предназначенной для отключения с меньшей выдержкой времени КЗ на шинах среднего и низшего напряжений (исходя из уровня токов КЗ, наличия отдельной защиты шин, возможности согласования с защитами отходящих элементов).

3.2.62. Если защита повышающих трансформаторов от токов, обусловленных внешними многофазными КЗ, не обеспечивает требуемых чувствительности и селективности, то для защиты трансформатора допускается использовать реле тока соответствующей защиты генераторов.

3.2.63. На повышающих трансформаторах мощностью 1 МВ·А и более, на трансформаторах с двух- и трехсторонним питанием и на автотрансформаторах по условию необходимости резервирования отключения замыканий на землю на смежных элементах, а на автотрансформаторах, кроме того, и по условию обеспечения селективности защит от замыканий на землю сетей разных напряжений должна быть предусмотрена токовая защита нулевой последовательности от внешних замыканий на землю, устанавливаемая со стороны обмотки, присоединенной к сети с большими токами замыкания на землю.

При наличии части трансформаторов (из числа имеющих неполную изоляцию обмотки со стороны нулевого вывода) с изолированной нейтралью должно обеспечиваться предотвращение недопустимого режима нейтрали этих трансформаторов в соответствии с 3.2.28. С этой целью в случаях, когда на электростанции или подстанции установлены трансформаторы с заземленной и изолированной нейтралью, имеющие питание со сторон низших напряжений, должна быть предусмотрена защита, обеспечивающая отключение трансформатора с изолированной нейтралью или ее автоматическое заземление до отключения трансформаторов с заземленной нейтралью, работающих на те же шины или участок сети.

3.2.64. На автотрансформаторах (многообмоточных трансформаторах) с питанием с нескольких сторон защиту от токов, вызванных внешними КЗ, необходимо выполнять направленной, если это требуется по условиям селективности.

3.2.65. На автотрансформаторах 220-500 кВ подстанций, блоках генератор - трансформатор 330-500 кВ и автотрансформаторах связи 220-500 кВ электростанций должна быть предусмотрена возможность оперативного ускорения защит от токов, обусловленных внешними КЗ, при выводе из действия дифференциальных защит шин или ошиновки, обеспечивающего отключение поврежденных на элементах, оставшихся без быстродействующей защиты с выдержкой времени около 0,5 с.

3.2.66. На понижающих трансформаторах и блоках трансформатор - магистраль с высшим напряжением до 35 кВ и соединением обмотки низшего напряжения в звезду с заземленной нейтралью следует предусматривать защиту от однофазных замыканий на землю в сети низшего напряжения, осуществляемую применением:

- 1) максимальной токовой защиты от внешних КЗ, устанавливаемой на стороне высшего напряжения, и, если это требуется по условию чувствительности, в трехрелейном исполнении;
- 2) автоматических выключателей или предохранителей на выводах низшего напряжения;
- 3) специальной защиты нулевой последовательности, устанавливаемой в нулевом проводе трансформатора (при недостаточной чувствительности защит по п. 1 и 2).

Для промышленных электроустановок, если сборка на стороне низшего напряжения с аппаратами защиты присоединений находится в непосредственной близости от трансформатора (до 30 м) или соединение между трансформатором и сборкой выполнено трехфазными кабелями, допускается защиту по п. 3 не применять.

При применении защиты по п. 3 допускается не согласовывать ее с защитами элементов, отходящих от сборки на стороне низшего напряжения.

Для схемы линия - трансформатор в случае применения защиты по п. 3 допускается не прокладывать специальный контрольный кабель для обеспечения действия этой защиты на выключатель со стороны высшего напряжения и выполнять ее с действием на автоматический выключатель, установленный на стороне низшего напряжения.

Требования настоящего параграфа распространяются также на защиту указанных трансформаторов предохранителями, установленными на стороне высшего напряжения.

3.2.67. На стороне низшего напряжения понижающих трансформаторов с высшим напряжением 3-10 кВ, питающих сборки с присоединениями, защищенными предохранителями, следует устанавливать главный предохранитель или автоматический выключатель.

Если предохранители на присоединениях низшего напряжения и предохранители (или релейная защита) на стороне высшего напряжения обслуживаются и находятся в ведении одного и того же персонала (например, только персонала энергосистемы или только персонала потребителя), то главный предохранитель или автоматический выключатель на стороне низшего напряжения трансформатора может не устанавливаться.

3.2.68. Защита от однофазных замыканий на землю по 3.2.51, п. 8, должна быть выполнена в соответствии с 3.2.97.

3.2.69. На трансформаторах мощностью 0,4 МВ·А и более в зависимости от вероятности и значения возможной перегрузки следует предусматривать максимальную токовую защиту от токов, обусловленных перегрузкой, с действием на сигнал.

Для подстанций без постоянного дежурства персонала допускается предусматривать действие этой защиты на автоматическую разгрузку или отключение (при невозможности ликвидации перегрузки другими средствами).

3.2.70. При наличии со стороны нейтрали трансформатора отдельного добавочного трансформатора для регулирования напряжения под нагрузкой необходимо предусматривать в дополнение к указанным в 3.2.51-3.2.57, 3.2.59, 3.2.63 следующие защиты:

газовую защиту добавочного трансформатора;

максимальную токовую защиту с торможением при внешних КЗ от повреждений в первичной обмотке добавочного трансформатора, за исключением случаев, когда эта обмотка включается в зону действия дифференциальной токовой защиты цепей стороны низшего напряжения автотрансформатора;

дифференциальную защиту, которая охватывает вторичную обмотку добавочного трансформатора.

3.2.71. Защиту линейного добавочного трансформатора, установленного со стороны низшего напряжения автотрансформатора, следует осуществлять:

газовой защитой собственно добавочного трансформатора и защитой контакторного устройства РПН, которая может быть выполнена с применением реле давления или отдельного газового реле;

дифференциальной токовой защитой цепей стороны низшего напряжения автотрансформатора.

### ЗАЩИТА БЛОКОВ ГЕНЕРАТОР - ТРАНСФОРМАТОР

3.2.72. Для блоков генератор - трансформатор с генераторами мощностью более 10 МВт должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

- 1) замыканий на землю на стороне генераторного напряжения;
- 2) многофазных замыканий в обмотке статора генератора и на его выводах;
- 3) замыканий между витками одной фазы в обмотке статора турбогенератора (в соответствии с 3.2.76);
- 4) многофазных замыканий в обмотках и на выводах трансформатора;
- 5) однофазных замыканий на землю в обмотке трансформатора и на ее выводах, присоединенных к сети с большими токами замыкания на землю;
- 6) замыканий между витками в обмотках трансформатора;
- 7) внешних КЗ;
- 8) перегрузки генератора токами обратной последовательности (для блоков с генераторами мощностью более 30 МВт);
- 9) симметричной перегрузки обмотки статора генератора и обмоток трансформатора;
- 10) перегрузки обмотки ротора генератора током возбуждения (для турбогенераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток и для гидрогенераторов);
- 11) повышения напряжения на статоре генератора и трансформаторе блока (для блоков с турбогенераторами мощностью 160 МВт и более и для всех блоков с гидрогенераторами);
- 12) замыканий на землю в одной точке цепи возбуждения (в соответствии с 3.2.85);
- 13) замыканий на землю во второй точке цепи возбуждения турбогенератора мощностью менее 160 МВт;
- 14) асинхронного режима с потерей возбуждения<sup>1</sup> (в соответствии с 3.2.86);

<sup>1</sup> О предотвращении асинхронного режима без потери возбуждения см. гл. 3.3.



15) понижения уровня масла в баке трансформатора;

16) частичного пробоя изоляции вводов 500 кВ трансформаторов.

3.2.73. Указания по выполнению защиты генераторов и повышающих трансформаторов, относящихся к их раздельной работе, действительны и для того случая, когда они объединены в блок генератор-трансформатор (автотрансформатор), с учетом требований, приведенных в 3.2.74-3.2.90.

3.2.74. На блоках с генераторами мощностью более 30 МВт, как правило, должна быть предусмотрена защита от замыканий на землю в цепи генераторного напряжения, охватывающая всю обмотку статора.

При мощности генератора блоков 30 МВт и менее следует применять устройства, защищающие не менее 85% обмотки статора. Применение таких устройств допускается также на блоках с турбогенераторами мощностью от 30 до 160 МВт, если для защиты всей обмотки статора требуется включение в цепь генератора дополнительной аппаратуры.

Защита должна быть выполнена с действием на отключение с выдержкой времени не более 0,5 с на всех блоках без ответвлений на генераторном напряжении и с ответвлениями к трансформаторам собственных нужд. На блоках, имеющих электрическую связь с сетью собственных нужд или потребителей, питающихся по линиям от ответвлений между генератором и трансформатором, если емкостный ток замыканий на землю составляет 5 А и более, должны быть установлены действующие на отключение защиты от замыканий на землю в обмотке статора генератора и от двойных замыканий на землю, как это предусматривается на генераторах, работающих на сборные шины (см. 3.2.38 и 3.2.39); если емкостный ток замыкания на землю составляет менее 5 А, то защита от замыканий на землю может быть выполнена так же, как на блоках без ответвлений на генераторном напряжении, но с действием на сигнал.

При наличии выключателя в цепи генератора должна быть дополнительно предусмотрена сигнализация замыканий на землю на стороне генераторного напряжения трансформатора блока.

3.2.75. На блоке с генератором, имеющим косвенное охлаждение, состоящем из одного генератора и одного трансформатора, при отсутствии выключателя в цепи генератора рекомендуется предусматривать одну общую продольную дифференциальную защиту блока. При наличии выключателя в цепи генератора на генераторе и трансформаторе должны быть установлены отдельные дифференциальные защиты.

При использовании в блоке двух трансформаторов вместо одного, а также при работе двух и более генераторов без выключателей в блоке с одним трансформатором (укрупненный блок) на каждом генераторе и трансформаторе мощностью 125 МВ·А и более должна быть предусмотрена отдельная продольная дифференциальная защита. При отсутствии встроенных трансформаторов тока на вводах низшего напряжения этих трансформаторов допускается применение общей дифференциальной защиты для двух трансформаторов.

На блоке с генератором, имеющим непосредственное охлаждение проводников обмоток, следует предусматривать отдельную продольную дифференциальную защиту генератора. При этом, если в цепи генератора имеется выключатель, то должна быть установлена отдельная дифференциальная защита трансформатора блока (или каждого трансформатора если в блоке с генератором работают два трансформатора или более; при отсутствии встроенных трансформаторов тока на вводах низшего напряжения этих трансформаторов допускается применение общей дифференциальной защиты для трансформаторов блока); при отсутствии выключателя для защиты трансформатора блока следует установить либо отдельную дифференциальную защиту, либо общую продольную дифференциальную защиту блока (для блоков, состоящих из одного генератора и одного трансформатора, предпочтительна общая дифференциальная защита блока).

Со стороны высшего напряжения дифференциальная защита трансформатора (блока) может быть включена на трансформаторы тока, встроенные в трансформатор блока. При этом для

защиты ошиновки между выключателями на стороне высшего напряжения и трансформатором блока должна быть установлена отдельная защита.

Отдельная дифференциальная защита генераторов должна быть выполнена трехфазной трехрелейной с током срабатывания аналогично указанному в 3.2.36.

Для резервирования указанных дифференциальных защит на блоках с генераторами мощностью 160 МВт и более, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток, следует предусматривать резервную дифференциальную защиту, охватывающую генератор и трансформатор блока вместе с ошиновкой на стороне высшего напряжения.

Рекомендуется установка резервной дифференциальной защиты блоков и при мощности генераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток менее 160 МВт.

При применении резервной дифференциальной защиты на блоках без выключателя в цепи генератора рекомендуется предусматривать отдельные основные дифференциальные защиты генератора и трансформатора.

При наличии выключателя в цепи генератора резервная дифференциальная защита должна выполняться с выдержкой времени 0,35-0,5 с.

3.2.76. На турбогенераторах с двумя или тремя параллельными ветвями обмотки статора должна быть предусмотрена односистемная поперечная дифференциальная защита от витковых замыканий в одной фазе, действующая без выдержки времени.

3.2.77. На блоках с генераторами мощностью 160 МВт и более с непосредственным охлаждением проводников обмоток должна быть предусмотрена токовая защита обратной последовательности с интегральной зависимой характеристикой, соответствующей характеристике допустимых перегрузок защищаемого генератора токами обратной последовательности. Защита должна действовать на отключение выключателя генератора, а при его отсутствии - на отключение блока от сети. Для резервирования защит смежных с блоками элементов указанная защита должна иметь орган с независимой выдержкой времени, действующий на отключение блока от сети и двухступенчатым действием согласно 3.2.81.

На блоках с генераторами мощностью менее 160 МВт, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток, а также на блоках с гидрогенераторами мощностью более 30 МВт, имеющими косвенное охлаждение, токовую защиту обратной последовательности следует выполнять со ступенчатой или зависимой выдержкой времени. При этом разные ступени защиты могут иметь одну или более выдержек времени (см. 3.2.81, п. 4). Указанная ступенчатая или зависимая выдержка времени должна быть согласована с характеристикой допустимых перегрузок генератора током обратной последовательности (см. 3.2.41).

На блоках с турбогенераторами с косвенным охлаждением мощностью более 30 МВт защита должна быть выполнена согласно 3.2.41.

Кроме защит, действующих на отключение, на всех блоках с турбогенераторами мощностью более 30 МВт должна быть предусмотрена сигнализация перегрузки токами обратной последовательности, выполняемая в соответствии с 3.2.41.

3.2.78. На блоках с генераторами мощностью более 30 МВт защита от внешних симметричных КЗ должна быть выполнена, как указано в 3.2.42. При этом для гидрогенераторов напряжение срабатывания защиты следует принимать около 0,6-0,7 номинального. На блоках с турбогенераторами, имеющими резервный возбудитель, указанная защита должна быть дополнена токовым реле, включенным на ток со стороны высшего напряжения блока.

На блоках с генераторами мощностью 60 МВт и более вместо указанной защиты рекомендуется применять дистанционную защиту. На блоках с генераторами, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток, вместо резервной дифференциальной защиты (см. 3.2.75) допускается устанавливать двухступенчатую дистанционную защиту от междупазных коротких замыканий.

Первая ступень этой защиты, осуществляющая ближнее резервирование, должна выполняться с блокировкой при качаниях и действовать, как указано в 3.2.81, п. 3, с выдержкой времени не более 1 с. Первая ступень должна надежно охватывать трансформатор блока при обеспечении селективности с защитами смежных элементов. Резервирование первой ступенью защит генератора обязательно, если на блоке применяются отдельные дифференциальные защиты трансформатора и генератора.

Вторая ступень, осуществляющая дальнейшее резервирование, должна действовать, как указано в 3.2.81, п. 2.

Рекомендуется установка двухступенчатой дистанционной защиты и при наличии резервной дифференциальной защиты с целью увеличения эффективности дальнего резервирования. Обе ступени дистанционной защиты в этом случае должны действовать, как указано в 3.2.81, п. 2.

3.2.79. Защиту от внешних КЗ на блоках с генераторами мощностью 30 МВт и менее следует выполнять в соответствии с 3.2.43. Параметры срабатывания защиты на блоках с гидрогенераторами следует принимать согласно 3.2.42, 3.2.43 и 3.2.78.

3.2.80. На блоках генератор - трансформатор с выключателем в цепи генератора при отсутствии резервной дифференциальной защиты блока должна быть предусмотрена максимальная токовая защита со стороны высшего напряжения блока, предназначенная для резервирования основных защит трансформатора блока при работе с отключенным генератором.

3.2.81. Резервная защита блоков генератор - трансформатор должна быть выполнена с учетом следующего:

1. На стороне генераторного напряжения трансформатора блока защита не устанавливается, а используется защита генератора.

2. При дальнем резервировании защита должна действовать, как правило, с двумя выдержками времени: с первой - на деление схемы на стороне высшего напряжения блока (например, на отключение шиносоединительного и секционного выключателей), со второй - на отключение блока от сети.

3. При ближнем резервировании должны производиться отключение блока (генератора) от сети, гашение поля генератора и останов блока, если это требуется по 3.2.89.

4. Отдельные ступени или устройства резервной защиты в зависимости от их назначения и целесообразности использования при дальнем и ближнем резервировании могут иметь одну, две или три выдержки времени.

5. Органы пуска напряжения защит по 3.2.78 и 3.2.79 рекомендуется предусматривать со стороны генераторного напряжения и со стороны сети.

6. Для основных и резервных защит блока, как правило, должны быть предусмотрены отдельные выходные реле и питание оперативным постоянным током от разных автоматических выключателей.

3.2.82. На блоках с турбогенераторами защиту от симметричных перегрузок статора следует выполнять так же, как на генераторах, работающих на сборные шины (см. 3.2.47).

На гидроэлектростанциях без постоянного дежурства оперативного персонала кроме сигнализации симметричных перегрузок должна быть предусмотрена защита с независимой характеристикой, действующая с большей выдержкой времени на отключение блока (генератора) и с меньшей - на разгрузку. Вместо указанной защиты могут быть использованы соответствующие устройства в системе регулирования возбуждения.

3.2.83. На генераторах мощностью 160 МВт и более с непосредственным охлаждением проводников обмоток защита от перегрузки обмотки ротора током возбуждения должна быть

выполнена с интегральной зависимой выдержкой времени, которая соответствует характеристике допустимых перегрузок генератора током возбуждения. Эта защита должна действовать на отключение.

При невозможности включения защиты на ток ротора (например, при бесщеточном возбуждении) допускается применение защиты с независимой выдержкой времени, реагирующей на повышение напряжения в цепи возбуждения.

В защите должна быть предусмотрена возможность действия с меньшей выдержкой времени на снижение тока возбуждения. При наличии устройств ограничения перегрузки в регуляторе возбуждения действие на разгрузку может осуществляться одновременно от этих устройств и от защиты ротора. Допускается также использовать устройство ограничения перегрузки в АРВ для действия на разгрузку (с двумя выдержками времени) и отключение. При этом защита с интегральной зависимой выдержкой времени может не устанавливаться.

На турбогенераторах мощностью менее 160 МВт с непосредственным охлаждением проводников обмоток и на гидрогенераторах мощностью более 30 МВт с косвенным охлаждением защиту следует выполнять аналогично тому, как указано в 3.2.46.

При наличии устройств группового управления возбуждением на генераторах рекомендуется выполнять защиту с зависимой выдержкой времени.

При работе генераторов с резервным возбудителем защита ротора от перегрузки должна оставаться в работе. При невозможности использования защиты с зависимой выдержкой времени допускается предусматривать на резервном возбудителе защиту с независимой выдержкой времени.

3.2.84. На блоках с турбогенераторами мощностью 160 МВт и более для предотвращения повышения напряжения в режиме холостого хода должна быть предусмотрена защита от повышения напряжения, которая автоматически выводится из действия при работе генератора на сеть. При действии защиты должно быть обеспечено гашение поля генератора и возбудителя.

На блоках с гидрогенераторами для предотвращения повышения напряжения при сбросах нагрузки должна быть предусмотрена защита от повышения напряжения. Защита должна действовать на отключение блока (генератора) и гашение поля генератора. Допускается действие защиты на останов агрегата.

3.2.85. Защита от замыканий на землю в одной точке цепи возбуждения должна быть предусмотрена на гидрогенераторах, на турбогенераторах с водяным охлаждением обмотки ротора и на всех турбогенераторах мощностью 300 МВт и выше. На гидрогенераторах защита должна действовать на отключение, а на турбогенераторах - на сигнал.

Защита от замыканий на землю во второй точке цепи возбуждения турбогенераторов должна быть установлена на блоках мощностью менее 160 МВт в соответствии с 3.2.48.

3.2.86. На блоках с турбогенераторами мощностью 160 МВт и более, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток, и с гидрогенераторами следует предусматривать устройства защиты от асинхронного режима с потерей возбуждения.

Указанные устройства рекомендуется применять и на турбогенераторах мощностью менее 160 МВт с непосредственным охлаждением проводников обмоток. На этих турбогенераторах допускается также предусматривать автоматическое выявление асинхронного режима только по отключенному положению устройств автоматического гашения поля (без применения защиты от асинхронного режима).

При переводе в асинхронный режим турбогенератора, потерявшего возбуждение, указанные выше устройства защиты или автоматического гашения поля должны действовать на сигнал о потере возбуждения и производить автоматическое переключение нагрузки собственных нужд в ответвлении блока, генератор которого потерял возбуждение, на резервный источник питания.

Все гидрогенераторы и турбогенераторы, не допускающие асинхронного режима, а также остальные турбогенераторы в условиях дефицита реактивной мощности в системе при действии указанных устройств должны отключаться от сети.

3.2.87. При наличии выключателя в цепи генератора с непосредственным охлаждением проводников обмоток следует предусматривать резервирование при отказе этого выключателя (например, применением УРОВ).

3.2.88. УРОВ 110 кВ и выше на электростанциях должно быть выполнено с учетом следующего:

1. Для предотвращения излишнего отключения нескольких блоков резервной защитой при возникновении на одном из них неполнофазного режима в результате отказа выключателя с пофазным приводом при его отключении на электростанциях с генераторами, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток, должен быть предусмотрен ускоренный запуск УРОВ (например, от токовой защиты нулевой последовательности трансформатора блока со стороны сети с большим током замыкания на землю).

2. Для электростанций, на которых блоки генератор - трансформатор и линии имеют общие выключатели (например, при применении полуторной схемы или схемы многоугольника), необходимо предусматривать устройство телеотключения для отключения выключателя и запрета АПВ на противоположном конце линии при действии УРОВ в случае его пуска от защиты блока. Кроме того, следует предусматривать действие УРОВ на останов передатчика высокочастотной защиты.

3.2.89. При действии на отключение защит статора генератора и трансформатора блока от внутренних повреждений, а также защит ротора генератора должно производиться отключение поврежденного элемента от сети, гашение поля генератора и возбуждителя, пуск УРОВ и осуществляться воздействие на технологические защиты.

Если отключение от защиты приводит к обесточиванию нагрузки собственных нужд, присоединенной ответвлением к блоку, защита должна действовать также на отключение выключателей в цепи рабочего источника питания собственных нужд для их перевода на питание от резервного источника с помощью АВР.

Резервные защиты генератора и трансформатора блока при внешних повреждениях должны действовать в соответствии с 3.2.81, п. 2-4.

На тепловых электростанциях с блочной схемой в тепловой части в случаях отключения блока при внутренних повреждениях должен обеспечиваться полный останов блока. При внешних повреждениях, а также при действии защит в тех случаях, когда может быть быстро восстановлена работа блока, блок должен переводиться в режим холостого хода, если этот режим допускается тепломеханическим оборудованием.

На гидроэлектростанциях при внутренних повреждениях блока кроме отключения блока должен производиться останов агрегата. Действие на останов агрегата допускается осуществлять также при отключении блока в результате внешних повреждений.

3.2.90. На блоках генератор - трансформатор - линия основная защита линии и резервная защита со стороны энергосистемы должны быть выполнены в соответствии с требованиями настоящей главы по защите линий, а со стороны блока функции резервной защиты линии должны выполняться резервными защитами блока.

Защита блока должна быть выполнена согласно приведенным выше требованиям.

Действие защиты блока на отключение выключателя и пуск УРОВ со стороны энергосистемы должно передаваться с помощью двух взаиморезервируемых устройств телеотключения по высокочастотному каналу или по проводам связи. Кроме того, рекомендуется предусматривать одновременное действие защиты блока на останов передатчика высокочастотной защиты.

На блоках с турбогенераторами (при блочной схеме в тепловой части) со стороны энергосистемы должно передаваться с помощью устройства телеотключения на противоположный конец линии действие защиты шин (при двойной системе шин) или действие УРОВ (при полуторной схеме или схеме многоугольника) соответственно на перевод блока в режим холостого хода или на гашение поля генератора и останов блока. Кроме того, рекомендуется использовать устройство телеотключения для ускорения гашения поля генератора и отключение собственных нужд при действии резервных защит со стороны энергосистемы.

При неполнофазном отключении выключателя со стороны сети с большим током замыкания на землю, должен производиться ускоренный запуск УРОВ так же, как это предусмотрено в 3.2.88, п. 1.

### **ЗАЩИТА ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 3-10 кВ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ**

3.2.91. Для линий в сетях 3-10 кВ с изолированной нейтралью (в том числе и с нейтралью, заземленной через дугогасительный реактор) должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от многофазных замыканий и от однофазных замыканий на землю.

3.2.92. Защиту от многофазных замыканий следует предусматривать в двухфазном исполнении и включать в одни и те же фазы по всей сети данного напряжения для обеспечения отключения в большинстве случаев двойных замыканий на землю только одного места повреждения.

Защита должна быть выполнена одно-, двух- или трехрелейной в зависимости от требований чувствительности и надежности.

3.2.93. На одиночных линиях с односторонним питанием от многофазных замыканий должна устанавливаться, как правило, двухступенчатая токовая защита, первая ступень которой выполнена в виде токовой отсечки, а вторая - в виде максимальной токовой защиты с независимой или зависимой характеристикой выдержки времени.

На неактивированных кабельных линиях с односторонним питанием, отходящих от шин электростанций, токовые отсечки должны быть выполнены без выдержки времени и зона их действия должна быть определена из условия отключения КЗ, сопровождающихся остаточным напряжением на шинах указанных электростанций ниже 0,5-0,6 номинального. Для выполнения указанного условия допускается выполнять защиту неселективной в сочетании с устройствами АПВ или АВР, исправляющими полностью или частично неселективное действие защиты. Допускается устанавливать указанные отсечки также на линиях, отходящих от шин подстанций и питающих крупные синхронные электродвигатели.

Если на неактивированных кабельных линиях с односторонним питанием, отходящих от шин электростанций, токовые отсечки не могут быть применены по требованиям селективности, то для обеспечения быстродействия допускается предусматривать защиты по 3.2.94, п. 2 или 3. Применение этих защит допускается также для рабочих линий собственных нужд тепловых электростанций.

На активированных линиях, выключатели которых не рассчитаны на отключение КЗ до реактора, токовые отсечки не допускаются.

3.2.94. На одиночных линиях с двусторонним питанием при наличии или отсутствии обходных связей, а также на линиях, входящих в кольцевую сеть с одной точкой питания, рекомендуется применять те же защиты, что и на одиночных линиях с односторонним питанием (см. 3.2.93), выполняя их при необходимости направленными.

В целях упрощения защит и обеспечения их селективного действия допускается применять автоматическое деление сети на радиальные участки в момент возникновения повреждения с последующим автоматическим ее восстановлением.

Если ненаправленная или направленная токовая ступенчатая защита не обеспечивает требуемых быстродействия и селективности, допускается предусматривать следующие защиты:

- 1) дистанционную защиту в простейшем исполнении;
- 2) поперечную дифференциальную токовую защиту (для сдвоенных кабельных линий);
- 3) продольную дифференциальную токовую защиту для коротких участков линий; при необходимости прокладки специального кабеля только для продольной дифференциальной защиты длина его должна быть не более 3 км.

Для защит, указанных в п. 2 и 3, в качестве резервной защиты следует предусматривать токовую защиту.

3.2.95. При выполнении защиты параллельных линий 3-10 кВ следует руководствоваться указаниями для параллельных линий в сетях 35 кВ (см. 3.2.104).

3.2.96. Защита от однофазных замыканий на землю должна быть выполнена в виде:

селективной защиты (устанавливающей поврежденное направление), действующей на сигнал;

селективной защиты (устанавливающей поврежденное направление), действующей на отключение, когда это необходимо по требованиям безопасности; защита должна быть установлена на питающих элементах во всей электрически связанной сети;

устройства контроля изоляции; при этом отыскание поврежденного элемента должно осуществляться специальными устройствами; допускается отыскание поврежденного элемента поочередным отключением присоединений.

3.2.97. Защита от однофазных замыканий на землю должна быть выполнена, как правило, с использованием трансформаторов тока нулевой последовательности. Защита в первую очередь должна реагировать на установившиеся замыкания на землю; допускается также применение устройств, регистрирующих кратковременные замыкания, без обеспечения повторности действия.

Защита от однофазных замыканий на землю, действующая на отключение без выдержки времени по требованиям безопасности (см. 3.2.96), должна отключать только элемент, питающий поврежденный участок; при этом в качестве резервной должна быть предусмотрена защита, выполняемая в виде защиты нулевой последовательности с выдержкой времени около 0,5 с, действующая на отключение всей электрически связанной сети - системы (секции) шин или питающего трансформатора.

Увеличение тока промышленной частоты специально для обеспечения действия защиты в сети с нейтралью, заземленной через дугогасительный реактор (например, с помощью расстройки реактора), как правило, не допускается предусматривать.

## **ЗАЩИТА ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 20 И 35 кВ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ**

3.2.98. Для линий в сетях 20 и 35 кВ с изолированной нейтралью должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от многофазных замыканий и от однофазных замыканий на землю.

3.2.99. Защиту от многофазных замыканий следует предусматривать в двухфазном двухрелейном исполнении и включать в одни и те же фазы по всей сети данного напряжения для обеспечения отключения в большинстве случаев двойных замыканий на землю только одного места повреждения. В целях повышения чувствительности к повреждениям за трансформаторами с соединением обмоток звезда-треугольник допускается выполнение трехрелейной защиты.

Защиту от однофазных замыканий на землю следует выполнять, как правило, с действием на сигнал. Для осуществления защиты допускается использовать устройство контроля изоляции.

3.2.100. При выборе типа основной защиты следует учитывать требования обеспечения устойчивости работы энергосистемы и надежной работы потребителя аналогично тому, как это учитывается для защиты линий напряжением 110 кВ (см. 3.2.108).

3.2.101. На одиночных линиях с односторонним питанием от многофазных замыканий должны быть установлены преимущественно ступенчатые защиты тока или ступенчатые защиты тока и напряжения, а если такие защиты не удовлетворяют требованиям чувствительности или быстроты отключения повреждения (см. 3.2.108), например на головных участках, - дистанционная ступенчатая защита преимущественно с пуском по току. В последнем случае в качестве дополнительной защиты рекомендуется использовать токовую отсечку без выдержки времени.

Для линий, состоящих из нескольких последовательных участков, в целях упрощения допускается использование неселективных ступенчатых защит тока и напряжения в сочетании с устройствами поочередного АПВ.

3.2.102. На одиночных линиях, имеющих питание с двух или более сторон (последнее - на линиях с ответвлениями), как при наличии, так и при отсутствии обходных связей, а также на линиях, входящих в кольцевую сеть с одной точкой питания, рекомендуется применять те же защиты, что и на одиночных линиях с односторонним питанием (см. 3.2.101), выполняя их при необходимости направленными, а дистанционные - с пуском от реле сопротивления. При этом допускается неселективное отключение смежных элементов при КЗ в "мертвой" зоне по напряжению реле направления мощности, когда токовая отсечка, используемая в качестве дополнительной защиты (см. 3.2.101), не устанавливается, например из-за недостаточной ее чувствительности. Защита устанавливается, как правило, только с тех сторон, откуда может быть подано питание.

3.2.103. На коротких одиночных линиях с двухсторонним питанием, когда это требуется по условию быстроты действия, допускается применение продольной дифференциальной защиты в качестве основной. При этом длина кабеля, прокладываемого специально для этой защиты, не должна превышать 4 км. Для контроля исправности вспомогательных проводов защиты следует предусматривать специальные устройства. В дополнение к продольной дифференциальной защите в качестве резервной должна быть применена одна из защит по 3.2.102.

3.2.104. На параллельных линиях, имеющих питание с двух или более сторон, а также на питающем конце параллельных линий с односторонним питанием могут быть использованы те же защиты, что и на соответствующих одиночных линиях (см. 3.2.101 и 3.2.102).

Для ускорения отключения повреждения, особенно при использовании токовых ступенчатых защит или ступенчатых защит тока и напряжения, на линиях с двусторонним питанием может быть применена дополнительно защита с контролем направления мощности в параллельной линии. Эта защита может быть выполнена в виде отдельной поперечной токовой направленной защиты или только в виде цепи ускорения установленных защит (максимальной токовой, дистанционной) с контролем направления мощности в параллельной линии.

На приемном конце двух параллельных линий с односторонним питанием, как правило, должна быть использована поперечная дифференциальная направленная защита.

3.2.105. Если защита по 3.2.104 не удовлетворяет требованиям быстродействия (см. 3.2.108), а защита с контролем направления мощности в параллельной линии неприменима или нежелательна, в качестве основной защиты (при работе двух параллельных линий) на двух параллельных линиях с двусторонним питанием и на питающем конце двух параллельных линий



с односторонним питанием следует применять поперечную дифференциальную направленную защиту.

При этом в режиме работы одной линии, а также в качестве резервной при работе двух линий следует использовать ступенчатую защиту по 3.2.101 и 3.2.102. Допускается включение этой защиты или отдельных ее ступеней на сумму токов обеих линий (например, резервной ступени в целях увеличения ее чувствительности к повреждениям на смежных элементах). Допускается также использование поперечной дифференциальной направленной защиты в дополнение к ступенчатым токовым защитам для уменьшения времени отключения повреждения на защищаемых линиях, если по условию быстроты действия (см. 3.2.108) ее установка не обязательна.

В отдельных случаях на коротких параллельных линиях допускается применение продольной дифференциальной защиты (см. 3.2.103).

### **ЗАЩИТА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ В СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 110-500 кВ С ЭФФЕКТИВНО ЗАЗЕМЛЕННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ**

3.2.106. Для линий в сетях 110-500 кВ с эффективно заземленной нейтралью должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от многофазных замыканий и от замыканий на землю.

3.2.107. Защиты должны быть оборудованы устройствами, блокирующими их действие при качаниях, если в сети возможны качания или асинхронный ход, при которых вероятны излишние срабатывания защиты. Допускается выполнение защиты без блокирующих устройств, если она отстроена от качаний по времени (около 1,5-2 с).

3.2.108. Для линий 330 кВ и выше в качестве основной должна быть предусмотрена защита, действующая без замедления при КЗ в любой точке защищаемого участка.

Для линий напряжением 110-220 кВ вопрос о типе основной защиты, в том числе о необходимости применения защиты, действующей без замедления при КЗ в любой точке защищаемого участка, должен решаться в первую очередь с учетом требования сохранения устойчивости работы энергосистемы. При этом, если по расчетам устойчивости работы энергосистемы не предъявляются другие, более жесткие требования, может быть принято, что указанное требование, как правило, удовлетворяется, когда трехфазные КЗ, при которых остаточное напряжение на шинах электростанций и подстанций ниже  $0,6-0,7 U_{ном}$ , отключаются без выдержки времени. Меньшее значение остаточного напряжения ( $0,6 U_{ном}$ ) может быть допущено для линий 110 кВ, менее ответственных линий 220 кВ (в сильно разветвленных сетях, где питание потребителей надежно обеспечивается с нескольких сторон), а также для более ответственных линий 220 кВ в случаях, когда рассматриваемое КЗ не приводит к значительному сбросу нагрузки.

При выборе типа защит, устанавливаемых на линиях 110-220 кВ, кроме требования сохранения устойчивости работы энергосистемы должно быть учтено следующее:

1. На линиях 110 кВ и выше, отходящих от АЭС, а также на всех элементах прилегающей сети, на которых при многофазных КЗ остаточное напряжение прямой последовательности на стороне высшего напряжения блоков АЭС может снижаться более чем до 0,45 номинального, следует обеспечивать резервирование быстродействующих защит с выдержкой времени, не превышающей 1,5 с с учетом действия УРОВ.

2. Повреждения, отключение которых с выдержкой времени может привести к нарушению работы ответственных потребителей, должны отключаться без выдержки времени (например, повреждения, при которых остаточное напряжение на шинах электростанций и подстанций будет

ниже  $0,6 U_{ном}$ , если отключение их с выдержкой времени может привести к саморазгрузке вследствие лавины напряжения, или повреждения с остаточным напряжением  $0,6 U_{ном}$  и более, если отключение их с выдержкой времени может привести к нарушению технологии).

3. При необходимости осуществления быстродействующего АПВ на линии должна быть установлена быстродействующая защита, обеспечивающая отключение поврежденной линии без выдержки времени с обеих сторон.

4. При отключении с выдержкой времени повреждений с токами, в несколько раз превосходящими номинальный, возможен недопустимый перегрев проводников.

Допускается применение быстродействующих защит в сложных сетях и при отсутствии изложенных выше условий, если это необходимо для обеспечения селективности.

3.2.109. При оценке обеспечения требований устойчивости, исходя из значений остаточного напряжения по 3.2.108, необходимо руководствоваться следующим:

1. Для одиночной связи между электростанциями или энергосистемами указанное в 3.2.108 остаточное напряжение должно быть проверено на шинах подстанций и электростанций, входящих в данную связь, при КЗ на линиях, отходящих от этих шин, кроме линий, образующих связь; для одиночной связи, содержащей часть участков с параллельными линиями, - также при КЗ на каждой из этих параллельных линии.

2. При наличии нескольких связей между электростанциями или энергосистемами указанное в 3.2.108 значение остаточного напряжения должно быть проверено на шинах только тех подстанций или электростанций, где соединяются эти связи, при КЗ на связях и на других линиях, питающихся от этих шин, а также на линиях, питающихся от шин подстанций связей.

3. Остаточное напряжение должно быть проверено при КЗ в конце зоны, охватываемой первой ступенью защиты в режиме каскадного отключения повреждения, т. е. после отключения выключателя с противоположного конца линии защитой без выдержки времени.

3.2.110. На одиночных линиях с односторонним питанием от многофазных замыканий следует устанавливать ступенчатые токовые защиты или ступенчатые защиты тока и напряжения. Если такие защиты не удовлетворяют требованиям чувствительности или скорости отключения повреждения (см. 3.2.108), например на головных участках, или если это целесообразно по условию согласования защит смежных участков с защитой рассматриваемого участка, должна быть предусмотрена ступенчатая дистанционная защита. В последнем случае в качестве дополнительной защиты рекомендуется использовать токовую отсечку без выдержки времени.

От замыканий на землю должна быть предусмотрена, как правило, ступенчатая токовая направленная или ненаправленная защита нулевой последовательности. Защита должна быть установлена, как правило, только с тех сторон, откуда может быть подано питание.

Для линий, состоящих из нескольких последовательных участков, с целью упрощения допускается использование неселективных ступенчатых защит тока и напряжения (от многофазных замыканий) и ступенчатых токовых защит нулевой последовательности (от замыканий на землю) в сочетании с устройствами поочередного АПВ.

3.2.111. На одиночных линиях, имеющих питание с двух или более сторон (последнее - на линиях с ответвлениями), как при наличии, так и при отсутствии обходных связей, а также на линиях, входящих в кольцевую сеть с одной точкой питания, от многофазных замыканий должна быть применена дистанционная защита (преимущественно трехступенчатая), используемая в качестве резервной или основной (последнее - только на линиях 110-220 кВ).

В качестве дополнительной защиты рекомендуется использовать токовую отсечку без выдержки времени. В отдельных случаях допускается использовать токовую отсечку для действия при ошибочном включении на трехфазную закоротку в месте установки защиты, когда

токовая отсечка, выполненная для действия в других режимах, не удовлетворяет требованию чувствительности (см. 3.2.26).

От замыканий на землю должна быть предусмотрена, как правило, ступенчатая токовая направленная или ненаправленная защита нулевой последовательности.

3.2.112. В качестве основной защиты от многофазных замыканий на приемном конце головных участков кольцевой сети с одной точкой питания рекомендуется применять одноступенчатую токовую направленную защиту; на других одиночных линиях (преимущественно 110 кВ) допускается в отдельных случаях применять ступенчатые токовые защиты или ступенчатую защиту тока и напряжения, выполняя их в случае необходимости направленными. Защиту следует устанавливать, как правило, только с тех сторон, откуда может быть подано питание.

3.2.113. На параллельных линиях, имеющих питание с двух или более сторон, а также на питающем конце параллельных линий с односторонним питанием могут быть использованы те же защиты, что и на соответствующих одиночных линиях (см. 3.2.110 и 3.2.111).

Для ускорения отключения замыканий на землю, а в отдельных случаях и замыканий между фазами на линиях с двусторонним питанием может быть применена дополнительная защита с контролем направления мощности в параллельной линии. Эта защита может быть выполнена в виде отдельной поперечной токовой защиты (с включением реле на ток нулевой последовательности или на фазные токи) или только в виде цепи ускорения установленных защит (токовой нулевой последовательности, максимальной токовой, дистанционной и т. п.) с контролем направления мощности в параллельных линиях.

С целью повышения чувствительности защиты нулевой последовательности допускается предусматривать выведение из работы отдельных ее ступеней при отключении выключателя параллельной линии.

На приемном конце двух параллельных линий с односторонним питанием, как правило, должна быть предусмотрена поперечная дифференциальная направленная защита.

3.2.114. Если защита по 3.2.113 не удовлетворяет требованиям быстродействия (см. 3.2.108), в качестве основной защиты (при работе двух параллельных линий) на питающем конце двух параллельных линий 110-220 кВ с односторонним питанием и на двух параллельных линиях 110 кВ с двусторонним питанием преимущественно в распределительных сетях может быть применена поперечная дифференциальная направленная защита.

При этом в режиме работы одной линии, а также в качестве резервной при работе двух линий используется защита по 3.2.110 и 3.2.111. Допускается включение этой защиты или отдельных ее ступеней на сумму токов обеих линий (например, последней ступени токовой защиты нулевой последовательности) с целью повышения ее чувствительности к повреждениям на смежных элементах.

Допускается использование поперечной дифференциальной направленной защиты в дополнение к ступенчатым токовым защитами параллельных линий 110 кВ для уменьшения времени отключения повреждения на защищаемых линиях в случаях, когда по условиям быстродействия (см. 3.2.108) ее использование не является обязательным.

3.2.115. Если защита по 3.2.111-3.2.113 не удовлетворяет требованию быстродействия (см. 3.2.108), в качестве основных защит одиночных и параллельных линий с двусторонним питанием следует предусматривать высокочастотные и продольные дифференциальные защиты.

Для линий 110-220 кВ рекомендуется осуществлять основную защиту с использованием высокочастотной блокировки дистанционной и токовой направленной нулевой последовательности защит, когда это целесообразно по условиям чувствительности (например, на линиях с ответвлениями) или упрощения защиты.

При необходимости прокладки специального кабеля использование продольной дифференциальной защиты должно быть обосновано технико-экономическим расчетом.

Для контроля исправность вспомогательных проводов защиты должны быть предусмотрены специальные устройства.

На линиях 330-350 кВ в дополнение к высокочастотной защите следует предусматривать использование устройства передачи отключающего или разрешающего высокочастотного сигнала (для ускорения действия ступенчатой резервной защиты), если это устройство предусмотрено для других целей. На линиях 500 кВ допускается устанавливать указанное устройство специально для релейной защиты.

Допускается в случаях, когда это требуется по условиям быстродействия (см. 3.2.108) или чувствительности (например, на линиях с ответвлениями), использование передачи отключающего сигнала для ускорения действия ступенчатых защит линий 110-220 кВ.

3.2.116. При выполнении основной защиты по 3.2.115 в качестве резервных следует применять:

от многофазных КЗ, как правило, дистанционные защиты, преимущественно трехступенчатые;

от замыканий на землю ступенчатые токовые направленные или ненаправленные защиты нулевой последовательности.

На случай длительного выведения из действия основной защиты, указанной в 3.2.115, когда эта защита установлена по требованию быстроты отключения повреждения (см. 3.2.108), допускается предусматривать неселективное ускорение резервной защиты от замыканий между фазами (например, с контролем значения напряжения прямой последовательности).

3.2.117. Основные защиты, быстродействующие ступени резервных защит от многофазных замыканий и измерительные органы устройства ОАПВ для линий 330-350 кВ должны быть специального исполнения, обеспечивающего их нормальное функционирование (с заданными параметрами) в условиях интенсивных переходных электромагнитных процессов и значительных емкостных проводимостей линий. Для этого должны быть предусмотрены:

в комплектах защит и измерительных органах ОАПВ - мероприятия ограничивающие влияние переходных электромагнитных процессов (например, низкочастотные фильтры);

в дифференциально-фазной высокочастотной защите, установленной на линиях длиной более 150 км, - устройства компенсации токов, обусловленных емкостной проводимостью линии.

При включении быстродействующих защит на сумму токов двух или более трансформаторов тока в случае невозможности выполнения требований 3.2.29 рекомендуется предусматривать специальные мероприятия для исключения излишнего срабатывания защит при внешних повреждениях (например, загрубление защит) или устанавливать в цепи линии отдельный комплект трансформаторов тока для питания защиты.

В защитах, установленных на линиях 330-500 кВ, оборудованных устройствами продольной емкостной компенсации, должны быть предусмотрены мероприятия для предотвращения излишнего срабатывания защиты при внешних повреждениях, обусловленного влиянием указанных устройств. Например, могут быть использованы реле направления мощности обратной последовательности или передача разрешающего сигнала.

3.2.118. В случае применения ОАПВ устройства релейной защиты должны быть выполнены так, чтобы:

1) при замыканиях на землю одной фазы, а в отдельных случаях и при замыканиях между двумя фазами было обеспечено отключение только одной фазы (с последующим ее автоматическим повторным включением);

2) при неуспешном повторном включении на повреждения, указанные в п. 1, производилось отключение одной или трех фаз в зависимости от того, предусматривается длительный неполнофазный режим работы линии или не предусматривается;

3) при других видах повреждения защита действовала на отключение трех фаз.

### **ЗАЩИТА ШИН, ЗАЩИТА НА ОБХОДНОМ, ШИНОСОЕДИНИТЕЛЬНОМ И СЕКЦИОННОМ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯХ**

3.2.119. Для сборных шин 110 кВ и выше электростанций и подстанций отдельные устройства релейной защиты должны быть предусмотрены:

1) для двух систем шин (двойная система шин, полуторная схема и др.) и одиночной секционированной системы шин;

2) для одиночной несекционированной системы шин, если отключение повреждений на шинах действием защит присоединенных элементов недопустимо по условиям, которые аналогичны приведенным в 3.2.108, или если на линиях, питающих рассматриваемые шины, имеются ответвления.

3.2.120. Для сборных шин 35 кВ электростанций и подстанций отдельные устройства релейной защиты должны быть предусмотрены:

по условиям, приведенным в 3.2.108;

для двух систем или секций шин, если при использовании для их разделения защиты, установленной на шиносоединительном (секционном) выключателе, или защит, установленных на элементах, которые питают данные шины, не удовлетворяются требования надежности питания потребителей (с учетом возможностей, обеспечиваемых устройствами АПВ и АВР).

3.2.121. В качестве защиты сборных шин электростанций и подстанций 35 кВ и выше следует предусматривать, как правило, дифференциальную токовую защиту без выдержки времени, охватывающую все элементы, которые присоединены к системе или секции шин. Защита должна осуществляться с применением специальных реле тока, отстроенных от переходных и установившихся токов небаланса (например, реле, включенных через насыщающиеся трансформаторы тока, реле с торможением).

При присоединении трансформатора (автотрансформатора) 330 кВ и выше более чем через один выключатель рекомендуется предусматривать дифференциальную токовую защиту ошиновки.

3.2.122. Для двойной системы шин электростанций и подстанций 35 кВ и выше с одним выключателем на присоединенный элемент дифференциальная защита должна быть предусмотрена в исполнении для фиксированного распределения элементов.

В защите шин 110 кВ и выше следует предусматривать возможность изменения фиксации при переводе присоединения с одной системы шин на другую на рядах зажимов.

3.2.123. Дифференциальная защита, указанная в 3.2.121 и 3.2.122, должна быть выполнена с устройством, контроля исправности вторичных цепей задействованных трансформаторов тока, действующим с выдержкой времени на вывод защиты из работы и на сигнал.

3.2.124. Для секционированных шин 6-10 кВ электростанций должна быть предусмотрена двухступенчатая неполная дифференциальная защита, первая ступень которой выполнена в виде токовой отсечки по току и напряжению или дистанционной защиты, а вторая - в виде максимальной токовой защиты. Защита должна действовать на отключение питающих элементов и трансформатора собственных нужд.

Если при указанном выполнении второй ступени защиты не обеспечивается требуемая чувствительность при КЗ в конце питаемых реактированных линий (нагрузка на шинах генераторного напряжения большая, выключатели питаемых линий установлены за реакторами), следует выполнять ее в виде отдельных комплектов максимальных токовых защит с пуском или без пуска напряжения, устанавливаемых в цепях реакторов; действие этих комплектов на отключение питающих элементов должно контролироваться дополнительным устройством, срабатывающим при возникновении КЗ. При этом на секционном выключателе должна быть предусмотрена защита (предназначенная для ликвидации повреждений между реактором и выключателем), вводимая в действие при отключении этого выключателя. При выделении части питающих элементов на резервную систему шин должна быть предусмотрена неполная дифференциальная защита шин в исполнении для фиксированного распределения элементов.

Если возможны частые режимы работы с разделением питающих элементов на разные системы шин, допускается предусматривать отдельные дистанционные защиты, устанавливаемые на всех питающих элементах, кроме генераторов.

3.2.125. Для секционированных шин 6-10 кВ электростанций с генераторами мощностью 12 МВт и менее допускается не предусматривать специальную защиту; при этом ликвидация КЗ на шинах должна осуществляться действием максимальных токовых защит генераторов.

3.2.126. Специальные устройства релейной защиты для одиночной секционированной и двойной систем шин 6-10 кВ понижающих подстанций, как правило, не следует предусматривать, а ликвидация КЗ на шинах должна осуществляться действием защит трансформаторов от внешних КЗ и защит, установленных на секционном или шиносоединительном выключателе. В целях повышения чувствительности и ускорения действия защиты шин мощных подстанций допускается применять защиту, включенную на сумму токов питающих элементов. При наличии реакторов на линиях, отходящих от шин подстанций, допускается защиту шин выполнять по аналогии с защитой шин электростанций.

3.2.127. При наличии трансформаторов тока, встроенных в выключатели, для дифференциальной защиты шин и для защит присоединений, отходящих от этих шин, должны быть использованы трансформаторы тока, размещенные с разных сторон выключателя, чтобы повреждения в выключателе входили в зоны действия этих защит.

Если выключатели не имеют встроенных трансформаторов тока, то в целях экономии следует предусматривать выносные трансформаторы тока только с одной стороны выключателя и устанавливать их по возможности так, чтобы выключатели входили в зону действия дифференциальной защиты шин. При этом в защите двойной системы шин с фиксированным распределением элементов должно быть предусмотрено использование двух сердечников трансформаторов тока в цепи шиносоединительного выключателя.

При применении отдельных дистанционных защит в качестве защиты шин трансформаторы тока этих защит в цепи секционного выключателя должны быть установлены между секцией шин и реактором.

3.2.128. Защиту шин следует выполнять так, чтобы при опробовании поврежденной системы или секции шин обеспечивалось селективное отключение системы (секции) без выдержки времени.

3.2.129. На обходном выключателе 110 кВ и выше при наличии шиносоединительного (секционного) выключателя должны быть предусмотрены защиты (используемые при проверке и ремонте защиты, выключателя и трансформаторов тока любого из элементов, присоединенных к шинам);

трехступенчатая дистанционная защита и токовая отсечка от многофазных КЗ;

четырёхступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности от замыкания на землю.

При этом на шиносоединительном (секционном) выключателе должны быть предусмотрены защиты (используемые для разделения систем или секций шин при отсутствии УРОВ или выведении его или защиты шин из действия, а также для повышения эффективности дальнего резервирования):

двухступенчатая токовая защита от многофазных КЗ;

трехступенчатая токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю.

Допускается установка более сложных защит на шиносоединительном (секционном) выключателе, если это требуется для повышения эффективности дальнего резервирования.

На шиносоединительном (секционном) выключателе 110 кВ и выше, предназначенном и для выполнения функции обходного выключателя, должны быть предусмотрены те же защиты, что на обходном и шиносоединительном (секционном) выключателях при их раздельном исполнении.

Рекомендуется предусматривать перевод основных быстродействующих защит линий 110 кВ и выше на обходной выключатель.

На шиносоединительном (секционном) выключателе 3-35 кВ должна быть предусмотрена двухступенчатая токовая защита от многофазных КЗ.

3.2.130. Отдельную панель защиты, предназначенную специально для использования вместо выводимой на проверку защиты линии, следует предусматривать при схемах электрических соединений, в которых отсутствует обходной выключатель (например, четырехугольник, полторная схема и т. п.); такую отдельную панель защиты следует предусматривать для линий 220 кВ, не имеющих отдельной основной защиты; для линий 330-500 кВ.

Допускается предусматривать отдельную панель защиты для линий 110 кВ, не имеющих отдельной основной защиты, при схемах электрических соединений "мостик" с выключателями в цепях линий и "многоугольник", если при проверке защиты линии ликвидировать повреждения на ней в соответствии с предъявляемыми требованиями более простыми средствами технически невозможно.

## **ЗАЩИТА СИНХРОННЫХ КОМПЕНСАТОРОВ**

3.2.131. Устройства релейной защиты синхронных компенсаторов следует выполнять аналогично предусматриваемым для турбогенераторов соответствующих мощностей со следующими отличиями:

1. Защита от токов, обусловленных симметричной перегрузкой, действующая на сигнал, должна выводиться на период пуска, если в этом режиме возможно ее действие.

2. Следует предусматривать минимальную защиту напряжения, действующую на отключение выключателя синхронного компенсатора. Напряжение срабатывания защиты должно быть принято равным  $0,1-0,2 U_{ном}$ , выдержка времени - около 10 с.

3. Должна быть предусмотрена защита, действующая при кратковременном исчезновении питания подстанции (например, в бестоковую паузу АПВ питающей линии). Защита должна выполняться в виде минимальной защиты частоты и действовать на отключение выключателя синхронного компенсатора или на АГП. Допускается использование защиты, выполненной на других принципах, например реагирующей на скорость снижения частоты.

4. На синхронных компенсаторах мощностью 50 Мвар и более следует предусматривать защиту от потери возбуждения (снижения тока возбуждения ниже допустимого предела) с действием на отключение синхронного компенсатора или на сигнал. Для синхронных компенсаторов, на которых предусматривается возможность перевода на режим работы с отрицательным током ротора, эту защиту допускается не применять.

5. Для синхронного компенсатора, работающего в блоке с трансформатором, при замыкании на землю в обмотке статора должно быть предусмотрено действие защиты, установленной на стороне низшего напряжения трансформатора.

Если ток замыкания на землю на стороне низшего напряжения трансформатора превышает 5 А, допускается не устанавливать дугогасящий реактор и выполнять защиту с двумя выдержками времени; с меньшей выдержкой времени предусматривается отключение выключателя синхронного компенсатора, а с большей - подача сигнала.

При токе замыкания на землю до 5 А защита должна быть выполнена с одной выдержкой времени и с действием на сигнал. Для синхронных компенсаторов мощностью 50 Мвар и более должна быть предусмотрена возможность действия защиты на сигнал или на отключение.

3.2.132. На подстанциях без постоянного дежурства персонала защита от перегрузки синхронного компенсатора должна выполняться с независимой выдержкой времени и действовать с меньшей выдержкой времени на сигнал и снижение тока возбуждения, а с большей - на отключение синхронного компенсатора (если предотвращение длительных перегрузок не обеспечивается устройствами автоматического регулирования возбуждения).

3.2.133. Защиту от замыканий на землю в цепи возбуждения синхронного компенсатора следует выполнять так же, как для гидрогенераторов (см. 3.2.85).

### **Глава 3.3. АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА**

#### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

3.3.1. Настоящая глава Правил распространяется на автоматические и телемеханические устройства электростанций, энергосистем, сетей и электроснабжения промышленных и других электроустановок, предназначенные для осуществления:

- 1) АПВ линий или фаз линий, шин и прочих электроустановок после их автоматического отключения;
- 2) АВР резервного питания или оборудования;
- 3) включения синхронных генераторов и синхронных компенсаторов на параллельную работу;
- 4) регулирования возбуждения, напряжения и реактивной мощности;
- 5) регулирования частоты и активной мощности;
- 6) предотвращения нарушений устойчивости;
- 7) прекращения асинхронного режима;
- 8) ограничения снижения частоты;



- 9) ограничения повышения частоты;
- 10) ограничения снижения напряжения;
- 11) ограничения повышения напряжения;
- 12) предотвращения перегрузки оборудования;
- 13) диспетчерского контроля и управления.

Функции устройств по п. 4-11 определяются полностью или частично условиями работы энергосистемы в целом. Эти устройства должны проектироваться и эксплуатироваться соответствующими энергетическими предприятиями, энергообъединениями или по согласованию с ними.

В энергосистемах и на энергообъектах могут устанавливаться устройства автоматического управления, не охватываемые настоящей главой Правил и регламентируемые другими документами. Действия этих устройств должны быть согласованы между собой, а также с действием устройств и систем, рассматриваемых в данной главе.

В электрических сетях предприятий-потребителей электроэнергии следует применять такие устройства автоматики, которые по возможности не допускают нарушений наиболее ответственных технологических процессов при кратковременных перерывах электроснабжения, обусловленных действием защит и автоматики в сети внешнего и внутреннего электроснабжения (см. также 5.3.52, 5.3.53 и 5.3.58).

### **АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ (АПВ)**

3.3.2. Устройства АПВ должны предусматриваться для быстрого восстановления питания потребителей или межсистемных и внутрисистемных связей путем автоматического включения выключателей, отключенных устройствами релейной защиты.

Должно предусматриваться автоматическое повторное включение:

1) воздушных и смешанных (кабельно-воздушных) линий всех типов напряжением выше 1 кВ. Отказ от применения АПВ должен быть в каждом отдельном случае обоснован. На кабельных линиях 35 кВ и ниже АПВ рекомендуется применять в случаях, когда оно может быть эффективным в связи со значительной вероятностью повреждений с образованием открытой дуги (например, наличие нескольких промежуточных сборок, питание по одной линии нескольких подстанций), а также с целью исправления неселективного действия защиты. Вопрос о применении АПВ на кабельных линиях 110 кВ и выше должен решаться при проектировании в каждом отдельном случае с учетом конкретных условий;

2) шин электростанций и подстанций (см. 3.3.24 и 3.3.25);

3) трансформаторов (см. 3.3.26);

4) ответственных электродвигателей, отключаемых для обеспечения самозапуска других электродвигателей (см. 3.3.38).

Для осуществления АПВ по п. 1-3 должны также предусматриваться устройства АПВ на обходных, шиносоединительных и секционных выключателях.

Допускается в целях экономии аппаратуры выполнение устройства группового АПВ на линиях, в первую очередь кабельных, и других присоединениях 6-10 кВ. При этом следует учитывать недостатки устройства группового АПВ, например возможность отказа в случае, если

после отключения выключателя одного из присоединений отключение выключателя другого присоединения происходит до возврата устройства АПВ в исходное положение.

3.3.3. Устройства АПВ должны быть выполнены так, чтобы они не действовали при:

- 1) отключении выключателя персоналом дистанционно или при помощи телеуправления;
- 2) автоматическом отключении от релейной защиты непосредственно после включения персоналом дистанционно или при помощи телеуправления;
- 3) отключении выключателя защитой от внутренних повреждений трансформаторов и вращающихся машин, устройствами противоаварийной автоматики, а также в других случаях отключений выключателя, когда действие АПВ недопустимо. АПВ после действия АЧР (ЧАПВ) должно выполняться в соответствии с 3.3.81.

Устройства АПВ должны быть выполнены так, чтобы была исключена возможность многократного включения на КЗ при любой неисправности в схеме устройства.

Устройства АПВ должны выполняться с автоматическим возвратом.

3.3.4. При применении АПВ должно, как правило, предусматриваться ускорение действия релейной защиты на случай неуспешного АПВ. Ускорение действия релейной защиты после неуспешного АПВ выполняется с помощью устройства ускорения после включения выключателя, которое, как правило, должно использоваться и при включении выключателя по другим причинам (от ключа управления, телеуправления или устройства АВР). При ускорении защиты после включения выключателя должны быть приняты меры против возможного отключения выключателя защитой под действием толчка тока при включении из-за неодновременного включения фаз выключателя.

Не следует ускорять защиты после включения выключателя, когда линия уже включена под напряжение другим своим выключателем (т. е. при наличии симметричного напряжения на линии).

Допускается не ускорять после АПВ действие защит линий 35 кВ и ниже, выполненных на переменном оперативном токе, если для этого требуется значительное усложнение защит и время их действия при металлическом КЗ вблизи места установки не превосходит 1,5 с.

3.3.5. Устройства трехфазного АПВ (ТАПВ) должны осуществляться преимущественно с пуском при несоответствии между ранее поданной оперативной командой и отключенным положением выключателя; допускается также пуск устройства АПВ от защиты.

3.3.6. Могут применяться, как правило, устройства ТАПВ однократного или двукратного действия (последнее - если это допустимо по условиям работы выключателя). Устройство ТАПВ двукратного действия рекомендуется принимать для воздушных линий, в особенности для одиночных с односторонним питанием. В сетях 35 кВ и ниже устройства ТАПВ двукратного действия рекомендуется применять в первую очередь для линий, не имеющих резервирования по сети.

В сетях с изолированной или компенсированной нейтралью, как правило, должна применяться блокировка второго цикла АПВ в случае замыкания на землю после АПВ первого цикла (например, по наличию напряжений нулевой последовательности). Выдержка времени ТАПВ во втором цикле должна быть не менее 15-20 с.

3.3.7. Для ускорения восстановления нормального режима работы электропередачи выдержка времени устройства ТАПВ (в особенности для первого цикла АПВ двукратного действия на линиях с односторонним питанием) должна приниматься минимально возможной с учетом времени погасания дуги и деионизации среды в месте повреждения, а также с учетом времени готовности выключателя и его привода к повторному включению.

Выдержка времени устройства ТАПВ на линии с двусторонним питанием должна выбираться также с учетом возможного одновременного отключения повреждения с обоих концов линии; при этом время действия защит, предназначенных для дальнего резервирования, учитываться не должно. Допускается не учитывать разновременности отключения выключателей по концам линии, когда они отключаются в результате срабатывания высокочастотной защиты.

С целью повышения эффективности ТАПВ однократного действия допускается увеличивать его выдержку времени (по возможности с учетом работы потребителя).

3.3.8. На одиночных линиях 110 кВ и выше с односторонним питанием, для которых допустим в случае неуспешного ТАПВ переход на длительную работу двумя фазами, следует предусматривать ТАПВ двукратного действия на питающем конце линии. Перевод линии на работу двумя фазами может производиться персоналом на месте или при помощи телеуправления.

Для перевода линии после неуспешного АПВ на работу двумя фазами следует предусматривать пофазное управление разъединителями или выключателями на питающем и приемном концах линии.

При переводе линии на длительную работу двумя фазами следует при необходимости принимать меры к уменьшению помех в работе линий связи из-за неполнофазного режима работы линии. С этой целью допускается ограничение мощности, передаваемой по линии в неполнофазном режиме (если это возможно по условиям работы потребителя).

В отдельных случаях при наличии специального обоснования допускается также перерыв в работе линии связи на время неполнофазного режима.

3.3.9. На линиях, отключение которых не приводит к нарушению электрической связи между генерирующими источниками, например на параллельных линиях с односторонним питанием, следует устанавливать устройства ТАПВ без проверки синхронизма.

3.3.10. На одиночных линиях с двусторонним питанием (при отсутствии шунтирующих связей) должен предусматриваться один из следующих видов трехфазного АПВ (или их комбинаций):

- а) быстродействующее ТАПВ (БАПВ)
- б) несинхронное ТАПВ (НАПВ);
- в) ТАПВ с улавливанием синхронизма (ТАПВ УС).

Кроме того, может предусматриваться однофазное АПВ (ОАПВ) в сочетании с различными видами ТАПВ, если выключатели оборудованы пофазным управлением и не нарушается устойчивость параллельной работы частей энергосистемы в цикле ОАПВ.

Выбор видов АПВ производится, исходя из совокупности конкретных условий работы системы и оборудования с учетом указаний 3.3.11-3.3.15.

3.3.11. Быстродействующее АПВ, или БАПВ (одновременное включение с минимальной выдержкой времени с обоих концов), рекомендуется предусматривать на линиях по 3.3.10 для автоматического повторного включения, как правило, при небольшом расхождении угла между векторами ЭДС соединяемых систем. БАПВ может применяться при наличии выключателей, допускающих БАПВ, если после включения обеспечивается сохранение синхронной параллельной работы систем и максимальный электромагнитный момент синхронных генераторов и компенсаторов меньше (с учетом необходимого запаса) электромагнитного момента, возникающего при трехфазном КЗ на выводах машины.

Оценка максимального электромагнитного момента должна производиться для предельно возможного расхождения угла за время БАПВ. Соответственно запуск БАПВ должен производиться лишь при срабатывании быстродействующей защиты, зона действия которой

охватывает всю линию. БАПВ должно блокироваться при срабатывании резервных защит и блокироваться или задерживаться при работе УРОВ.

Если для сохранения устойчивости энергосистемы при неуспешном БАПВ требуется большой объем воздействий от противоаварийной автоматики, применение БАПВ не рекомендуется.

3.3.12. Несинхронное АПВ (НАПВ) может применяться на линиях по 3.3.10 (в основном 110-220 кВ), если:

а) максимальный электромагнитный момент синхронных генераторов и компенсаторов, возникающий при несинхронном включении, меньше (с учетом необходимого запаса) электромагнитного момента, возникающего при трехфазном КЗ на выводах машины, при этом в качестве практических критериев оценки допустимости НАПВ принимаются расчетные начальные значения периодических составляющих токов статора при угле включения  $180^\circ$ ;

б) максимальный ток через трансформатор (автотрансформатор) при угле включения  $180^\circ$  меньше тока КЗ на его выводах при питании от шин бесконечной мощности;

в) после АПВ обеспечивается достаточно быстрая ресинхронизация; если в результате несинхронного автоматического повторного включения возможно возникновение длительного асинхронного хода, должны применяться специальные мероприятия для его предотвращения или прекращения.

При соблюдении этих условий НАПВ допускается применять также в режиме ремонта на параллельных линиях.

При выполнении НАПВ необходимо принять меры по предотвращению излишнего срабатывания защиты. С этой целью рекомендуется, в частности, осуществлять включение выключателей при НАПВ в определенной последовательности, например выполнением АПВ с одной из сторон линии с контролем наличия напряжения на ней после успешного ТАПВ с противоположной стороны.

3.3.13. АПВ с улавливанием синхронизма может применяться на линиях по 3.3.10 для включения линии при значительных (примерно до 4%) скольжениях и допустимом угле.

Возможно также следующее выполнение АПВ. На конце линии, который должен включаться первым, производится ускоренное ТАПВ (с фиксацией срабатывания быстродействующей защиты, зона действия которой охватывает всю линию) без контроля напряжения на линии (УТАПВ БК) или ТАПВ с контролем отсутствия напряжения на линии (ТАПВ ОН), а на другом ее конце - ТАПВ с улавливанием синхронизма. Последнее производится при условии, что включение первого конца было успешным (это может быть определено, например, при помощи контроля наличия напряжения на линии).

Для улавливания синхронизма могут применяться устройства, построенные по принципу синхронизатора с постоянным углом опережения.

Устройства АПВ следует выполнять так, чтобы имелась возможность изменять очередность включения выключателей по концам линии.

При выполнении устройства АПВ УС необходимо стремиться к обеспечению его действия при возможно большей разности частот. Максимальный допустимый угол включения при применении АПВ УС должен приниматься с учетом условий, указанных в 3.3.12. При применении устройства АПВ УС рекомендуется его использование для включения линии персоналом (полуавтоматическая синхронизация).

3.3.14. На линиях, оборудованных трансформаторами напряжения, для контроля отсутствия напряжения (КОН) и контроля наличия напряжения (КНН) на линии при различных видах ТАПВ рекомендуется использовать органы, реагирующие на линейное (фазное) напряжение и на напряжения обратной и нулевой последовательностей. В некоторых случаях, например на линиях без шунтирующих реакторов, можно не использовать напряжение нулевой последовательности.

3.3.15. Однофазное автоматическое повторное включение (ОАПВ) может применяться только в сетях с большим током замыкания на землю. ОАПВ без автоматического перевода линии на длительный неполнофазный режим при устойчивом повреждении фазы следует применять:

а) на одиночных сильно нагруженных межсистемных или внутрисистемных линиях электропередачи;

б) на сильно нагруженных межсистемных линиях 220 кВ и выше с двумя и более обходными связями при условии, что отключение одной из них может привести к нарушению динамической устойчивости энергосистемы;

в) на межсистемных и внутрисистемных линиях разных классов напряжения, если трехфазное отключение линии высшего напряжения может привести к недопустимой перегрузке линий низшего напряжения с возможностью нарушения устойчивости энергосистемы;

г) на линиях, связывающих с системой крупные блочные электростанции без значительной местной нагрузки;

д) на линиях электропередачи, где осуществление ТАПВ сопряжено со значительным сбросом нагрузки вследствие понижения напряжения.

Устройство ОАПВ должно выполняться так, чтобы при выводе его из работы или исчезновении питания автоматически осуществлялся перевод действия защит линии на отключение трех фаз помимо устройства.

Выбор поврежденных фаз при КЗ на землю должен осуществляться при помощи избирательных органов, которые могут быть также использованы в качестве дополнительной быстродействующей защиты линии в цикле ОАПВ, при ТАПВ, БАПВ и одностороннем включении линии оперативным персоналом.

Выдержка временем ОАПВ должна отстраиваться от времени погасания дуги и деионизации среды в месте однофазного КЗ в неполнофазном режиме с учетом возможности неодновременного срабатывания защиты по концам линии, а также каскадного действия избирательных органов.

3.3.16. На линиях по 3.3.15 ОАПВ должно применяться в сочетании с различными видами ТАПВ. При этом должна быть предусмотрена возможность запрета ТАПВ во всех случаях ОАПВ или только при неуспешном ОАПВ. В зависимости от конкретных условий допускается осуществление ТАПВ после неуспешного ОАПВ. В этих случаях предусматривается действие ТАПВ сначала на одном конце линии с контролем отсутствия напряжения на линии и с увеличенной выдержкой времени.

3.3.17. На одиночных линиях с двусторонним питанием, связывающих систему с электростанцией небольшой мощности, могут применяться ТАПВ с автоматической самосинхронизацией (АПВС) гидрогенераторов для гидроэлектростанций и ТАПВ в сочетании с делительными устройствами - для гидро- и теплоэлектростанций.

3.3.18. На линиях с двусторонним питанием при наличии нескольких обходных связей следует применять:

1) при наличии двух связей, а также при наличии трех связей, если вероятно одновременное длительное отключение двух из этих связей (например, двухцепной линии):

несинхронное АПВ (в основном для линий 110-220 кВ и при соблюдении условий, указанных в 3.3.12, но для случая отключения всех связей);

АПВ с проверкой синхронизма (при невозможности выполнения несинхронного АПВ по причинам, указанным в 3.3.12, но для случая отключения всех связей).

Для ответственных линий при наличии двух связей, а также при наличии трех связей, две из которых - двухцепная линия, при невозможности применения НАПВ по причинам, указанным в 3.3.12, разрешается применять устройства ОАПВ, БАПВ или АПВ УС (см. 3.3.11, 3.3.13, 3.3.15). При этом устройства ОАПВ и БАПВ следует дополнять устройством АПВ с проверкой синхронизма;

2) при наличии четырех и более связей, а также при наличии трех связей, если в последнем случае одновременное длительное отключение двух из этих связей маловероятно (например, если все линии одноцепные), - АПВ без проверки синхронизма.

3.3.19. Устройства АПВ с проверкой синхронизма следует выполнять на одном конце линии с контролем отсутствия напряжения на линии и с контролем наличия синхронизма, на другом конце - только с контролем наличия синхронизма. Схемы устройства АПВ с проверкой синхронизма линии должны выполняться одинаковыми на обоих концах с учетом возможности изменения очередности включения выключателей линии при АПВ.

Рекомендуется использовать устройство АПВ с проверкой синхронизма для проверки синхронизма соединяемых систем при включении линии персоналом.

3.3.20. Допускается совместное применение нескольких видов трехфазного АПВ на линии, например БАПВ и ТАПВ с проверкой синхронизма. Допускается также использовать различные виды устройств АПВ на разных концах линии, например УТАПВ БК (см. 3.3.13) на одном конце линии и ТАПВ с контролем наличия напряжения и синхронизма на другом.

3.3.21. Допускается сочетание ТАПВ с неселективными быстродействующими защитами для исправления неселективного действия последних. В сетях, состоящих из ряда последовательно включенных линий, при применении для них неселективных быстродействующих защит для исправления их действия рекомендуется применять поочередное АПВ; могут также применяться устройства АПВ с ускорением защиты до АПВ или с кратностью действия (не более трех), возрастающей по направлению к источнику питания.

3.3.22. При применении трехфазного однократного АПВ линий, питающих трансформаторы, со стороны высшего напряжения которых устанавливаются короткозамыкатели и отделители, для отключения отделителя в бестоковую паузу время действия устройства АПВ должно быть отстроено от суммарного времени включения короткозамыкателя и отключения отделителя. При применении трехфазного АПВ двукратного действия (см. 3.3.6) время действия АПВ в первом цикле по указанному условию не должно увеличиваться, если отключение отделителя предусматривается в бестоковую паузу второго цикла АПВ.

Для линий, на которые вместо выключателей устанавливаются отделители, отключение отделителей в случае неуспешного АПВ в первом цикле должно производиться в бестоковую паузу второго цикла АПВ.

3.3.23. Если в результате действия АПВ возможно несинхронное включение синхронных компенсаторов или синхронных электродвигателей и если такое включение для них недопустимо, а также для исключения подпитки от этих машин места повреждения следует предусматривать автоматическое отключение этих синхронных машин при исчезновении питания или переводить их в асинхронный режим отключением АГП с последующим автоматическим включением или ресинхронизацией после восстановления напряжения в результате успешного АПВ.

Для подстанций с синхронными компенсаторами или синхронными электродвигателями должны применяться меры, предотвращающие излишние срабатывания АЧР при действии АПВ.

3.3.24. АПВ шин электростанций и подстанций при наличии специальной защиты шин и выключателей, допускающих АПВ, должно выполняться по одному из двух вариантов:

1) автоматическим опробованием (постановка шин под напряжение выключателем от АПВ одного из питающих элементов);

2) автоматической сборкой схемы; при этом первым от устройства АПВ включается один из питающих элементов (например, линия, трансформатор), при успешном включении этого элемента производится последующее, возможно более полное автоматическое восстановление схемы доаварийного режима путем включения других элементов. АПВ шин по этому варианту рекомендуется применять в первую очередь для подстанций без постоянного дежурства персонала.

При выполнении АПВ шин должны применяться меры, исключающие несинхронное включение (если оно является недопустимым).

Должна обеспечиваться достаточная чувствительность защиты шин на случай неуспешного АПВ.

3.3.25. На двухтрансформаторных понижающих подстанциях при раздельной работе трансформаторов, как правило, должны предусматриваться устройства АПВ шин среднего и низшего напряжений в сочетании с устройствами АВР; при внутренних повреждениях трансформаторов должно действовать АВР, при прочих повреждениях - АПВ (см. 3.3.42).

Допускается для двухтрансформаторной подстанции, в нормальном режиме которой предусматривается параллельная работа трансформаторов на шинах данного напряжения, устанавливать дополнительно к устройству АПВ устройство АВР, предназначенное для режима, когда один из трансформаторов выведен в резерв.

3.3.26. Устройствами АПВ должны быть оборудованы все одиночные понижающие трансформаторы мощностью более 1 МВ·А на подстанциях энергосистем, имеющие выключатель и максимальную токовую защиту с питающей стороны, когда отключение трансформатора приводит к обесточению электроустановок потребителей. Допускается в отдельных случаях действие АПВ и при отключении трансформатора защитой от внутренних повреждений.

3.3.27. При неуспешном АПВ включаемого первым выключателем элемента, присоединенного двумя или более выключателями, АПВ остальных выключателей этого элемента, как правило, должно запрещаться.

3.3.28. При наличии на подстанции или электростанции выключателей с электромагнитным приводом, если от устройства АПВ могут быть одновременно включены два или более выключателей, для обеспечения необходимого уровня напряжения аккумуляторной батареи при включении и для снижения сечения кабелей цепей питания электромагнитов включения следует, как правило, выполнять АПВ так, чтобы одновременное включение нескольких выключателей было исключено (например, применением на присоединениях АПВ с различными выдержками времени).

Допускается в отдельных случаях (преимущественно при напряжении 110 кВ и большом числе присоединений, оборудованных АПВ) одновременное включение от АПВ двух выключателей.

3.3.29. Действие устройств АПВ должно фиксироваться указательными реле, встроенными в реле указателями срабатывания, счетчиками числа срабатываний или другими устройствами аналогичного назначения.

## **АВТОМАТИЧЕСКОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ РЕЗЕРВНОГО ПИТАНИЯ И ОБОРУДОВАНИЯ (АВР)**

3.3.30. Устройства АВР должны предусматриваться для восстановления питания потребителей путем автоматического присоединения резервного источника питания при отключении рабочего источника питания, приводящем к обесточению электроустановок потребителя. Устройства АВР

должны предусматриваться также для автоматического включения резервного оборудования при отключении рабочего оборудования, приводящем к нарушению нормального технологического процесса.

Устройства АВР также рекомендуется предусматривать, если при их применении возможно упрощение релейной защиты, снижение токов КЗ и удешевление аппаратуры за счет замены кольцевых сетей радиально-секционированными и т. п.

Устройства АВР могут устанавливаться на трансформаторах, линиях, секционных и шиносоединительных выключателях, электродвигателях и т. п.

3.3.31. Устройство АВР, как правило, должно обеспечивать возможность его действия при исчезновении напряжения на шинах питаемого элемента, вызванном любой причиной, в том числе КЗ на этих шинах (последнее - при отсутствии АПВ шин, см. также 3.3.42).

3.3.32. Устройство АВР при отключении выключателя рабочего источника питания должно включать, как правило, без дополнительной выдержки времени, выключатель резервного источника питания (см. также 3.3.41). При этом должна быть обеспечена однократность действия устройства.

3.3.33. Для обеспечения действия АВР при обесточении питаемого элемента в связи с исчезновением напряжения со стороны питания рабочего источника, а также при отключении выключателя с приемной стороны (например, для случаев, когда релейная защита рабочего элемента действует только на отключение выключателей со стороны питания) в схеме АВР в дополнение к указанному в 3.3.32 должен предусматриваться пусковой орган напряжения. Указанный пусковой орган при исчезновении напряжения на питаемом элементе и при наличии напряжения со стороны питания резервного источника должен действовать с выдержкой времени на отключение выключателя рабочего источника питания с приемной стороны. Пусковой орган напряжения АВР не должен предусматриваться, если рабочий и резервный элементы имеют один источник питания.

3.3.34. Для трансформаторов и линий малой протяженности с целью ускорения действия АВР целесообразно выполнять релейную защиту с действием на отключение не только выключателя со стороны питания, но и выключателя с приемной стороны. С этой же целью в наиболее ответственных случаях (например, на собственных нуждах электростанций) при отключении по каким-либо причинам выключателя только со стороны питания должно быть обеспечено немедленное отключение выключателя с приемной стороны по цепи блокировки.

3.3.35. Минимальный элемент напряжения пускового органа АВР, реагирующий на исчезновение напряжения рабочего источника, должен быть отстроен от режима самозапуска электродвигателей и от снижения напряжения при удаленных КЗ. Напряжение срабатывания элемента контроля напряжения на шинах резервного источника пускового органа АВР должно выбираться по возможности, исходя из условия самозапуска электродвигателей. Время действия пускового органа АВР должно быть больше времени отключения внешних КЗ, при которых снижение напряжения вызывает срабатывание элемента минимального напряжения пускового органа, и, как правило, больше времени действия АПВ со стороны питания.

Минимальный элемент напряжения пускового органа АВР, как правило, должен быть выполнен так, чтобы исключалась его ложная работа при перегорании одного из предохранителей трансформатора напряжения со стороны обмотки высшего или низшего напряжения; при защите обмотки низшего напряжения автоматическим выключателем при его отключении действие пускового органа должно блокироваться. Допускается не учитывать данное требование при выполнении устройств АВР в распределительных сетях 6-10 кВ, если для этого требуется специальная установка трансформатора напряжения.

3.3.36. Если при использовании пуска АВР по напряжению время его действия может оказаться недопустимо большим (например, при наличии в составе нагрузки значительной доли синхронных электродвигателей), рекомендуется применять в дополнение к пусковому органу напряжения пусковые органы других типов (например, реагирующие на исчезновение тока, снижение частоты, изменение направления мощности и т. п.).



В случае применения пускового органа частоты последний при снижении частоты со стороны рабочего источника питания до заданного значения и при нормальной частоте со стороны резервного питания должен действовать с выдержкой времени на отключение выключателя рабочего источника питания.

При технологической необходимости может выполняться пуск устройства автоматического включения резервного оборудования от различных специальных датчиков (давления, уровня и т. п.).

3.3.37. Схема устройства АВР источников питания собственных нужд электростанций после включения резервного источника питания взамен одного из отключающихся рабочих источников должна сохранять возможность действия при отключении других рабочих источников питания.

3.3.38. При выполнении устройств АВР следует проверять условия перегрузки резервного источника питания и самозапуска электродвигателей и, если имеет место чрезмерная перегрузка или не обеспечивается самозапуск, выполнять разгрузку при действии АВР (например, отключение неответственных, а в некоторых случаях и части ответственных электродвигателей; для последних рекомендуется применение АПВ).

3.3.39. При выполнении АВР должна учитываться недопустимость его действия на включение потребителей, отключенных устройствами АЧР. С этой целью должны применяться специальные мероприятия (например, блокировка по частоте); в отдельных случаях при специальном обосновании невозможности выполнения указанных мероприятий допускается не предусматривать АВР.

3.3.40. При действии устройства АВР, когда возможно включение выключателя на КЗ, как правило, должно предусматриваться ускорение действия защиты этого выключателя (см. также 3.3.4). При этом должны быть приняты меры для предотвращения отключений резервного питания по цепи ускорения защиты за счет бросков тока включения.

С этой целью на выключателях источников резервного питания собственных нужд электростанций ускорение защиты должно предусматриваться только в случае, если ее выдержка времени превышает 1-1,2 с; при этом в цепь ускорения должна быть введена выдержка времени около 0,5 с. Для прочих электроустановок значения выдержек времени принимаются, исходя из конкретных условий.

3.3.41. В случаях, если в результате действия АВР возможно несинхронное включение синхронных компенсаторов или синхронных электродвигателей и если оно для них недопустимо, а также для исключения подпитки от этих машин места повреждения следует при исчезновении питания автоматически отключать синхронные машины или переводить их в асинхронный режим отключением АГП с последующим автоматическим включением или ресинхронизацией после восстановления напряжения в результате успешного АВР.

Для предотвращения включения резервного источника от АВР до отключения синхронных машин допускается применять замедление АВР. Если последнее недопустимо для остальной нагрузки, допускается при специальном обосновании отключать от пускового органа АВР линию, связывающую шины рабочего питания с нагрузкой, содержащей синхронные электродвигатели.

Для подстанций с синхронными компенсаторами или синхронными электродвигателями должны применяться меры, предотвращающие неправильную работу АЧР при действии АВР (см. 3.3.79).

3.3.42. С целью предотвращения включения резервного источника питания на КЗ при невяном резерве, предотвращения его перегрузки, облегчения самозапуска, а также восстановления наиболее простыми средствами нормальной схемы электроустановки после аварийного отключения и действия устройства автоматики рекомендуется применять сочетание устройств АВР и АПВ. Устройства АВР должны действовать при внутренних повреждениях рабочего источника, АПВ - при прочих повреждениях.

После успешного действия устройств АПВ или АВР должно, как правило, обеспечиваться возможно более полное автоматическое восстановление схемы доаварийного режима (например, для подстанций с упрощенными схемами электрических соединений со стороны высшего напряжения - отключение включенного при действии АВР секционного выключателя на стороне низшего напряжения после успешного АПВ питающей линии).

## **ВКЛЮЧЕНИЕ ГЕНЕРАТОРОВ**

3.3.43. Включение генераторов на параллельную работу должно производиться одним из следующих способов: точной синхронизацией (ручной, полуавтоматической и автоматической) и самосинхронизацией (ручной, полуавтоматической и автоматической).

3.3.44. Способ точной автоматической или полуавтоматической синхронизации как основной способ включения на параллельную работу при нормальных режимах должен предусматриваться для:

турбогенераторов с косвенным охлаждением обмоток мощностью более 3 МВт, работающих непосредственно на сборные шины генераторного напряжения, и при значении периодической составляющей переходного тока более  $3,5 I_{ном}$ ;

турбогенераторов с непосредственным охлаждением обмоток типов ТВВ, ТВФ, ТГВ и ТВМ;

гидрогенераторов мощностью 50 МВт и более.

При аварийных режимах в электрической системе включение на параллельную работу всех генераторов вне зависимости от системы охлаждения и мощности может производиться способом самосинхронизации.

3.3.45. Способ самосинхронизации как основной способ включения на параллельную работу может предусматриваться для:

турбогенераторов мощностью до 3 МВт:

турбогенераторов с косвенным охлаждением мощностью более 3 МВт, работающих непосредственно на сборные шины, если периодическая составляющая переходного тока при включении в сеть способом самосинхронизации не превосходит  $3,5 I_{ном}$ ;

турбогенераторов с косвенным охлаждением, работающих в блоке с трансформаторами;

гидрогенераторов мощностью до 50 МВт;

гидрогенераторов, электрически жестко связанных между собой и работающих через общий выключатель при их суммарной мощности до 50 МВт.

В указанных случаях могут не предусматриваться устройства полуавтоматической и автоматической точной синхронизации.

3.3.46. При использовании способа самосинхронизации как основного способа включения генераторов на параллельную работу следует предусматривать установку на гидрогенераторах устройств автоматической самосинхронизации, на турбогенераторах - устройств ручной или полуавтоматической самосинхронизации.

3.3.47. При использовании способа точной синхронизации в качестве основного способа включения генераторов на параллельную работу, как правило, следует предусматривать установку устройств автоматической и полуавтоматической точной синхронизации. Для

генераторов мощностью до 15 МВт допускается применение ручной точной синхронизации с блокировкой от несинхронного включения.

3.3.48. В соответствии с указанными положениями все генераторы должны быть оборудованы соответствующими устройствами синхронизации, расположенными на центральном пункте управления или на местном пункте управления для гидроэлектростанций, на главном щите управления или на блочных щитах управления для теплоэлектростанций.

Вне зависимости от применяемого способа синхронизации все генераторы должны быть оборудованы устройствами, позволяющими в необходимых случаях производить ручную точную синхронизацию с блокировкой от несинхронного включения.

3.3.49. При включении в сеть способом точной синхронизации двух или более гидрогенераторов, работающих через один выключатель, генераторы предварительно синхронизируются между собой способом самосинхронизации и с сетью - способом точной синхронизации.

3.3.50. На транзитных подстанциях основной сети и электростанциях, где требуется синхронизация отдельных частей электрической системы, должны предусматриваться устройства для полуавтоматической или ручной точной синхронизации.

### **АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ, НАПРЯЖЕНИЯ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

3.3.51. Устройства автоматического регулирования возбуждения, напряжения и реактивной мощности предназначены для:

поддержания напряжения в электрической системе и у электроприемников по заданным характеристикам при нормальной работе электроэнергетической системы;

распределения реактивной нагрузки между источниками реактивной мощности по заданному закону;

повышения статической и динамической устойчивости электрических систем и демпфирования колебаний в переходных режимах.

3.3.52. Синхронные машины (генераторы, компенсаторы, электродвигатели) должны быть оборудованы устройствами АРВ. Автоматические регуляторы возбуждения должны соответствовать требованиям ГОСТ на системы возбуждения и техническим условиям на оборудование систем возбуждения.

Для генераторов и синхронных компенсаторов мощностью менее 2,5 МВт, за исключением генераторов электростанций, работающих изолированно или в энергосистеме небольшой мощности, допускается применять только устройства релейной форсировки возбуждения. Синхронные электродвигатели должны быть оборудованы устройствами АРВ в соответствии с 5.3.12 и 5.3.13.

3.3.53. Должна быть обеспечена высокая надежность питания АРВ и других устройств системы возбуждения от трансформаторов напряжения, а также высокая надежность соответствующих цепей.

При подключении АРВ к трансформатору напряжения, имеющему предохранители на первичной стороне:

АРВ и другие устройства системы возбуждения, потеря питания которых может привести к перегрузке или недопустимому снижению возбуждения машины, должны присоединяться к их вторичным выводам без предохранителей и автоматических выключателей;

устройство релейной форсировки должно выполняться так, чтобы исключалась возможность его ложной работы при перегорании одного из предохранителей с первичной стороны трансформаторов напряжения.

При подключении АРВ к трансформатору напряжения, не имеющему предохранителей на первичной стороне:

АРВ и другие устройства системы возбуждения должны присоединяться к их вторичным выводам через автоматические выключатели;

должны быть предусмотрены мероприятия по использованию вспомогательных контактов автоматического выключателя, исключающие перегрузку или недопустимое снижение возбуждения машины в случае отключения автоматического выключателя.

К трансформаторам напряжения, к которым подключаются АРВ и другие устройства системы возбуждения, как правило, не должны присоединяться другие устройства и приборы. В отдельных случаях допускается присоединение этих устройств и приборов через отдельные автоматические выключатели или предохранители.

3.3.54. Устройства АРВ гидрогенераторов должны быть выполнены так, чтобы в случае сброса нагрузки при исправном регуляторе скорости исключалось срабатывание защиты от повышения напряжения. При необходимости устройство АРВ может быть дополнено релейным устройством быстрогодействующего развозбуждения.

3.3.55. Схема устройства релейной форсировки возбуждения должна предусматривать возможность перевода его действия на резервный возбудитель при замене им основного возбудителя.

3.3.56. Устройства компаундирования возбуждения должны присоединяться к трансформаторам тока со стороны вывода генератора или синхронного компенсатора (со стороны шин).

3.3.57. Для синхронных генераторов и компенсаторов с непосредственным охлаждением, генераторов мощностью 15 МВт и более и компенсаторов мощностью 15 Мвар и более, электростанций и подстанций без постоянного дежурства персонала в помещении щита управления должно быть предусмотрено автоматическое ограничение перегрузки с выдержкой времени, зависящей от кратности перегрузки.

До освоения серийного выпуска устройств автоматического ограничения перегрузки с зависимой выдержкой времени для машин мощностью до 200 МВт (Мвар) допускается устанавливать устройства ограничения с независимой по времени характеристикой.

Устройство автоматического ограничения перегрузки не должно препятствовать форсировке возбуждения в течение времени, которое допускается для соответствующего исполнения машины.

3.3.58. Для генераторов мощностью 100 МВт и более и для компенсаторов мощностью 100 Мвар и более следует устанавливать быстродействующие системы возбуждения с АРВ сильного действия.

В отдельных случаях, определяемых условиями работы электростанции в энергосистеме, допускается устанавливать АРВ другого типа, а также медленно действующие системы возбуждения.

3.3.59. Система возбуждения и устройства АРВ должны обеспечивать устойчивое регулирование в пределах от наименьшего допустимого до наибольшего допустимого значения

тока возбуждения. Для синхронных компенсаторов с нереверсивной системой возбуждения регулирование должно обеспечиваться начиная от значения тока ротора, практически равного нулю, а для компенсаторов с реверсивной системой возбуждения - от наибольшего допустимого значения отрицательного тока возбуждения.

Для машин, работающих в блоке с трансформаторами, должна быть предусмотрена возможность токовой компенсации потери напряжения в трансформаторе.

3.3.60. Генераторы мощностью 2,5 МВт и более гидро- и тепловых электростанций с числом агрегатов четыре и более должны оснащаться общестанционными АСУ технологическими процессами или (при их отсутствии) системами группового управления возбуждением. Эти системы на генераторах тепловых электростанций рекомендуется выполнять в зависимости от схемы, режима и мощности электростанции.

3.3.61. Трансформаторы с РПН распределительных подстанций и собственных нужд электростанций, а также линейные регуляторы распределительных подстанций для поддержания или заданного изменения напряжения должны оснащаться системой автоматического регулирования коэффициента трансформации. При необходимости автоматические регуляторы должны обеспечивать встроечное регулирование напряжения.

Подстанции, на которых предусматривается параллельная работа трансформаторов (автотрансформаторов) с автоматическим регулированием коэффициента трансформации, должны оснащаться общеподстанционной автоматизированной системой управления технологическими процессами или системой группового регулирования, исключающей появление недопустимых уравнивающих токов между трансформаторами.

3.3.62. Конденсаторные установки должны быть оборудованы устройствами автоматического регулирования в соответствии с гл. 5.6.

### **АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТЫ И АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ (АРЧМ)**

3.3.63. Системы автоматического регулирования частоты и активной мощности (АРЧМ) предназначены для:

поддержания частоты в энергообъединениях и изолированных энергосистемах в нормальных режимах согласно требованиям ГОСТ на качество электрической энергии;

регулирования обменных мощностей энергообъединений и ограничения перетоков мощности по контролируемым внешним и внутренним связям энергообъединений и энергосистем;

распределения мощности (в том числе экономичного) между объектами управления на всех уровнях диспетчерского управления (между объединенными энергосистемами в "ЕЭС России", энергосистемами в ОЭС, электростанциями в энергосистемах и агрегатами или энергоблоками в пределах электростанций).

3.3.64. Системы АРЧМ должны обеспечивать (при наличии необходимого регулировочного диапазона) на управляемых электростанциях поддержание среднего отклонения частоты от заданного значения в пределах  $\pm 0,1$  Гц в десятиминутных интервалах и ограничение перетока мощности по контролируемым связям с подавлением не менее чем на 70% амплитуды колебаний перетока мощности с периодом 2 мин и более.

3.3.65. В систему АРЧМ должны входить:

устройства автоматического регулирования частоты, обменной мощности и ограничения перетоков на диспетчерских пунктах "ЕЭС России" и ОЭС;

устройства распределения управляющих воздействий от вышестоящих систем АРЧМ между управляемым электростанциями и устройства ограничения перетоков по контролируемым внутренним связям на диспетчерских пунктах энергосистем;

устройства управления активной мощностью на электростанциях, привлекаемых к участию в автоматическом управлении мощностью;

датчики перетоков активной мощности и средства телемеханики.

3.3.66. Устройства АРЧМ на диспетчерских пунктах должны обеспечивать выявление отклонений фактического режима работы от заданного, формирование и передачу управляющих воздействий для диспетчерских пунктов нижнего уровня управления и для электростанций, привлекаемых к автоматическому управлению мощностью.

3.3.67. Устройства автоматического управления мощностью электростанций должны обеспечивать:

прием и преобразование управляющих воздействий, поступающих с диспетчерских пунктов вышестоящего уровня управления, и формирование управляющих воздействий на уровне управления электростанций;

формирование управляющих воздействий на отдельные агрегаты (энергоблоки);

поддержание мощности агрегатов (энергоблоков) в соответствии с полученными управляющими воздействиями.

3.3.68. Управление мощностью электростанции должно осуществляться со статизмом по частоте, изменяемым в пределах от 3 до 6%.

3.3.69. На гидроэлектростанциях системы управления мощностью должны иметь автоматические устройства, обеспечивающие пуск и останов агрегатов, а при необходимости также перевод агрегатов в режимы синхронного компенсатора и генераторный в зависимости от условий и режима работы электростанций и энергосистемы с учетом имеющихся ограничений в работе агрегатов.

Гидроэлектростанции, мощность которых определяется режимом водотока, рекомендуется оборудовать автоматическими регуляторами мощности по водотоку.

3.3.70. Устройства АРЧМ должны допускать оперативное изменение параметров настройки при изменении режимов работы объекта управления, оснащаться элементами сигнализации, блокировками и защитами, предотвращающими неправильные их действия при нарушении нормальных режимов работы объектов управления, при неисправностях в самих устройствах, а также исключая те действия, которые могут помешать функционированию устройств противоаварийной автоматики.

На тепловых электростанциях устройства АРЧМ должны быть оборудованы элементами, предотвращающими те изменения технологических параметров выше допустимых пределов, которые вызваны действием этих устройств на агрегаты (энергоблоки).

3.3.71. Средства телемеханики должны обеспечивать ввод информации о перетоках по контролируемым внутрисистемным и межсистемным связям, передачу управляющих воздействий и сигналов от устройств АРЧМ на объекты управления, а также передачу необходимой информации на вышестоящий уровень управления.

Суммарное значение сигналов в средствах телемеханики и устройствах АРЧМ не должно превышать 5 с.

## АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ НАРУШЕНИЙ УСТОЙЧИВОСТИ

3.3.72. Устройства автоматического предотвращения нарушений устойчивости энергосистем должны предусматриваться в зависимости от конкретных условий гам, где это технически и экономически целесообразно, - для сохранения динамической устойчивости и обеспечения нормативного запаса статической устойчивости в послеаварийных режимах.

Устройства автоматического предотвращения нарушения устойчивости могут предусматриваться для действия в случаях:

а) отключения линии без повреждения, а также при повреждениях в результате однофазных КЗ при работе основной защиты и ОАПВ в возможных режимах повышенной загрузки электропередач и в ремонтных схемах сети; допускается применение устройств автоматики при этих повреждениях и в нормальных схемах и режимах энергосистемы, если нарушение устойчивости в результате отказа автоматики не может привести к потере значительной части нагрузки энергосистемы (например, за счет действия АЧР);

б) отключения линий в результате многофазных КЗ при работе основной защиты в нормальной и ремонтной схемах сети; допускается не учитывать наиболее редкие режимы повышенной загрузки электропередач;

в) отказов выключателя с действием УРОВ при КЗ в нормальном режиме работы энергосистемы и в нормальной схеме работы сети;

г) полного разделения энергосистемы на несинхронно работающие части электропередач в нормальном режиме;

д) значительного аварийного дефицита или избытка мощности в одной из соединяемых частей энергообъединения;

е) работы устройств БАПВ или АПВ в нормальной схеме и режиме.

3.3.73. Устройства автоматического предотвращения нарушений устойчивости могут воздействовать на:

а) отключение части генераторов гидроэлектростанций и как исключение - генераторов или блоков тепловых электростанций;

б) быстрое снижение или увеличение нагрузки паровыми турбинами в пределах возможностей теплосилового оборудования (без последующего автоматического восстановления прежней нагрузки);

в) отключение (в исключительных случаях) части нагрузки потребителей, легко переносящих кратковременный перерыв электроснабжения (специальное автоматическое отключение нагрузки);

г) деление энергосистем (если указанные выше мероприятия недостаточны);

д) кратковременное быстрое снижение нагрузки паровых турбин (с последующим автоматическим восстановлением прежней нагрузки).

Устройства автоматического предотвращения нарушений устойчивости могут изменять режим работы устройств продольной и поперечной емкостной компенсации и другого оборудования электропередачи, например шунтирующих реакторов, автоматических регуляторов возбуждения генераторов и т. п. Снижение активной мощности электростанций при повреждениях по 3.3.72, пп. а и б, желательно ограничивать тем объемом и в основном теми случаями, когда это не ведет к действию АЧР в энергосистеме или к другим неблагоприятным последствиям.

3.3.74. Интенсивность управляющих воздействий, подаваемых устройствами автоматического предотвращения нарушений устойчивости (например, мощность отключаемых генераторов или глубина разгрузки турбин), должна определяться интенсивность возмущающего воздействия (например, сброс передаваемой активной мощности при возникновении КЗ и продолжительность последнего) или переходного процесса, фиксируемых автоматически, а также тяжестью исходного режима, фиксируемой также автоматически или, в исключительных случаях, персоналом.

### **АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПРЕКРАЩЕНИЕ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА**

3.3.75. Для прекращения асинхронного режима (АР) в случае его возникновения должны в основном применяться устройства автоматики, отличающие асинхронный режим от синхронных качаний, КЗ или других ненормальных режимов работы.

По возможности указанные устройства следует выполнять так, чтобы они прежде всего способствовали осуществлению мероприятий, направленных на облегчение условий ресинхронизации, например:

быстрому набору нагрузки турбинами или частичному отключению потребителей (в той части энергосистемы, в которой возник дефицит мощности);

уменьшению генерирующей мощности путем воздействия на регуляторы скорости турбин или отключения части генераторов (в той части энергосистемы, в которой возник избыток мощности).

Автоматическое разделение энергосистемы в заданных точках применяется после возникновения АР, если указанные мероприятия не приводят к ресинхронизации после прохождения заданного числа циклов качаний, или при длительности асинхронного хода больше заданного предела.

В случаях недопустимости асинхронного режима, опасности или малой эффективности ресинхронизации для прекращения АР необходимо использовать деление с наименьшим временем, при котором обеспечивается устойчивость по другим связям и селективное действие автоматики.

### **АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ СНИЖЕНИЯ ЧАСТОТЫ**

3.3.76. Автоматическое ограничение снижения частоты должно выполняться с таким расчетом, чтобы при любом возможном дефиците мощности в энергообъединении, энергосистеме, энергоузле возможность снижения частоты ниже уровня 45 Гц была исключена полностью, время работы с частотой ниже 47 Гц не превышало 20 с, а с частотой ниже 48,5 Гц - 60 с.

3.3.77. Система автоматического ограничения снижения частоты осуществляет:

автоматический частотный ввод резерва;

автоматическую частотную разгрузку (АЧР);

дополнительную разгрузку;

включение питания отключенных потребителей при восстановлении частоты (ЧАПВ);



выделение электростанций или генераторов со сбалансированной нагрузкой, выделение генераторов на питание собственных нужд электростанций.

3.3.78. Автоматический ввод резерва при снижении частоты должен использоваться в первую очередь, чтобы по возможности уменьшить объем отключения или длительность перерыва питания потребителей, и предусматривает:

мобилизацию включенного резерва на тепловых электростанциях;

автоматический пуск гидроагрегатов, находящихся в резерве;

автоматический переход в активный режим гидрогенераторов, работающих в режиме синхронных компенсаторов;

автоматический пуск газотурбинных установок.

3.3.79. Автоматическая частотная разгрузка предусматривает отключение потребителей небольшими долями по мере снижения частоты (АЧРІ) или по мере увеличения продолжительности существования пониженной частоты (АЧРІІ).

Устройства АЧР должны устанавливаться, как правило, на подстанциях энергосистемы. Допускается их установка непосредственно у потребителей под контролем энергосистемы.

Объемы отключения нагрузки устанавливаются, исходя из обеспечения эффективности при любых возможных дефицитах мощности; очередность отключения выбирается так, чтобы уменьшить ущерб от перерыва электроснабжения, в частности должно применяться большее число устройств и очередей АЧР, более ответственные потребители должны подключаться к более дальним по вероятности срабатывания очередям.

Действие АЧР должно быть согласовано с работой устройств АПВ и АВР. Недопустимо уменьшение объема АЧР за счет действия устройств АВР или персонала.

3.3.80. Устройства дополнительной разгрузки должны применяться в тех энергосистемах или частях энергосистемы, где возможны особенно большие местные дефициты мощности, при которых действие устройств АЧРІ оказывается недостаточно эффективным по значению и скорости разгрузки.

Необходимость выполнения дополнительной разгрузки, ее объем, а также факторы, по которым осуществляется ее срабатывание (отключение питающих элементов, сброс активной мощности и т. п.), определяется энергосистемой.

3.3.81. Устройства ЧАПВ используются для уменьшения перерыва питания отключенных потребителей в условиях восстановления частоты в результате реализации резервов генерирующей мощности, ресинхронизации или синхронизации по отключившейся электропередаче.

При размещении устройств и распределении нагрузки по очередям ЧАПВ следует учитывать степень ответственности потребителей, вероятность их отключения действием АЧР, сложность и длительность неавтоматического восстановления электропитания (исходя из принятого порядка обслуживания объектов). Как правило, очередность включения нагрузки от ЧАПВ должна быть обратной по сравнению с принятой для АЧР.

3.3.82. Выделение электростанций или генераторов со сбалансированной нагрузкой, выделение генераторов на питание собственных нужд применяется:

для сохранения в работе собственных нужд электростанций;

для предотвращения полного погашения электростанций при отказе или недостаточной эффективности устройств ограничения снижения частоты по 3.3.79 и 3.3.81;

для обеспечения питания особо ответственных потребителей;

взамен дополнительной разгрузки, когда это технически и экономически целесообразно.

3.3.83. Необходимость применения дополнительной разгрузки, объемы отключаемой (при АЧР) и включаемой (при ЧАПВ) нагрузки, уставки по времени, частоте и другим контролируемым параметрам для устройств ограничения снижения частоты определяются при эксплуатации энергосистем в соответствии с ПТЭ и другими директивными материалами.

### **АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЧАСТОТЫ**

3.3.84. С целью предотвращения недопустимого повышения частоты на тепловых станциях, которые могут оказаться работающими параллельно с гидроэлектростанциями значительно большей мощности в условиях сброса нагрузки, должны применяться устройства автоматики, действующей при повышении частоты выше 52-53 Гц. Эти устройства должны в первую очередь действовать на отключение части генераторов ГЭС. Возможно применение устройств, действующих на отключение ГЭС с нагрузкой, по возможности соответствующей их мощности, от ГЭС.

Кроме того, в узлах энергосистемы, содержащих только ГЭС, должны предусматриваться устройства, ограничивающие аварийное повышение частоты значением 60 Гц за счет отключения части генераторов для обеспечения нормальной работы двигательной нагрузки, а в узлах, содержащих только ТЭС, - устройства, ограничивающие длительное повышение частоты значением, при котором нагрузка энергоблоков не выходит за пределы их регулировочного диапазона.

### **АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ СНИЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ**

3.3.85. Устройства автоматического ограничения снижения напряжения должны предусматриваться с целью исключения нарушения устойчивости нагрузки и возникновения лавины напряжения в послеаварийных условиях работы энергосистемы.

Указанные устройства могут контролировать кроме значения напряжения другие параметры, включая производную напряжения, и воздействуют на форсировку возбуждения синхронных машин, форсировку устройств компенсации, отключение реакторов и в порядке исключения, при недостаточности сетевых мероприятий и наличии обоснования - на отключение потребителей.

### **АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ**

3.3.86. С целью ограничения длительности воздействия повышенного напряжения на высоковольтное оборудование линий электропередачи, электростанций и подстанций, вызванного односторонним отключением фаз линий, должны применяться устройства автоматики, действующие при повышении напряжения выше 110-130% номинального, при необходимости с контролем значения и направления реактивной мощности по линиям электропередачи.

Эти устройства должны действовать с выдержкой времени, учитывающей допустимую длительность перенапряжений и отстроенной от длительности коммутационных и атмосферных

перенапряжений и качаний, в первую очередь на включение шунтирующих реакторов (если таковые имеются на электростанции или подстанции, где зафиксировано повышение напряжения). Если на электростанции или подстанции отсутствуют шунтирующие реакторы, имеющие выключатели, или включение реакторов не приводит к требуемому снижению напряжения, устройства должны действовать на отключение линии, вызвавшей повышение напряжения.

## **АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПЕРЕГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ**

3.3.87. Устройства автоматического предотвращения перегрузки оборудования предназначены для ограничения длительности такого тока в линиях, трансформаторах, устройствах продольной компенсации, который превышает наибольший длительно допустимый и допускатся менее 10-20 мин.

Указанные устройства должны воздействовать на разгрузку электростанций, могут воздействовать на отключение потребителей и деление системы, а в качестве последней ступени - на отключение перегружающегося оборудования. При этом должны быть приняты меры по предотвращению нарушений устойчивости и других неблагоприятных последствий.

## **ТЕЛЕМЕХАНИКА**

3.3.88. Средства телемеханики (телеуправление, телесигнализация, телеизмерение и телерегулирование) должны применяться для диспетчерского управления территориально рассредоточенными электроустановками, связанными общим режимом работы, и их контроля. Обязательным условием применения средств телемеханики является наличие технико-экономической целесообразности (повышение эффективности диспетчерского управления, т.е. улучшение ведения режимов и производственных процессов, ускорение ликвидации нарушений и аварий, повышение экономичности и надежности работы электроустановок, улучшение качества вырабатываемой энергии, снижение численности эксплуатационного персонала и отказ от постоянного дежурства персонала, уменьшение площадей производственных помещений и т. п.).

Средства телемеханики могут применяться также для телепередачи сигналов систем АРЧМ, противоаварийной автоматики и других системных устройств регулирования и управления.

3.3.89. Объемы телемеханизации электроустановок должны определяться отраслевыми или ведомственными положениями и устанавливаться совместно с объемами автоматизации. При этом средства телемеханизации в первую очередь должны использоваться для сбора информации о режимах работы, состоянии основного коммутационного оборудования, изменениях при возникновении аварийных режимов или состояний, а также для контроля за выполнением распоряжений по производству переключений (плановых, ремонтных, оперативных) или ведению режимов эксплуатационным персоналом).

При определении объемов телемеханизации электроустановок без постоянного дежурства персонала в первую очередь должна быть рассмотрена возможность применения простейшей телесигнализации (аварийно-предупредительная телесигнализация на два или более сигналов).

3.3.90. Телеуправление должно предусматриваться в объеме, необходимом для централизованного решения задач по установлению надежных и экономически выгодных режимов работы электроустановок, работающих в сложных сетях, если эти задачи не могут быть решены средствами автоматики.

Телеуправление должно применяться на объектах без постоянного дежурства персонала, допускается его применение на объектах с постоянным дежурством персонала при условии частого и эффективного использования.

Для телеуправляемых электроустановок операции телеуправления, так же как и действие устройств защиты и автоматики, не должны требовать дополнительных оперативных переключений на месте (с выездом или вызовом оперативного персонала).

При примерно равноценных затратах и технико-экономических показателях предпочтение должно отдаваться автоматизации перед телеуправлением.

#### 3.3.91. Телесигнализация должна предусматриваться:

для отображения на диспетчерских пунктах положения и состояния основного коммутационного оборудования тех электроустановок, находящихся в непосредственном оперативном управлении или ведении диспетчерских пунктов, которые имеют существенное значение для режима работы системы энергоснабжения;

для ввода информации в вычислительные машины или устройства обработки информации;

для передачи аварийных и предупредительных сигналов.

Телесигнализация с электроустановок, которые находятся в оперативном управлении нескольких диспетчерских пунктов, как правило, должна передаваться на вышестоящий диспетчерский пункт путем ретрансляции или отбора с нижестоящего диспетчерского пункта. Система передачи информации, как правило, должна выполняться не более чем с одной ступенью ретрансляции.

Для телесигнализации состояния или положения оборудования электроустановок, как правило, должен использоваться в качестве датчика один вспомогательный контакт или контакт реле-повторителя.

3.3.92. Телеизмерения должны обеспечивать передачу основных электрических или технологических параметров (характеризующих режимы работы отдельных электроустановок), необходимых для установления и контроля оптимальных режимов работы всей системы энергоснабжения в целом, а также для предотвращения или ликвидации возможных аварийных процессов.

Телеизмерения наиболее важных параметров, а также параметров, необходимых для последующей ретрансляции, суммирования или регистрации, должны выполняться, как правило, непрерывными.

Система передачи телеизмерений на вышестоящие диспетчерские пункты, как правило, должна выполняться не более чем с одной ступенью ретрансляции.

Телеизмерения параметров, не требующих постоянного контроля, должны осуществляться периодически или по вызову.

При выполнении телеизмерений должны учитываться необходимость местного отсчета параметров на контролируемых пунктах. Измерительные преобразователи (датчики телеизмерений), обеспечивающие местный отсчет показаний, как правило, должны устанавливаться вместо щитовых приборов, если при этом сохраняется класс точности измерений (см. также гл. 1.6).

3.3.93. Объемы телемеханизации электроустановок, требования к устройствам телемеханики и каналам связи (тракт телепередачи) при использовании средств телемеханики для целей телерегулирования определяются в части точности, надежности и запаздывания информации проектом автоматического регулирования частоты и потоков мощности в объединенных энергосистемах. Телеизмерения параметров, необходимых для системы автоматического регулирования частоты и потоков мощности, должны выполняться непрерывными.

Тракт телепередачи, используемый для измерения потоков мощности, а также для передачи сигналов телерегулирования на основные или группу регулирующих электростанций, как правило, должен иметь дублированный канал телемеханики, состоящий из двух независимых каналов.

В устройствах телемеханики должны быть предусмотрены защиты, воздействующие на систему автоматического регулирования при различных повреждениях в устройствах или каналах телемеханики.

3.3.94. В каждом отдельном случае должна быть рассмотрена целесообразность совместного решения вопросов телемеханизации (особенно при выполнении каналов телемеханики и диспетчерских пунктов) в системах электро-, газо-, водо-, тепло- и воздухообеспечения и уличного освещения, контроля и управления производственными процессами.

3.3.95. Для крупных подстанций и электрических станций с большим числом генераторов и при значительных расстояниях от машинного зала, повысительной подстанции и других сооружений электростанции до центрального пункта управления при технической целесообразности необходимо предусматривать средства внутриобъектной телемеханизации. Объемы средств внутриобъектной телемеханизации должны выбираться в соответствии с требованиями технологического управления электростанций, а также с технико-экономическими показателями при конкретном проектировании.

3.3.96. При совместном применении различных систем телемеханики на одном диспетчерском пункте операции, производимые диспетчером, должны быть, как правило, одинаковыми.

3.3.97. При применении устройств телемеханики должна быть предусмотрена возможность отключения на месте:

одновременно всех цепей телеуправления и телесигнализации при помощи устройств, образующих, как правило, видимый разрыв цепи;

цепей телеуправления и телесигнализации каждого объекта с помощью специальных зажимов, испытательных блоков и других устройств, образующих видимый разрыв цепи.

3.3.98. Внешние связи устройств телемеханики должны выполняться в соответствии с требованиями гл. 3.4.

3.3.99. Электроизмерительные приборы-преобразователи (датчики телеизмерений), являясь стационарными электроизмерительными приборами, должны устанавливаться в соответствии с гл. 1.6.

3.3.100. В качестве каналов телемеханики могут быть использованы применяемые для других целей или самостоятельные проводные (кабельные и воздушные, уплотненные и неуплотненные) каналы, высокочастотные каналы по ВЛ и распределительной сети, радио и радиорелейные каналы связи.

Выбор способа организации каналов телемеханики, использование существующих или организация самостоятельных каналов, необходимость резервирования должны определяться технико-экономической целесообразностью и требуемой надежностью.

3.3.101. Для рационального использования аппаратуры телемеханики и каналов связи при обеспечении необходимой надежности и достоверности передачи информации допускается:

1. Телеизмерение мощности нескольких параллельных линий электропередачи одного напряжения выполнять как одно телеизмерение суммарной мощности.

2. Для телеизмерения по вызову на контролируемом пункте применять общие устройства для однородных измерений, а на диспетчерских пунктах - общие приборы для измерений,

поступающих с разных контролируемых пунктов; при этом должна быть исключена возможность одновременной передачи или приема измерений.

3. Для сокращения объема телеизмерений рассматривать возможность замены их телесигнализацией предельных значений контролируемых параметров или устройствами сигнализации и регистрации отклонений параметров от установленной нормы.

4. Для одновременной передачи непрерывных телеизмерений и телесигнализации использовать комплексные устройства телемеханики.

5. Работа одного передающего устройства телемеханики на несколько диспетчерских пунктов, а также одного устройства телемеханики диспетчерского пункта на несколько контролируемых пунктов, в частности для сбора информации в городских и сельских распределительных сетях.

6. Ретрансляция на диспетчерский пункт предприятия электросетей с диспетчерских пунктов участков электрифицированных железных дорог телесигнализации и телеизмерений с тяговых подстанций.

3.3.102. Питание устройств телемеханики (как основное, так и резервное) на диспетчерских и контролируемых пунктах должно осуществляться совместно с питанием аппаратуры каналов связи и телемеханики.

Резервное питание устройств телемеханики на контролируемых пунктах с оперативным переменным током должно предусматриваться при наличии источников резервирования (другие секции систем шин, резервные вводы, аккумуляторные батареи устройств каналов связи, трансформаторы напряжения на вводах, отбор от конденсаторов связи и т. п.). Если резервные источники питания для каких-либо других целей не предусматриваются, то резервирование питания устройств телемеханики, как правило, не должно предусматриваться. Резервное питание устройств телемеханики на контролируемых пунктах, имеющих аккумуляторные батареи оперативного тока, должно осуществляться через преобразователи. Резервное питание устройств телемеханики, установленных на диспетчерских пунктах объединенных энергосистем и предприятий электросетей, должно осуществляться от независимых источников (аккумуляторной батареи с преобразователями постоянного тока в переменный, двигателя-генератора внутреннего сгорания) совместно с устройствами каналов связи и телемеханики.

Переход на работу от источников резервного питания при нарушении электроснабжения основных источников должен быть автоматизирован. Необходимость резервирования питания на диспетчерских пунктах промышленных предприятий должна определяться в зависимости от требований по обеспечению надежности электроснабжения.

3.3.103. Вся аппаратура и панели телемеханики должны иметь маркировку и устанавливаться в местах, удобных для эксплуатации.

## **Глава 3.4. ВТОРИЧНЫЕ ЦЕПИ**

3.4.1. Настоящая глава Правил распространяется на вторичные цепи (цепи управления, сигнализации, контроля, автоматики и релейной защиты) электроустановок.

3.4.2. Рабочее напряжение вторичных цепей присоединения, которое не имеет связи с другими присоединениями и аппаратура которого расположена отдельно от аппаратуры других присоединений, должно быть не выше 1 кВ. Во всех остальных случаях рабочее напряжение вторичных цепей должно быть не выше 500 В.

Исполнение присоединяемых аппаратов должно соответствовать условиям окружающей среды и требованиям безопасности.

3.4.3. На электростанциях и подстанциях для вторичных цепей следует применять контрольные кабели с алюминиевыми жилами из полутвердого алюминия. Контрольные кабели с медными жилами следует применять только во вторичных цепях:

1) электростанций с генераторами мощностью более 100 МВт; при этом на электростанциях для вторичной коммутации и освещения объектов химводоочистки, очистных, инженерно-бытовых и вспомогательных сооружений, механических мастерских и пусковых котельных следует применять контрольные кабели с алюминиевыми жилами;

2) РУ и подстанций с высшим напряжением 330 кВ и выше, а также РУ и подстанций, включаемых в межсистемные транзитные линии электропередачи;

3) дифференциальных защит шин и устройств резервирования отказа выключателей 110-220 кВ, а также средств системной противоаварийной автоматики;

4) технологических защит тепловых электростанций;

5) с рабочим напряжением не выше 60 В при диаметре жил кабелей и проводов до 1 мм (см. также 3.4.4);

6) размещаемых во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia электростанций и подстанций.

На промышленных предприятиях для вторичных цепей следует применять контрольные кабели с алюмомедными или алюминиевыми жилами из полутвердого алюминия. Контрольные кабели с медными жилами следует применять только во вторичных цепях, размещаемых во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia, во вторичных цепях механизмов доменных и конвертерных цехов, главной линии обжимных и непрерывных высокопроизводительных прокатных станков, электроприемников особой группы I категории, а также во вторичных цепях с рабочим напряжением не выше 60 В при диаметре жил кабелей и проводов до 1 мм (см. также 3.4.4).

3.4.4. По условию механической прочности:

1) жилы контрольных кабелей для присоединения под винт к зажимам панелей и аппаратов должны иметь сечения не менее  $1,5 \text{ мм}^2$  (а при применении специальных зажимов - не менее  $1,0 \text{ мм}^2$ ) для меди и  $2,5 \text{ мм}^2$  для алюминия; для токовых цепей -  $2,5 \text{ мм}^2$  для меди и  $4 \text{ мм}^2$  для алюминия; для неответственных вторичных цепей, для цепей контроля и сигнализации допускается присоединение под винт кабелей с медными жилами сечением  $1 \text{ мм}^2$ ;

2) в цепях с рабочим напряжением 100 В и выше сечение медных жил кабелей, присоединяемых пайкой, должно быть не менее  $0,5 \text{ мм}^2$ ;

3) в цепях с рабочим напряжением 60 В и ниже диаметр медных жил кабелей, присоединяемых пайкой, должен быть не менее 0,5 мм. В устройствах связи, телемеханики и им подобных линейные цепи следует присоединять к зажимам под винт.

Присоединение однопроволочных жил (под винт или пайкой) допускается осуществлять только к неподвижным элементам аппаратуры. Присоединение жил к подвижным или выемным элементам аппаратуры (втычным соединителям, выемным блокам и др.), а также к панелям и аппаратам, подверженным вибрации, следует выполнять гибкими (многопроволочными) жилами.

3.4.5. Сечение жил кабелей и проводов должно удовлетворять требованиям их защиты от КЗ без выдержки времени, допустимых длительных токов согласно гл. 1.3, термической стойкости (для цепей, идущих от трансформаторов тока), а также обеспечивать работу аппаратов в заданном классе точности. При этом должны быть соблюдены следующие условия:

1. Трансформаторы тока совместно с электрическими цепями должны работать в классе точности:

для расчетных счетчиков - по гл. 1,5;

для измерительных преобразователей мощности, используемых для ввода информации в вычислительные устройства, - по гл. 1.5, как для счетчиков технического учета;

для щитовых приборов и измерительных преобразователей тока и мощности, используемых для всех видов измерений, - не ниже класса точности 3;

для защиты, как правило, в пределах 10%-ной погрешности (см. также гл. 3.2.).

2. Для цепей напряжения потери напряжения от трансформатора напряжения при условии включения всех защит и приборов должны составлять:

до расчетных счетчиков и измерительных преобразователей мощности, используемых для ввода информации в вычислительные устройства, - не более 0,5%;

до расчетных счетчиков межсистемных линий электропередачи - не более 0,25%;

до счетчиков технического учета - не более 1,5%;

до щитовых приборов и датчиков мощности, используемых для всех видов измерений, - не более 1,5%;

до панелей защиты и автоматики - не более 3% (см. также гл. 3.2.).

При совместном питании указанных нагрузок по общим жилам их сечение должно быть выбрано по минимальной из допустимых норм потери напряжения.

3. Для цепей оперативного тока потери напряжения от источника питания должны составлять:

до панели устройства или до электромагнитов управления, не имеющих форсировки, - не более 10% при наибольшем токе нагрузки;

до электромагнитов управления, имеющих трехкратную и большую форсировку, - не более 25% при форсировочном значении тока.

4. Для цепей напряжения устройств АВВ потеря напряжения от трансформатора напряжения до измерительного органа должна составлять не более 1%.

3.4.6. В одном контрольном кабеле допускается объединение цепей управления, измерения, защиты и сигнализации постоянного и переменного тока, а также силовых цепей, питающих электроприемники небольшой мощности (например, электродвигатели задвижек).

Во избежание увеличения индуктивного сопротивления жил кабелей разводку вторичных цепей трансформаторов тока и напряжения необходимо выполнять так, чтобы сумма токов этих цепей в каждом кабеле была равна нулю в любых режимах.

Допускается применение общих кабелей для цепей разных присоединений, за исключением взаимно резервируемых.

3.4.7. Кабели, как правило, следует присоединять к сборкам зажимов. Присоединение двух медных жил кабеля под один винт не рекомендуется, а двух алюминиевых жил не допускается.

К выводам измерительных трансформаторов или отдельным аппаратам кабеля допускается присоединять непосредственно.

Исполнение зажимов должно соответствовать материалу и сечению жил кабелей.



3.4.8. Соединение контрольных кабелей с целью увеличения их длины допускается, если длина трассы превышает строительную длину кабеля. Соединение кабелей, имеющих металлическую оболочку, следует осуществлять с установкой герметичных муфт.

Кабели с неметаллической оболочкой или с алюминиевыми жилами следует соединять на промежуточных рядах зажимов или с помощью специальных муфт, предназначенных для данного типа кабелей.

3.4.9. Кабели вторичных цепей, жилы кабелей и провода, присоединяемые к сборкам зажимов или аппаратам, должны иметь маркировку.

3.4.10. Типы проводов и кабелей для вторичных цепей, способы их прокладки и защиты следует выбирать с учетом требований гл. 2.1-2.3 и 3.1 в той части, в какой они не изменены настоящей главой. При прокладке проводов и кабелей по горячим поверхностям или в местах, где изоляция может подвергаться воздействию масел и других агрессивных сред, следует применять специальные провода и кабели (см. гл. 2.1).

Провода и жилы кабеля, имеющие несветостойкую изоляцию, должны быть защищены от воздействия света.

3.4.11. Кабели вторичных цепей трансформаторов напряжения 110 кВ и выше, прокладываемые от трансформатора напряжения до щита, должны иметь металлическую оболочку или броню, заземленную с обеих сторон. Кабели в цепях основных и дополнительных обмоток одного трансформатора напряжения 110 кВ и выше по всей длине трассы следует прокладывать рядом. Для цепей приборов и устройств, чувствительных к наводкам от других устройств или проходящих рядом цепей, должны быть применены экранированные провода, а также контрольные кабели с общим экраном или кабели с экранированными жилами.

3.4.12. Монтаж цепей постоянного и переменного тока в пределах щитовых устройств (панели, пульта, шкафы, ящики и т. п.), а также внутренние схемы соединений приводов выключателей, разъединителей и других устройств по условиям механической прочности должны быть выполнены проводами или кабелями с медными жилами сечением не менее:

для однопроволочных жил, присоединяемых винтовыми зажимами,  $1,5 \text{ мм}^2$  ;

для однопроволочных жил, присоединяемых пайкой,  $0,5 \text{ мм}^2$  ;

для многопроволочных жил, присоединяемых пайкой или под винт с помощью специальных наконечников,  $0,35 \text{ мм}^2$  ; в технически обоснованных случаях допускается применение проводов с многопроволочными медными жилами, присоединяемыми пайкой, сечением менее  $0,35 \text{ мм}^2$  , но не менее  $0,2 \text{ мм}^2$  ;

для жил, присоединяемых пайкой в цепях напряжением не выше 60 В (диспетчерские щиты и пульта, устройства телемеханики и т. п.), -  $0,197 \text{ мм}^2$  (диаметр - не менее 0,5 мм).

Присоединение однопроволочных жил (под винт или пайкой) допускается осуществлять только к неподвижным элементам аппаратуры. Присоединение жил к подвижным или выемным элементам аппаратуры (разъемным соединителям, выемным блокам и др.) следует выполнять гибкими (многопроволочными) жилами.

Механические нагрузки на места пайки проводов не допускаются.

Для переходов на дверцы устройств должны быть применены многопроволочные провода сечением не менее  $0,5 \text{ мм}^2$  ; допускается также применение проводов с однопроволочными жилами сечением не менее  $1,5 \text{ мм}^2$  при условии, что жгут проводов работает только на кручение.

Сечение проводов на щитовых устройствах и других изделиях заводского изготовления определяется требованиями их защиты от КЗ без выдержки времени, допустимых токовых нагрузок согласно гл. 1.3, а для цепей, идущих от трансформаторов тока, кроме того, и термической стойкостью. Для монтажа следует применять провода и кабели с изоляцией, не поддерживающей горение.

Применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами для внутреннего монтажа щитовых устройств не допускается.

3.4.13. Соединения аппаратов между собой в пределах одной панели следует выполнять, как правило, непосредственно без выведения соединяющих проводов на промежуточные зажимы.

На зажимы или испытательные блоки должны быть выведены цепи, в которые требуется включать испытательные и проверочные аппараты и приборы. Рекомендуется также выводить на ряд зажимов цепи, переключение которых требуется для изменения режима работы устройства.

3.4.14. Промежуточные зажимы следует устанавливать только там, где:

провод переходит в кабель;

объединяются одноименные цепи (сборка зажимов цепей отключения, цепей напряжения и т. п.);

требуется включать переносные испытательные и измерительные аппараты, если нет испытательных блоков или аналогичных устройств;

несколько кабелей переходит в один кабель или перераспределяются цепи различных кабелей (см. также 3.4.8).

3.4.15. Зажимы, относящиеся к разным присоединениям или устройствам, должны быть выделены в отдельные сборки зажимов.

На рядах зажимов не должны находиться в непосредственной близости один от другого зажимы, случайное соединение которых может вызвать включение или отключение присоединения или КЗ в цепях оперативного тока или в цепях возбуждения.

При размещении на панели (в шкафу) аппаратуры, относящейся к разным видам защит или других устройств одного присоединения, подача питания от полюсов оперативного тока через сборки зажимов, а также разводка этих цепей по панели должны быть выполнены независимо для каждого вида защит или устройств. Если в цепях отключения от отдельных комплектов защит не предусматриваются накладки, то присоединение этих цепей к выходному реле защиты или цепям отключения выключателя следует осуществлять через отдельные зажимы сборки зажимов; при этом соединения по панели указанных цепей следует выполнять независимо для каждого вида защит.

3.4.16. Для проведения эксплуатационных проверок и испытаний в цепях защиты и автоматики следует предусматривать испытательные блоки или измерительные зажимы, обеспечивающие (за исключением случаев, оговоренных в 3.4.7) без отсоединения проводов и кабелей отключение от источника оперативного тока, трансформаторов напряжения и тока с возможностью предварительного закорачивания токовых цепей; присоединение испытательных аппаратов для проверки и наладки устройств.

Устройства релейной защиты и автоматики, периодически выводимые из работы по требованиям режима сети, условиям селективности другим причинам, должны иметь специальные приспособления для вывода их из работы оперативным персоналом.

3.4.17. Сборки зажимов, вспомогательные контакты выключателей и разъединителей и аппараты должны устанавливаться, а заземляющие проводники монтироваться так, чтобы была обеспечена доступность и безопасность обслуживания сборок и аппаратов вторичных цепей без снятия напряжения с первичных цепей напряжением выше 1 кВ.

3.4.18. Изоляция аппаратуры, применяемой во вторичных цепях, должна соответствовать нормам, определяемым рабочим напряжением источника (или разделительного трансформатора), питающего данные цепи.

Контроль изоляции цепей оперативного постоянного и переменного тока следует предусматривать на каждом независимом источнике (включая разделительные трансформаторы), не имеющем заземления.

Устройство контроля изоляции должно обеспечивать подачу сигнала при снижении изоляции ниже установленного значения, а на постоянном токе - также измерение значения сопротивления изоляции полюсов. Контроль изоляции допускается не выполнять при неразветвленной сети оперативного тока.

3.4.19. Питание оперативным током вторичных цепей каждого присоединения следует осуществлять через отдельные предохранители или автоматические выключатели (применение последних предпочтительно).

Питание оперативным током цепей релейной защиты и управления выключателями каждого присоединения должно предусматриваться, как правило, через отдельные автоматические выключатели или предохранители, не связанные с другими цепями (сигнализация, электромагнитная блокировка и т. п.). Допускается совместное питание цепей управления и ламп сигнализации положения управляемого аппарата.

Для присоединений 220 кВ и выше, а также для генераторов (блоков) мощностью 60 МВт и более должно быть предусмотрено отдельное питание оперативным током (от разных предохранителей, автоматических выключателей) основных и резервных защит.

При последовательном включении автоматических выключателей и предохранителей последние должны быть установлены перед автоматическими выключателями (со стороны источника питания).

3.4.20. Устройства релейной защиты, автоматики и управления ответственных элементов должны иметь постоянно действующий контроль состояния цепей питания оперативным током. Контроль может осуществляться применением отдельных реле или ламп либо при помощи аппаратов, предусматриваемых для контроля исправности цепи последующей операции коммутационных аппаратов с дистанционным управлением.

Для менее ответственных устройств контроль питания может осуществляться подачей сигнала об отключенном положении автоматического выключателя в цепи оперативного тока.

Контроль исправности цепи последующей операции должен быть выполнен при наличии в ней вспомогательного контакта коммутационного аппарата. При этом контроль исправности цепи отключения должен быть выполнен во всех случаях, а контроль исправности цепи включения - на выключателях ответственных элементов, короткозамыкателей и на аппаратах, включаемых под действием устройств автоматического ввода резерва (АВР) или телеуправления.

Если параметры цепей включения привода не обеспечивают возможность контроля исправности этой цепи, контроль не выполняется.

3.4.21. В электроустановках, как правило, должна быть обеспечена автоматическая подача сигнала о нарушении нормального режима работы и о возникновении каких-либо неисправностей.

Проверка исправности этой сигнализации должна быть предусмотрена периодическим ее опробованием.

В электроустановках, работающих без постоянного дежурства персонала, должна быть обеспечена подача сигнала в пункт нахождения персонала.

3.4.22. Цепи оперативного тока, в которых возможна ложная работа различных устройств от перенапряжения при работе электромагнитов включения или других аппаратов, а также при замыканиях на землю, должны быть защищены.

3.4.23. Заземление во вторичных цепях трансформаторов тока следует предусматривать в одной точке на ближайшей от трансформаторов тока сборке зажимов или на зажимах трансформаторов тока.

Для защит, объединяющих несколько комплектов трансформаторов тока, заземление должно быть предусмотрено также в одной точке; в этом случае допускается заземление через пробивной предохранитель с пробивным напряжением не выше 1 кВ с шунтирующим сопротивлением 100 Ом для стекания статического заряда.

Вторичные обмотки промежуточных разделительных трансформаторов тока допускается не заземлять.

3.4.24. Вторичные обмотки трансформатора напряжения должны быть заземлены соединением нейтральной точки или одного из концов обмотки с заземляющим устройством.

Заземление вторичных обмоток трансформатора напряжения должно быть выполнено, как правило, на ближайшей от трансформатора напряжения сборке зажимов или на зажимах трансформатора напряжения.

Допускается объединение заземляемых вторичных цепей нескольких трансформаторов напряжения одного распределительного устройства общей заземляющей шинкой. Если указанные шинки относятся к разным распределительным устройствам и находятся в разных помещениях (например, релейные щиты распределительных устройств различных напряжений), то эти шинки, как правило, не следует соединять между собой.

Для трансформаторов напряжения, используемых в качестве источников оперативного переменного тока, если не предусматривается рабочее заземление одного из полюсов сети оперативного тока, защитное заземление вторичных обмоток трансформаторов напряжения должно быть осуществлено через пробивной предохранитель.

3.4.25. Трансформаторы напряжения должны быть защищены от КЗ во вторичных цепях автоматическими выключателями. Автоматические выключатели следует устанавливать во всех незаземленных проводниках после сборки зажимов, за исключением цепи нулевой последовательности (разомкнутого треугольника) трансформаторов напряжения в сетях с большими токами замыкания на землю.

Для неразветвленных цепей напряжения автоматические выключатели допускается не устанавливать.

Во вторичных цепях трансформатора напряжения должна быть обеспечена возможность создания видимого разрыва (рубильники, разъемные соединители и т. п.).

Установка устройств, которыми может быть создан разрыв проводников между трансформатором напряжения и местом заземления его вторичных цепей, не допускается.

3.4.26. На трансформаторах напряжения, установленных в сетях с малыми токами замыкания на землю без компенсации емкостных токов (например, на генераторном напряжении блока генератор - трансформатор, на напряжении собственных нужд электростанций и подстанций), при необходимости следует предусматривать защиту от перенапряжений при самопроизвольных смещениях нейтрали. Защита может быть осуществлена включением активных сопротивлений в цепь разомкнутого треугольника.

3.4.27. Во вторичных цепях линейных трансформаторов напряжения 220 кВ и выше должно быть предусмотрено резервирование от другого трансформатора напряжения.

Допускается выполнение взаимного резервирования между линейными трансформаторами напряжения при достаточной их мощности по вторичной нагрузке.

3.4.28. Трансформаторы напряжения должны иметь контроль исправности цепей напряжения.

Релейная защита, цепи которой питаются от трансформаторов напряжения, должна быть оборудована устройствами, указанными в 3.2.8.

Независимо от наличия или отсутствия в цепях защиты указанных устройств должны быть предусмотрены сигналы:

при отключении автоматических выключателей - с помощью их вспомогательных контактов;

при нарушениях работы реле-повторителей шинных разъединителей - с помощью устройств контроля обрыва цепей управления и реле-повторителей;

для трансформаторов напряжения, в цепи обмоток высшего напряжения которых установлены предохранители, при нарушении целостности предохранителей - с помощью центральных устройств.

3.4.29. В местах, подверженных сотрясениям и вибрациям, должны быть приняты меры против нарушения контактных соединений проводов, ложного срабатывания реле, а также против преждевременного износа аппаратов и приборов.

3.4.30. Панели должны иметь надписи с обслуживаемых сторон, указывающие присоединения, к которым относится панель, ее назначение, порядковый номер панели в щите, а установленная на панелях аппаратура должна иметь надписи или маркировку согласно схемам.

## **Раздел 4. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ПОДСТАНЦИИ**

### **Глава 4.1. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА И ДО 1,5 кВ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

#### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

4.1.1. Настоящая глава Правил распространяется на РУ до 1 кВ переменного тока и до 1,5 кВ постоянного тока, устанавливаемые в помещениях и на открытом воздухе и выполняемые в виде щитов распределительных, управления, релейных и пультов; установок ячейкового типа; шкафов; шинных выводов; сборок.

Дополнительные требования к РУ специального назначения приведены в соответствующих главах разд. 7.

Термины и определения, содержащиеся в 4.2.2, 4.2.3, 4.2.5, 4.2.6, 4.2.8, 4.2.11 и 4.2.12, действительны и для настоящей главы.

#### **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

4.1.2. Выбор проводов, шин, аппаратов, приборов и конструкций должен производиться как по нормальным условиям работы (соответствие рабочему напряжению и току, классу точности и т. п.), так и по условиям работы при КЗ (термические и динамические воздействия, коммутационная способность).

4.1.3. Распределительные устройства должны иметь четкие надписи, указывающие назначение отдельных цепей и панелей.

Надписи должны выполняться на лицевой стороне устройства, а при обслуживании с двух сторон - также на задней стороне устройства. См. также гл. 3.4.

4.1.4. Относящиеся к цепям различного рода тока и различных напряжений части РУ должны быть выполнены и размещены так, чтобы была обеспечена возможность их четкого распознавания.

4.1.5. Взаимное расположение фаз и полюсов в пределах всего устройства должно быть, как правило, одинаковым. Шины должны иметь окраску, предусмотренную в гл. 1.1.

В РУ должна быть обеспечена возможность установки переносных защитных заземлений.

4.1.6. Все металлические части РУ должны быть окрашены или иметь другое антикоррозийное покрытие.

4.1.7. Заземление должно быть выполнено в соответствии с гл. 1.7.

#### **УСТАНОВКА ПРИБОРОВ И АППАРАТОВ**

4.1.8. Аппараты и приборы следует располагать так, чтобы возникающие в них при эксплуатации искры или электрические дуги не могли причинить вреда обслуживающему персоналу, воспламенить или повредить окружающие предметы, вызвать КЗ или замыкание на землю.

4.1.9. Аппараты рубящего типа должны устанавливаться так, чтобы они не могли замкнуть цепь самопроизвольно, под действием силы тяжести. Подвижные токоведущие части их в отключенном состоянии, как правило, не должны быть под напряжением.

4.1.10. Рубильники с непосредственным ручным управлением (без привода), предназначенные для включения и отключения тока нагрузки и имеющие контакты, обращенные к оператору, должны быть защищены несгораемыми кожухами без отверстий и щелей. Указанные рубильники, предназначенные лишь для снятия напряжения, допускается устанавливать открыто при условии, что они будут недоступны для неквалифицированного персонала.

4.1.11. На приводах коммутационных аппаратов должны быть четко указаны положения "включено" и "отключено".

4.1.12. Должна быть предусмотрена возможность снятия напряжения с каждого автоматического выключателя на время его ремонта или демонтажа. Для этой цели в необходимых местах должны быть установлены рубильники или другие отключающие аппараты.

Отключающий аппарат перед выключателем каждой отходящей от РУ линии предусматривать не требуется в электроустановках:

с выдвжными выключателями;

со стационарными выключателями, в которых на время ремонта или демонтажа данного выключателя допустимо снятие напряжения общим аппаратом с группы выключателей или со всего распределительного устройства;

со стационарными выключателями, если обеспечена возможность безопасного демонтажа выключателей под напряжением с помощью изолированного инструмента.

Для указанных отключающих аппаратов специальный привод (например, рычажный) предусматривать не требуется.

4.1.13. Резьбовые (пробочные) предохранители должны устанавливаться так, чтобы питающие провода присоединялись к контактному винту, а отходящие к электроприемникам - к винтовой гильзе.

## **ШИНЫ, ПРОВОДА, КАБЕЛИ**

4.1.14. Между неподвижно укрепленными неизолированными токоведущими частями разной полярности, а также между ними и неизолированными нетокковедущими металлическими частями должны быть обеспечены расстояния не менее: 20 мм по поверхности изоляции и 12 мм по воздуху. От неизолированных токоведущих частей до ограждений должны быть обеспечены расстояния не менее: 100 мм при сетках и 40 мм при сплошных съемных ограждениях.

4.1.15. В пределах панелей, щитов и шкафов, установленных в сухих помещениях, незащищенные изолированные провода с изоляцией, рассчитанной на рабочее

напряжение не ниже 660 В, могут прокладываться по металлическим, защищенным от коррозии поверхностям и притом вплотную один к другому. В этих случаях для силовых цепей должны применяться снижающие коэффициенты на токовые нагрузки, приведенные в гл. 1.3.

4.1.16. Заземленные неизолированные провода и шины могут быть проложены и без изоляции.

4.1.17. Электропроводки цепей управления, измерения и т. п. должны соответствовать требованиям гл. 3.4. Прокладка кабелей должна соответствовать требованиям гл. 2.3.

## **КОНСТРУКЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ**

4.1.18. Корпуса панелей должны быть выполнены из несгораемых материалов, а конструкции кожухов и других частей устройств из несгораемых или трудносгораемых материалов. Это требование не распространяется на диспетчерские и им подобные пульты управления.

4.1.19. Распределительные устройства должны быть выполнены так, чтобы вибрации, возникающие при действии аппаратов, а также от сотрясений, вызванных внешними воздействиями, не нарушали контактных соединений и не вызывали разрегулировки аппаратов и приборов.

4.1.20. Поверхности гигроскопических изоляционных плит, на которых непосредственно монтируются неизолированные токоведущие части, должны быть защищены от проникновения в них влаги (пропиткой, окраской и т. п.).

В устройствах, устанавливаемых в сырых и особо сырых помещениях и открытых установках, применение гигроскопических изоляционных материалов (например, мрамора, асбестоцемента) не допускается.

В помещениях пыльных, сырых, особо сырых и на открытом воздухе следует устанавливать распределительные устройства, надежно защищенные от отрицательного воздействия окружающей среды.

## **УСТАНОВКА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В ЭЛЕКТРОПОМЕЩЕНИЯХ**

4.1.21. В электропомещениях (см. 1.1.5) проходы обслуживания, находящиеся с лицевой или с задней стороны щита, должны соответствовать следующим требованиям:

1. Ширина проходов в свету должна быть не менее 0,8 м; высота проходов в свету - не менее 1,9 м. В проходах не должны находиться предметы, которые могли бы стеснять передвижение людей и оборудования. В отдельных местах проходы могут быть стеснены выступающими строительными конструкциями, однако ширина прохода в этих местах должна быть не менее 0,6 м.

2. Расстояния от наиболее выступающих неогражденных неизолированных токоведущих частей (например, отключенных ножей рубильников), расположенных на доступной высоте (менее 2,2 м) по одну сторону прохода, до противоположной стены или оборудования, не имеющего неогражденных неизолированных токоведущих частей,



должны быть не менее: при напряжении ниже 660 В - 1,0 м при длине щита до 7 м и 1,2 м при длине щита более 7 м; при напряжении 660 В и выше - 1,5 м. Длиной щита в данном случае называется длина прохода между двумя рядами сплошного фронта панелей (шкафов) или между одним рядом и стеной.

3. Расстояния между неогражденными неизолированными токоведущими частями, расположенными на высоте менее 2,2 м по обе стороны прохода, должны быть не менее: 1,5 м при напряжении ниже 660 В; 2,0 м при напряжении 660 В и выше.

4. Неизолированные токоведущие части, находящиеся на расстояниях, меньших приведенных в п. 2 и 3, должны быть ограждены.

5. Неогражденные неизолированные токоведущие части, размещаемые над проходами, должны быть расположены на высоте не менее 2,2 м.

6. Ограждения, размещаемые над проходами, должны быть расположены на высоте не менее 1,9 м.

4.1.22. В качестве ограждения неизолированных токоведущих частей могут служить сетки с размерами ячеек не более 25х25 мм, а также сплошные или смешанные ограждения.

Высота ограждений должна быть не менее 1,7 м.

4.1.23. Проходы обслуживания щитов при длине щита более 7 м должны иметь два выхода. Выходы из проходов с монтажной стороны щита могут быть выполнены как в щитовое помещение, так и в другие помещения. При ширине прохода обслуживания более 3 м и отсутствии маслonaполненных аппаратов второй выход не обязателен.

Двери из помещений РУ должны открываться в сторону других помещений (за исключением помещений РУ выше 1 кВ переменного тока и выше 1,5 кВ постоянного тока) или наружу и иметь самозапирающиеся замки, отпираемые без ключа с внутренней стороны помещения.

Ширина дверей должна быть не менее 0,75 м, высота - не менее 1,9 м.

## **УСТАНОВКА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ**

4.1.24. Распределительные устройства, установленные в помещениях, доступных для неинструктированного персонала, должны иметь токоведущие части, закрытые сплошными ограждениями.

В случае применения РУ с открытыми токоведущими частями оно должно быть ограждено. При этом ограждение должно быть сетчатым, сплошным или смешанным высотой не менее 1,7 м. Расстояние от сетчатого ограждения до неизолированных токоведущих частей устройства должно быть не менее 0,7 м, а от сплошных - в соответствии с 4.1.14. Ширина проходов принимается в соответствии с требованиями, приведенными в 4.1.21.

4.1.25. Оконцевание проводов и кабелей должно быть выполнено так, чтобы оно находилось внутри устройства.

4.1.26. Съёмные ограждения должны укрепляться так, чтобы их удаление было невозможно без применения инструмента. Дверцы должны запираются на ключ.

4.1.27. Установка комплектных распределительных устройств и подстанций (КРУ, КТП) должна соответствовать требованиям, приведенным в гл. 4.2 для КРУ и КТП выше 1 кВ.

## **УСТАНОВКА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ**

4.1.28. При установке распределительных устройств на открытом воздухе необходимо соблюдать следующие требования:

1. Устройство должно быть расположено на спланированной площадке на высоте не менее 0,2 м от уровня планировки и должно иметь конструкцию, соответствующую условиям окружающей среды. В районах, где наблюдаются снежные заносы высотой 1 м и более, шкафы следует устанавливать на повышенных фундаментах.

2. В шкафах должен быть предусмотрен местный подогрев для обеспечения нормальной работы аппаратов, реле, измерительных приборов и приборов учета в соответствии с требованиями ГОСТ.

## **Глава 4.2. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ПОДСТАНЦИИ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 кВ**

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

4.2.1. Настоящая глава Правил распространяется на стационарные РУ и подстанции переменного тока напряжением выше 1 кВ. Правила не распространяются на специальные РУ и подстанции, регламентируемые особыми техническими условиями, и на передвижные электроустановки.

4.2.2. Распределительным устройством называется электроустановка, служащая для приема и распределения электроэнергии и содержащая коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства (компрессорные, аккумуляторные и др.), а также устройства защиты, автоматики и измерительные приборы.

Открытым распределительным устройством (ОРУ) называется РУ, все или основное оборудование которого расположено на открытом воздухе.

Закрытым распределительным устройством (ЗРУ) называется РУ, оборудование которого расположено в здании.

4.2.3. Комплектным распределительным устройством называется РУ, состоящее из полностью или частично закрытых шкафов или блоков со встроенными в них аппаратами, устройствами защиты и автоматики, поставляемое в собранном или полностью подготовленном для сборки виде.

Комплектное распределительное устройство, предназначенное для внутренней установки, сокращенно обозначается КРУ. Комплектное распределительное устройство, предназначенное для наружной установки, сокращенно обозначается КРУН.

4.2.4. Подстанцией называется электроустановка, служащая для преобразования и распределения электроэнергии и состоящая из трансформаторов или других преобразователей энергии, распределительных устройств, устройств управления и вспомогательных сооружений.

В зависимости от преобладания той или иной функции подстанций они называются трансформаторными или преобразовательными.

4.2.5. Пристроенной подстанцией (пристроенным РУ) называется подстанция (РУ), непосредственно примыкающая (примыкающее) к основному зданию.

4.2.6. Встроенной подстанцией (встроенным РУ) называется закрытая подстанция (закрытое РУ), вписанная (вписанное) в контур основного здания.

4.2.7. Внутрицеховой подстанцией называется подстанция, расположенная внутри производственного здания (открыто или в отдельном закрытом помещении).

4.2.8. Комплектной трансформаторной (преобразовательной) подстанцией называется подстанция, состоящая из трансформаторов (преобразователей) и блоков (КРУ или КРУН и других элементов), поставляемых в собранном или полностью подготовленном для сборки виде. Комплектные трансформаторные (преобразовательные) подстанции (КТП, КПП) или части их, устанавливаемые в закрытом помещении, относятся к внутренним установкам, устанавливаемые на открытом воздухе, - к наружным установкам.

4.2.9. Столбовой (мачтовой) трансформаторной подстанцией называется открытая трансформаторная подстанция, все оборудование которой установлено на конструкциях или на опорах ВЛ на высоте, не требующей ограждения подстанции.

4.2.10. Распределительным пунктом (РП) называется РУ, предназначенное для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования и трансформации, не входящее в состав подстанции.

4.2.11. Камерой называется помещение, предназначенное для установки аппаратов и шин.

Закрытой камерой называется камера, закрытая со всех сторон и имеющая сплошные (не сетчатые) двери.

Огражденной камерой называется камера, которая имеет проемы, защищенные полностью или частично несплошными (сетчатыми или смешанными) ограждениями.

Под смешанными ограждениями понимаются ограждения из сеток и сплошных листов.

Взрывной камерой называется закрытая камера, предназначенная для локализации возможных аварийных последствий при повреждении установленных в ней аппаратов и имеющая выход наружу или во взрывной коридор.

4.2.12. Коридором обслуживания называется коридор вдоль камер или шкафов КРУ, предназначенный для обслуживания аппаратов и шин.

Взрывным коридором называется коридор, в который выходят двери взрывных камер.

## **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

4.2.13. Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:

1) вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или другие сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ или замыкания на землю, а также причинить вред обслуживающему персоналу;

2) при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ;

3) при снятом напряжении с какой-либо цепи относящиеся к ней аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному осмотру, замене и ремонтам без нарушения нормальной работы соседних цепей;

4) была обеспечена возможность удобного транспортирования оборудования.

Требования п. 3 не распространяются на РУ типа сборок выше 1 кВ в подстанциях, ремонт которых производится при отключении всего РУ.

4.2.14. При использовании открытых ножевых разъединителей или открытых ножевых отделителей для отключения и включения тока ненагруженных трансформаторов, зарядного или уравнивающего тока линий электропередачи, тока замыкания на землю расстояния между токоведущими частями и от токоведущих частей до земли должны соответствовать требованиям настоящей главы и специальных директивных документов, утвержденных в установленном порядке.

4.2.15. Выбор аппаратов, проводников и изоляторов по условиям КЗ должен производиться в соответствии с гл. 1.4.

4.2.16. Конструкции, на которых установлено и закреплено указанное в 4.2.15 электрооборудование, должны выдерживать нагрузки и воздействия от веса оборудования, ветра, гололеда, а также возникающие при КЗ.

Строительные конструкции, находящиеся вблизи токоведущих частей и доступные для прикосновения персонала, не должны нагреваться от воздействия электрического тока до температуры 50 °С и выше; недоступные для прикосновения - до 70 °С и выше.

Конструкции могут не проверяться на нагрев, если по находящимся вблизи них токоведущим частям проходит переменный ток 1000А и менее.

4.2.17. Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, отделителей, предохранителей, трансформаторов тока, трансформаторов напряжения и т. п.) каждой цепи от сборных шин, а также от других источников напряжения.

Указанное требование не распространяется на шкафы КРУ и КРУН с выкатными тележками, высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, разрядники, устанавливаемые на выводах трансформаторов и на отходящих линиях, а также на силовые трансформаторы с кабельными вводами.

В отдельных случаях, обусловленных конструктивными или схемными соображениями, допускается устанавливать трансформаторы тока до разъединителя, отсоединяющего остальные аппараты цепи от источников напряжения.

4.2.18. Выключатель или его привод должен иметь хорошо видимый и надежно работающий указатель положения ("включено", "отключено"). Применение сигнальных

ламп в качестве единственных указателей положения выключателя не допускается. Если выключатель не имеет открытых контактов и его привод отделен стеной от выключателя, то указатель должен быть и на выключателе, и на приводе.

4.2.19. При расположении РУ и подстанций в местах, где воздух может содержать вещества, ухудшающие работу изоляции или разрушающе действующие на оборудование и шины, должны быть приняты меры, обеспечивающие надежную работу установки: применена усиленная изоляция; применены шины из материала, стойкого к воздействию окружающей среды, или покраска их защитным покрытием; РУ и подстанции расположены со стороны господствующего направления ветра; РУ и подстанции выполнены по наиболее простым схемам; закрытое исполнение РУ и подстанций, защищенное от проникновения пыли, вредных газов или паров в помещение.

При сооружении ОРУ вблизи морских побережий, соленых озер, химических предприятий, а также в местах, где длительным опытом эксплуатации установлено разрушение алюминия от коррозии, следует применять специальные алюминиевые и сталеалюминиевые провода, защищенные от коррозии.

4.2.20. При расположении РУ и подстанций на высоте более 1000 м над уровнем моря воздушные изоляционные промежутки, подвесная изоляция и внешняя изоляция электрооборудования должны выбираться в соответствии с требованиями, приведенными в 4.2.53, 4.2.54, 4.2.82, 4.2.83, с учетом поправок, компенсирующих снижение электрической прочности изоляции при пониженном давлении атмосферы.

4.2.21. В ОРУ, КРУН и в неотапливаемых ЗРУ, где температура окружающего воздуха может быть ниже минус 25 °С, должен быть предусмотрен подогрев масла масляных выключателей.

Кроме того, независимо от минимальной температуры должен быть предусмотрен подогрев механизмов приводов масляных и воздушных выключателей, блоков клапанов воздушных выключателей, их агрегатных шкафов, а также других шкафов, в которых применяются аппаратура или зажимы внутренней установки.

Подогрев реле и измерительных приборов должен производиться в соответствии с требованиями, приведенными в ГОСТ, подогрев счетчиков - в соответствии с 1.5.27 и 1.5.28.

4.2.22. Ошиновка РУ и подстанций должна выполняться, как правило, из алюминиевых, сталеалюминиевых и стальных проводов, полос, труб и шин из профилей алюминия и алюминиевых сплавов электротехнического назначения.

Токопроводы следует выполнять в соответствии с требованиями гл. 2.2.

4.2.23. Обозначение фаз электрооборудования и ошиновки РУ и подстанций должно выполняться в соответствии с требованиями гл. 1.1.

4.2.24. Распределительные устройства 3 кВ и выше должны быть оборудованы оперативной блокировкой, исключающей возможность:

включения выключателей, отделителей и разъединителей на заземляющие ножи и короткозамыкатели;

включения заземляющих ножей на ошиновку, не отделенную разъединителями от ошиновки, находящейся под напряжением;

отключения и включения отделителями и разъединителями тока нагрузки, если это не предусмотрено конструкцией аппарата.

На заземляющих ножах линейных разъединителей со стороны линии допускается устанавливать только механическую блокировку с приводом разъединителя и приспособление для запираания заземляющих ножей замками в отключенном положении.

Для РУ с простыми схемами электрических соединений рекомендуется применять механическую (ключевую) оперативную блокировку, а во всех остальных случаях - электромагнитную. Приводы разъединителей, доступные для посторонних лиц, должны иметь приспособления для запираания их замками в отключенном и включенном положениях.

4.2.25. РУ и подстанции выше 1 кВ должны быть оборудованы стационарными заземляющими ножами, обеспечивающими в соответствии с требованиями безопасности заземление аппаратов и ошиновки, как правило, без применения переносных заземлений.

Заземляющие ножи должны быть окрашены в черный цвет. Рукоятки приводов заземляющих ножей должны быть окрашены в красный цвет, а рукоятки других приводов - в цвета оборудования.

В местах, в которых стационарные заземляющие ножи не могут быть применены, на токоведущих и заземляющих шинах должны быть подготовлены контактные поверхности для присоединения переносных заземляющих проводников.

При наличии трансформаторов напряжения заземление сборных шин должно осуществляться, как правило, заземляющими ножами разъединителей трансформаторов напряжения.

4.2.26. Сетчатые и смешанные ограждения токоведущих частей и электрооборудования должны иметь высоту над уровнем планировки для ОРУ и открыто установленных трансформаторов 2 или 1,6 м (с учетом требований 4.2.57 и 4.2.58), а над уровнем пола для ЗРУ и трансформаторов, установленных внутри здания, 1,9 м; сетки должны иметь отверстия размером не менее 10x10 мм и не более 25x25 мм, а также приспособления для запираания их на замок. Нижняя кромка этих ограждений в ОРУ должна располагаться на высоте 0,1-0,2 м, а в ЗРУ - на уровне пола.

Внешние ограждения должны выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в 4.2.39.

Применение барьеров допускается при входе в камеры выключателей, трансформаторов и других аппаратов для осмотра камер при наличии напряжения на токоведущих частях. Барьеры должны устанавливаться на высоте 1,2 м и быть съемными. При высоте пола камер над уровнем земли более 0,3 м необходимо оставить между дверью и барьером расстояние не менее 0,5 м или предусмотреть площадку перед дверью для осмотра.

4.2.27. В случае, когда деформации проводов (шин), обусловленные изменениями температуры, вибрацией и т. п., могут вызывать опасные механические напряжения в проводах или изоляторах, следует предусматривать меры, исключающие возникновение таких напряжений (компенсаторы, ослабленное тяжение и т. п.).

4.2.28. Указатели уровня и температуры масла маслонеполненных трансформаторов и аппаратов и другие указатели, характеризующие состояние оборудования, должны быть расположены таким образом, чтобы были обеспечены удобные и безопасные условия для доступа к ним и наблюдения за ними без снятия напряжения (например, со стороны прохода в камеру).

Для отбора проб масла расстояние от уровня пола или поверхности земли до крана трансформатора или аппарата должно быть не менее 0,2 м или должен быть предусмотрен соответствующий приямок.

4.2.29. Электропроводка цепей защиты, измерения, сигнализации и освещения, проложенная по электротехническим устройствам с масляным наполнением, должна быть выполнена проводами с маслостойкой изоляцией.

4.2.30. Трансформаторы, реакторы и конденсаторы наружной установки для уменьшения нагрева прямыми лучами солнца должны окрашиваться в светлые тона красками, стойкими к атмосферным воздействиям и воздействию масла.

4.2.31. Распределительные устройства и подстанции должны быть оборудованы электрическим освещением. Осветительная арматура должна быть установлена таким образом, чтобы было обеспечено ее безопасное обслуживание.

4.2.32. Распределительное устройство и подстанции должны быть обеспечены телефонной связью в соответствии с принятой системой обслуживания.

4.2.33. Размещение РУ и подстанций, генеральный план и инженерная подготовка территории и защита их от затопления, оползней, лавин и т. п. должны быть выполнены в соответствии с требованиями СНиП Госстроя России.

4.2.34. Компонка и конструктивное выполнение ОРУ и ЗРУ должны предусматривать возможность применения механизмов, в том числе специальных, для производства монтажных и ремонтных работ.

4.2.35. Расстояния между РУ (подстанциями) и деревьями высотой более 4 м должны быть такими, чтобы исключались повреждения оборудования и ошиновки при падении дерева.

4.2.36. Для РУ и подстанций, размещаемых в районе жилой и промышленной застройки, должны предусматриваться мероприятия по снижению шума, создаваемого работающим электрооборудованием (трансформаторами, синхронными компенсаторами и т. п.), до значений, указанных в СНиП II-12-77 Госстроя России.

4.2.37. Распределительные устройства и подстанции с постоянным дежурством персонала, с постоянно находящимся на них оперативно-ремонтным персоналом, а также при наличии вблизи них жилых зданий должны быть обеспечены питьевой водой путем устройства хозяйственно-питьевого водопровода, сооружения артезианских скважин или колодцев.

4.2.38. Для РУ и подстанций с постоянным дежурством персонала, имеющих водопровод, должны быть устроены утепленные уборные с канализацией. При отсутствии вблизи подстанций канализационных магистралей допускается выполнение местных канализационных устройств (отстойники, фильтры). Для подстанций без постоянного дежурства персонала допускается устройство неутепленных уборных с водонепроницаемыми выгребными.

При расположении подстанций 110 кВ и выше без постоянного дежурства персонала вблизи существующих систем водоснабжения и канализации (на расстоянии до 0,5 км) в здании общеподстанционного пункта управления (ОПУ) должны предусматриваться санитарные канализационные узлы.

4.2.39. Территория ОРУ и подстанции должны быть ограждены внешним забором высотой 1,8-2,0 м. Внешние заборы высотой более 2,0 м могут применяться в местах с высокими снежными заносами, а также для подстанций со специальным режимом допуска на их территорию.

Вспомогательные сооружения (мастерские, склады, ОПУ и т. п.), расположенные на территории ОРУ, следует ограждать внутренним забором высотой 1,6 м.

При расположении ОРУ (подстанции) на территории электростанций эти ОРУ (подстанции) должны быть ограждены внутренним забором высотой 1,6 м.

Заборы могут быть сплошными, сетчатыми или решетчатыми.

Заборы могут не предусматриваться:

для закрытых подстанций, расположенных на охраняемой территории промышленного предприятия;

для закрытых подстанций, расположенных на территории городов и поселков;

для столбовых подстанций (см. также 4.2.134).

4.2.40. Металлические конструкции ЗРУ, ОРУ и подстанций, а также подземные части металлических и железобетонных конструкций должны быть защищены от коррозии.

4.2.41. Для территории ОРУ и подстанций, на которых в нормальных условиях эксплуатации из аппаратной маслохозяйства, со складов масла, из машинных помещений, а также из трансформаторов и выключателей при ремонтных и других работах могут иметь место утечки масла, должны предусматриваться устройства для его сбора и удаления с целью исключить возможность попадания масла в водоемы.

4.2.42. В качестве оперативного тока на подстанциях должен применяться переменный ток во всех случаях, когда это возможно и ведет к упрощению и удешевлению электроустановок при обеспечении необходимой надежности их работы.

## ОТКРЫТЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

4.2.43. В ОРУ 110 кВ и выше должен быть предусмотрен проезд вдоль выключателей для передвижных монтажно-ремонтных механизмов и приспособлений, а также передвижных лабораторий; габарит проезда должен быть не менее 4 м по ширине и высоте.

Для ОРУ на территориях промышленных предприятий при стесненных условиях требования настоящего параграфа не обязательны.

4.2.44. Соединение гибких проводов в пролетах должно выполняться, как правило, опрессовкой, а соединение в петлях у опор, присоединение ответвлений в пролете и присоединение к аппаратным зажимам - сваркой или опрессовкой. При этом присоединение ответвлений в пролете должно выполняться без разрезания проводов пролета.

Пайка и скрутка проводов не допускаются.

Болтовое соединение допускается только на зажимах аппаратов и на ответвлениях к разрядникам, конденсаторам связи и трансформаторам напряжения, а также для временных установок, для которых применение неразъемных соединений требует большого объема работ по ремонту шин.

Гирлянды изоляторов для подвески шин в ОРУ могут быть одноцепными. Если одноцепная гирлянда не удовлетворяет условиям механических нагрузок, то следует применять двухцепную.

Разделительные (врезные) гирлянды не допускаются, за исключением гирлянд, с помощью которых осуществляется подвеска высокочастотных заградителей.



Закрепления гибких шин и тросов в натяжных и подвесных зажимах в отношении прочности должны соответствовать требованиям, приведенным в 2.5.82, 2.5.84 и 2.5.85.

4.2.45. Ответвления от сборных шин ОРУ, как правило, должны располагаться ниже сборных шин. Подвеска ошиновки одним пролетом над двумя и более секциями или системами сборных шин не допускается.

4.2.46. Нагрузки на шины и конструкции от ветра и гололеда, а также расчетные температуры воздуха должны определяться в соответствии с требованиями гл. 2.5.

При определении нагрузок на гибкие шины должен учитываться и вес гирлянды изоляторов и спусков к аппаратам и трансформаторам.

При определении нагрузок на конструкции следует учитывать дополнительные нагрузки от массы человека с инструментом и монтажных приспособлений: 200 кг - при применении гирлянд изоляторов для анкерных опор и 150 кг - для промежуточных; 100 кг - при опорных изоляторах.

Тяжение спусков от шин к аппаратам ОРУ не должно вызывать недопустимые механические напряжения при низких температурах и недопустимое сближение проводов при сильном ветре.

4.2.47. Коэффициент запаса механической прочности для гибких шин при нагрузках, соответствующих требованиям, приведенным в 4.2.46, должен быть не менее 3 по отношению к их временному сопротивлению разрыву.

4.2.48. Коэффициент запаса механической прочности для подвесных изоляторов при нагрузках, соответствующих требованиям, приведенным в 4.2.46, должен быть не менее 4 по отношению к гарантированной минимальной разрушающей нагрузке целого изолятора (механической или электромеханической в зависимости от требования ГОСТ на примененный тип изолятора).

4.2.49. Расчетные механические усилия, передающиеся при КЗ жесткими шинами на опорные изоляторы, должны приниматься в соответствии с 1.4.15.

4.2.50. Коэффициент запаса механической прочности в сцепной арматуре для гибких шин при нагрузках, соответствующих требованиям, приведенным в 4.2.46, должен быть не менее 3 по отношению к минимальной разрушающей нагрузке.

4.2.51. Опоры для подвески шин ОРУ должны выполняться сборными железобетонными или из стали.

4.2.52. Опоры для крепления шин ОРУ выполняются и рассчитываются как промежуточные или концевые в соответствии с требованиями, приведенными в гл. 2.5. Промежуточные опоры, временно используемые как концевые, должны быть усилены при помощи оттяжек.

4.2.53. Количество подвесных и опорных изоляторов, внешняя изоляция электрооборудования РУ выбираются в соответствии с "Инструкцией по проектированию изоляции в районах с чистой и загрязненной атмосферой.

4.2.54. Расстояния в свету при жестких шинах между токоведущими и заземленными частями  $A_{\phi-3}$  и между токоведущими частями разных фаз  $A_{\phi-\phi}$  должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.2 (рис. 4.2.1).

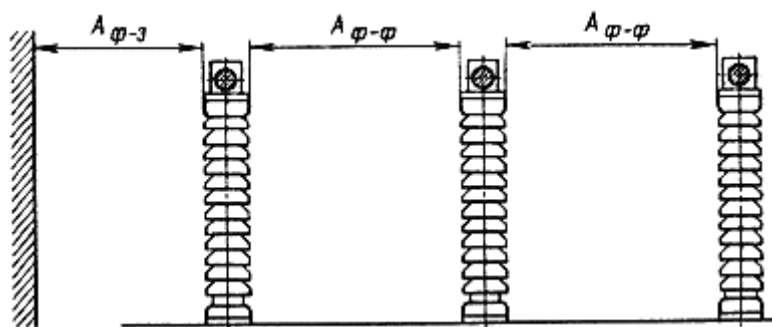


Рис. 4.2.1. Наименьшие расстояния в свету при жестких шинах между токоведущими и заземленными частями ( $A_{\phi-з}$ )

и между токоведущими частями разных фаз ( $A_{\phi-\phi}$ )

В случае, если в высоковольтных установках расстояния между фазами увеличиваются по сравнению с приведенными в табл. 4.2.2 на основании проверки на корону, соответственно должны быть увеличены и расстояния до заземленных частей.

Таблица 4.2.1

### Количество изоляторов для крепления шин

Тип изолятора	Количество изоляторов, шт., при напряжении, кВ							
	6-10	20	35	110	150	220	330	500
ПФ6-Б (ПМ-4,5)	-	3	5	8	10	15	21	30
ПФ6-В	-	3	4	8	10	14	21	29
ПС6-А (ПС-4,5)	-	3	5	9	11	16	23	33
ПС6-Б	-	3	4	9	11	16	22	32
ПС12-А	-	-	-	-	-	-	21	30
ШН-10; ОНШ-10 (ИШД-10);	1	-	-	-	-	-	-	-
ОНС-10-500; ОНС-10-2000;	-	-	-	-	-	-	-	-
ОНС-20-500; ОНС-20-2000	-	1	-	-	-	-	-	-
ОНШ-35-1000 (ШТ-35)	-	1	1	3	4	-	-	-
ОНШ-35-2000 (ИШД-35)	-	1	1	3	4	5	-	-
ШО-35	-	-	1	-	-	-	-	-
ШО-110	-	-	-	1	-	-	-	-
ШО-150	-	-	-	-	1	-	-	-

ШО-220	-	-	-	-	-	1	-	-
ШО-330М	-	-	-	-	-	-	1	-
ШО-500М	-	-	-	-	-	-	-	1
ОС-1	-	1	2	5	7	-	-	-

Таблица 4.2.2.

**Наименьшее расстояние от токоведущих частей до различных элементов ОРУ (подстанций) в свету по рис. 4.2.1-4.2.10**

Номер рисунка	Наименование расстояния	Обозначение	Изоляционное расстояние, мм, для номинального напряжения, кВ							
			до 10	20	35	110	150	220	330	500
4.2.1; 4.2.2; 4.2.3	От токоведущих частей или от элементов оборудования и изоляции, находящихся под напряжением, до заземленных конструкций или постоянных внутренних ограждений высотой не менее 2 м	A <sub>ф-з</sub>	200	300	400	900	1300	1800	2500	3750
4.2.1; 4.2.2	Между проводами разных фаз	A <sub>ф-ф</sub>	220	330	440	1000	1400	2000	2800	4200
4.2.3; 4.2.5; 4.2.9	От токоведущих частей или от элементов оборудования и изоляции, находящихся под напряжением, до постоянных внутренних ограждений высотой 1,6 м, до габаритов транспортируемого оборудования	Б	950	1050	1150	1650	2050	2550	3250	4500
4.2.6	Между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях при обслуживаемой нижней цепи и неотключенной верхней	В	950	1050	1150	1650	2050	3000	4000	5000
4.2.4; 4.2.10	От неогражденных токоведущих частей до земли или до кровли зданий при наибольшем провисании проводов	Г	2900	3000	3100	3600	4000	4500	5000	6450
4.2.6; 4.2.7; 4.2.8; 4.2.10	Между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях, а также между токоведущими частями разных цепей по	Д	2200	2300	2400	2900	3300	3800	4500	5750

	горизонтали при обслуживании одной цепи и неотключенной другой, от токоведущих частей до верхней кромки внешнего забора, между токоведущими частями и зданиями или сооружениями									
4.2.9	От контакта и ножа разъединителя в отключенном положении до ошиновки, присоединенной ко второму контакту	Ж	240	365	485	1100	1550	2200	3100	4600

4.2.55. Расстояния в свету при гибких шинах (рис. 4.2.2) между токоведущими и заземленными частями  $A_{\phi-з,г}$ , а также между токоведущими частями  $A_{\phi-\phi,г}$ , при их расположении в одной горизонтальной плоскости должны быть не менее

$$A_{\phi-з,г} = A_{\phi-з} + a,$$

$$A_{\phi-\phi,г} = A_{\phi-\phi} + a,$$

где  $a = f \sin \alpha$ ;  $f$  - стрела провеса провода при температуре плюс 15 °С, м;  
 $\alpha = \arctg(P/Q)$ ;  $Q$  - вес провода на 1 м длины, даН/м;  $P$  - скоростной напор ветра на 1 м длины провода, даН/м; при этом скорость ветра принимается равной 60% значения, выбранного при расчете строительных конструкций.

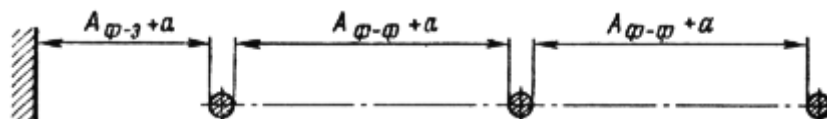


Рис. 4.2.2. Наименьшие расстояния в свету при гибких шинах между токоведущими и заземленными частями и между токоведущими частями разных фаз, расположенными в одной горизонтальной плоскости

4.2.56. При токах трехфазного КЗ 20 кА и более гибкие шины РУ следует проверять на исключение возможности схлестывания или опасного в отношении пробоя сближения фаз в результате динамического действия тока КЗ.

Наименьшие допустимые расстояния в свету между находящимися под напряжением соседними фазами в момент их наибольшего сближения под действием токов КЗ должны соответствовать наименьшим воздушным промежуткам на ВЛ, принимаемым по наибольшему рабочему напряжению и приведенным в гл. 2.5.

В гибких токопроводах, выполненных из нескольких проводов в фазе, должны устанавливаться дистанционные распорки.

4.2.57. Расстояния по горизонтали от токоведущих и незаземленных частей или элементов изоляции (со стороны токоведущих частей) до постоянных внутренних ограждений в зависимости от их высоты должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.2 для размера Б при высоте ограждения 1,6 м и для размера  $A_{\phi-з}$  при высоте

ограждения 2 м. При расположении этих частей или элементов выше ограждений эти расстояния должны быть выдержаны и выше ограждений до высоты 2,7 м в плоскости ограждения (рис. 4.2.3).

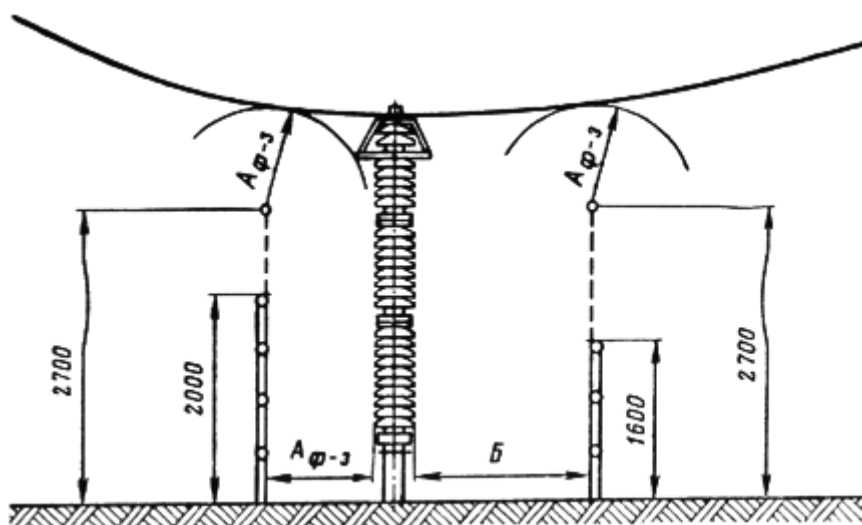


Рис. 4.2.3. Наименьшие расстояния от токоведущих частей и элементов изоляции, находящихся под напряжением, до постоянных внутренних ограждений

Расстояния от точки, расположенной на высоте 2,7 м в плоскости ограждения, до этих частей или элементов должны быть не менее  $A_{ф-з}$  (рис. 4.2.3).

4.2.58. Токоведущие части (выводы, шины, спуски и т. п.) могут не иметь внутренних ограждений, если они расположены над уровнем планировки или уровнем сооружения (например, плиты кабельных каналов или лотков, по которым могут ходить люди) на высоте не менее значений, приведенных в табл. 4.2.2 для размера Г (рис. 4.2.4).

Неогражденные токоведущие части, соединяющие конденсатор устройств высокочастотной связи, телемеханики и защиты с фильтром должны быть расположены на высоте не менее 2,5. При этом рекомендуется устанавливать фильтр на высоте, позволяющей производить ремонт (настройку) фильтра без снятия напряжения с оборудования присоединения.

Трансформаторы и аппараты, у которых нижняя кромка фарфора изоляторов расположена над уровнем планировки или уровнем сооружения (плиты кабельных каналов или лотков и т. п.) на высоте не менее 2,5 м, разрешается не ограждать (рис. 4.2.4). При меньшей высоте оборудование должно иметь постоянное ограждение, удовлетворяющее требованиям 4.2.26 и находящееся от трансформаторов и аппаратов на расстоянии не менее приведенного в 4.2.57.

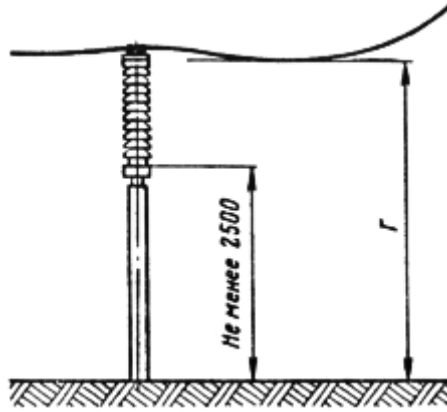


Рис. 4.2.4. Наименьшие расстояния от неогражденных токоведущих частей и от нижней кромки фарфора изоляторов до земли

Примечания: 1. Для элементов изоляции, находящихся под распределенным потенциалом, изоляционные расстояния следует принимать с учетом фактических значений потенциалов в разных точках поверхности. При отсутствии данных о распределении потенциала следует условно принимать прямолинейный закон падения потенциала вдоль изоляции от полного номинального напряжения (со стороны токоведущих частей) до нуля (со стороны заземленных частей).

2. Расстояние от токоведущих частей или от элемента изоляции (со стороны токоведущих частей), находящегося под напряжением, до габаритов трансформаторов, транспортируемых по железнодорожным путям, уложенным на бетонном основании сооружений гидроэлектростанций, допускается принять менее размера Б, но не менее размера  $A_{\phi-3}$ .

3. Расстояния  $A_{\phi-3}$  и  $A^{\phi-\phi}$  в электроустановках напряжением 220 кВ и выше, расположенных на высоте более 1000 м над уровнем моря, должны быть увеличены в соответствии с требованиями ГОСТ 1516.1-76\*.

Требования к открытой установке трансформаторов у стен зданий см. в 4.2.69.

4.2.59. Неограждаемые токоведущие части должны быть расположены так, чтобы расстояния от них до габаритов машин, механизмов и транспортируемого оборудования (см. 4.2.43) были не менее значений, приведенных для размера Б в табл. 4.2.2. (рис. 4.2.5).

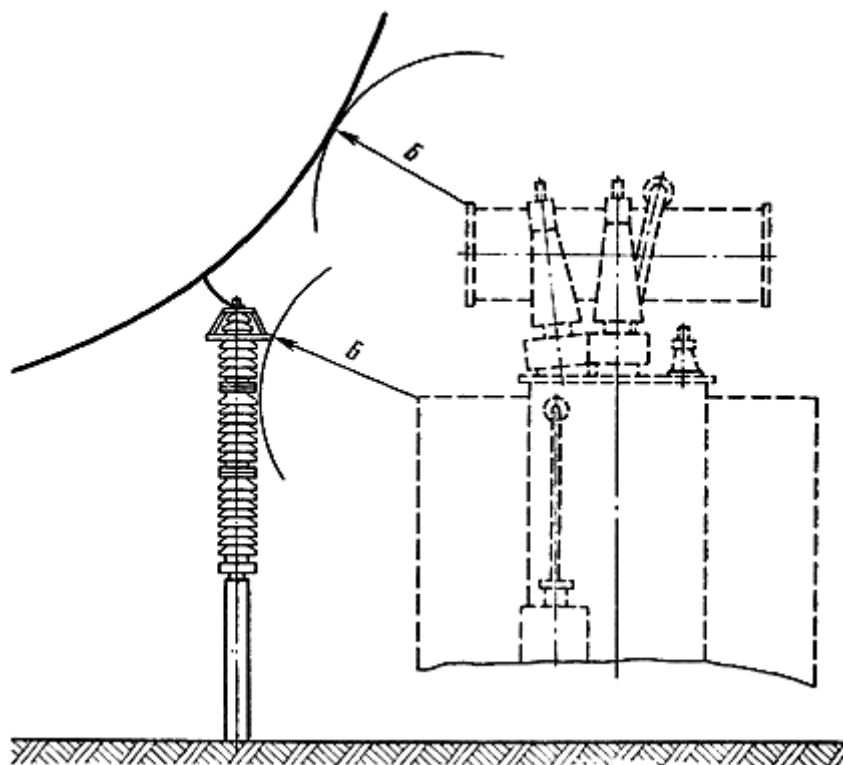


Рис. 4.2.5. Наименьшие расстояния от токоведущих частей до транспортируемого оборудования

4.2.60. Расстояния между ближайшими неогражденными токоведущими частями разных цепей должны выбираться из условия обслуживания одной цепи при неотключенной второй. При расположении неогражденных токоведущих частей разных цепей в разных (параллельных или перпендикулярных) плоскостях расстояния должны быть по вертикали не менее значений, приведенных в табл. 4.2.2 для размера В, а по горизонтали - для размера Д (рис. 4.2.6). При наличии различных напряжений размеры В и Д принимаются по более высокому напряжению. При этом размер В предусматривает обслуживание нижней цепи при неотключенной верхней, а размер Д - обслуживание одной цепи при неотключенной второй.

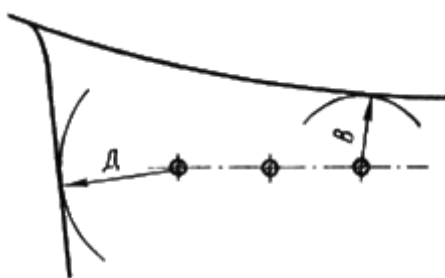


Рис. 4.2.6. Наименьшие расстояния между токоведущими частями разных цепей, расположенных в различных плоскостях, с обслуживанием нижней цепи при неотключенной верхней

Если такое обслуживание не предусматривается, расстояния между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях должны приниматься в соответствии с 4.2.54 и 4.2.55; при этом должна быть учтена возможность сближения проводов в условиях эксплуатации (под влиянием ветра, гололеда, температуры).

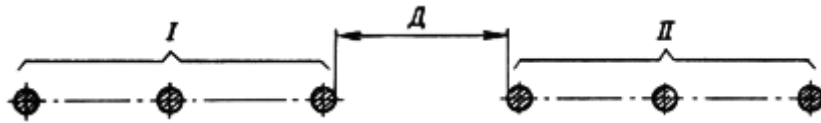


Рис. 4.2.7. Наименьшие расстояния по горизонтали между токоведущими частями разных цепей с обслуживанием одной цепи при неотключенной другой

4.2.61. Расстояния между токоведущими частями разных цепей, расположенных в одной горизонтальной плоскости, устанавливаются по высшему напряжению и должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.2 для размера Д (рис. 4.2.7). Размер Д предусматривает обслуживание одной цепи при неотключенной другой.

4.2.62. Расстояния между токоведущими частями и верхней кромкой внешнего забора должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.2 для размера Д (рис. 4.2.8). При этом расстояния по вертикали от токоведущих частей до земли вне территории ОРУ (подстанции) должны быть не менее указанных в первом и третьем абзацах 4.2.87.

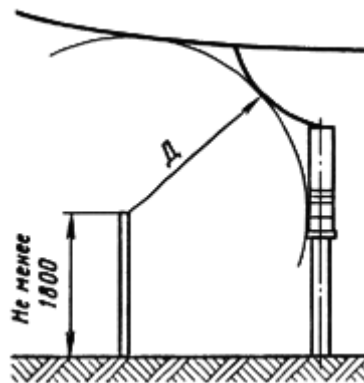


Рис. 4.2.8. Наименьшие расстояния от токоведущих частей до верхней кромки внешнего ограждения

4.2.63. Расстояния от контактов и ножей разъединителей в отключенном положении до заземленных частей должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.2 для размера  $A_{\phi-3}$ , до ошиновки своей фазы, присоединенной ко второму контакту, - не менее значений для размера Ж, до ошиновки других присоединений - не менее значений для размера Б (рис. 4.2.9).



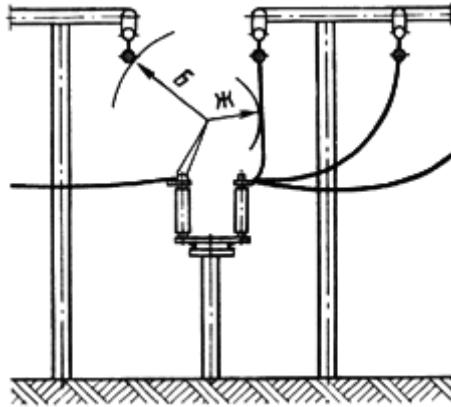


Рис. 4.2.9. Наименьшие расстояния от контактов и ножей разъединителей в отключенном положении до заземленных и токоведущих частей

4.2.64. Расстояния между токоведущими частями ОРУ и зданиями или сооружениями (ЗРУ, щит управления, трансформаторная башня и др.) должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.2 для размера Д, а расстояния по вертикали между токоведущими частями и перечисленными выше сооружениями - не менее размера Г (рис. 4.2.10); см. также 4.2.88.

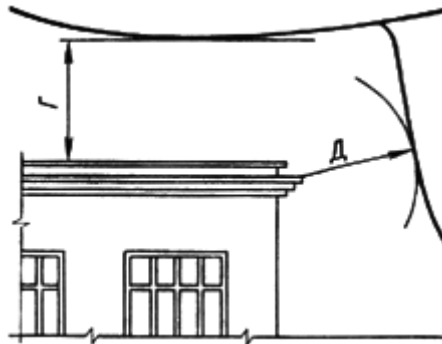


Рис. 4.2.10 Наименьшие расстояния между токоведущими частями и зданиями и сооружениями

4.2.65. Прокладка воздушных осветительных линий, линий связи и сигнализации над и под токоведущими частями ОРУ не допускается.

4.2.66. Расстояния от открыто установленных электротехнических устройств до водоохладителей подстанций должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.3.

Для районов с расчетными температурами наружного воздуха ниже минус 36 °С приведенные в табл. 4.2.3 расстояния должны быть увеличены на 25%, а с температурами выше минус 20 °С - уменьшены на 25%. Для реконструируемых объектов приведенные в табл. 4.2.3 расстояния допускается уменьшать, но не более чем на 25%.

Таблица 4.2.3.

**Наименьшее расстояние от открыто установленных электротехнических устройств до водоохладителей подстанций**

Водоохладитель	Расстояние, м
Брызгальные устройства и открытые градирни	80
Башенные и одновентиляторные градирни	30
Секционные вентиляторные градирни	42

4.2.67. Расстояния от маслonaполненного оборудования с массой масла в единице оборудования 60 кг и более до зданий с производствами категорий В, Г, Д на территории промышленных предприятий и до вспомогательных сооружений (мастерские, склады) на территории электростанций и подстанций, а также до жилых и общественных зданий должны быть не менее (исключения для категорий Г и Д см. в 4.2.69): 16 м при степенях огнестойкости этих зданий и сооружений I и II; 20 м при степени огнестойкости III; 24 м при степенях огнестойкости IV и V.

Расстояния от маслonaполненного оборудования до взрывоопасных зон и помещений следует принимать по гл. 7.3.

Расстояния между отдельными зданиями подстанций в зависимости от степени их огнестойкости следует принимать по СНиП II-89-80\* "Генеральные планы промышленных предприятий" (изд. 1995 г.) Госстроя России.

Противопожарные расстояния от зданий трансформаторной мастерской и аппаратной маслохозяйства, а также от складов масла до ограды ОРУ должны быть не менее 6 м.

Расстояния от зданий ЗРУ до других производственных зданий электростанций и подстанций должны быть не менее 7 м. Указанные расстояния могут не соблюдаться при условии, что стена ЗРУ, обращенная в сторону другого здания, будет сооружена как противопожарная с пределом огнестойкости 2,5 ч.

Расстояния от складов водорода до зданий подстанции и опор ВЛ должны быть не менее указанных в табл. 4.2.4.

Таблица 4.2.4.

**Наименьшее расстояние от складов водорода до зданий подстанции и опор ВЛ**

Количество хранимых на складе баллонов	Расстояние, м	
	до зданий подстанций	до опор ВЛ
До 500	20	1,5 высоты опоры
Более 500	25	То же

Расстояния от складов водорода до ОРУ, трансформаторов, синхронных компенсаторов должны быть не менее 50 м.

Степень огнестойкости зданий и категории производства принимаются по СНиП 21.01-97 "Пожарная безопасность зданий и сооружений" Госстроя России.

4.2.68. Расстояния от маслonaполненного электрооборудования ОРУ электростанций и подстанций до зданий ЗРУ, щитов, компрессорных и блоков синхронных компенсаторов определяются только технологическими требованиями и не должны увеличиваться по пожарным условиям.

4.2.69. При установке у стен зданий с производствами категорий Г и Д (по противопожарным нормам) маслonaполненных трансформаторов, обслуживающих эти производства, на расстоянии от них более 10 м и вне пределов участков шириной Б (рис. 4.2.11) специальных требований к стенам, окнам и дверям зданий не предъявляется.

При меньшем расстоянии до трансформаторов в пределах участков шириной Б должны выполняться следующие требования:

1. Окна до высоты д (до уровня крышки трансформаторов) не допускаются.
2. При расстоянии г менее 5 м и степенях огнестойкости зданий IV и V стена здания должна выполняться как противопожарная с пределом огнестойкости 2,5 ч и возвышаться над кровлей, выполненной из сгораемого материала, не менее чем на 0,7 м.
3. При расстоянии г менее 5 м и степенях огнестойкости зданий I, II и III, а также при расстоянии г 5 м и более без ограничения по огнестойкости на высоте от д до д+е допускаются неоткрывающиеся окна с заполнением армированным стеклом или стеклоблоками, с рамами, имеющими предел огнестойкости не менее 0,75 ч и выполняемыми из несгораемого материала; выше д+е - окна, открывающиеся внутрь здания, с проемами, снабженными снаружи металлическими сетками с отверстиями не более 25x25 мм.
4. При расстоянии г до 5 м на высоте менее д, а также при г 5 м и более на любой высоте допускаются двери, выполняемые из несгораемого или трудносгораемого материала с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.
5. Вентиляционные приемные отверстия в стене здания при расстоянии г до 5 м не допускаются, вытяжные отверстия с выбросом незаряженного воздуха в указанном пределе допускаются на высоте д.
6. Расстояние б см. в 4.2.233, расстояние г должно быть не менее 0,8 м.
7. Вдоль всех трансформаторов следует предусматривать проезд шириной не менее 3 м или пожарный подъезд к каждому из них.

Приведенные на рис. 4.2.11 размеры а-г и А принимаются до наиболее выступающих частей трансформаторов на высоте менее 1,9 м от поверхности земли. При единичной мощности трансформаторов до 1,6 МВ·А  $b \geq 1,5$  м,  $e \geq 8$  м; более 1,6 МВ·А  $b \geq 2$  м;  $e \geq 10$  м.

Требования настоящего параграфа распространяются также на КТП наружной установки.

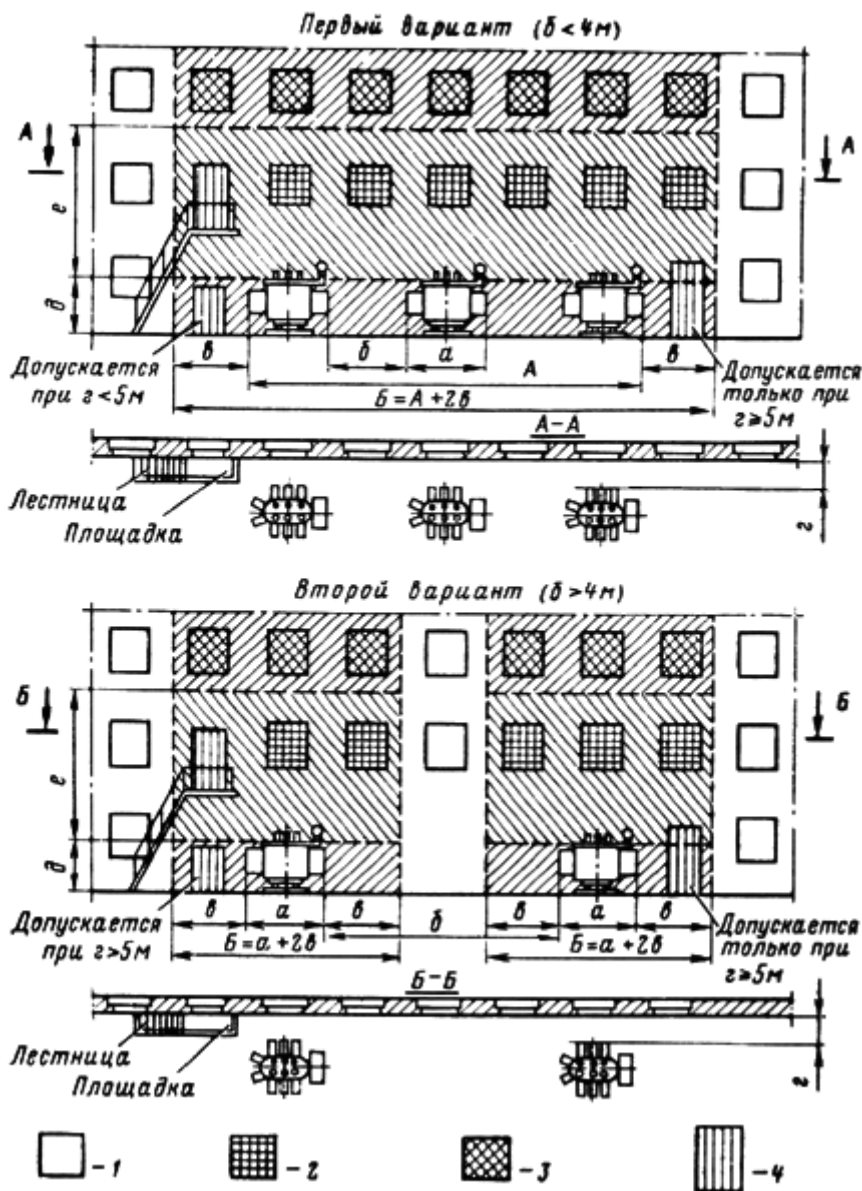


Рис. 4.2.11. Требования к открытой установке маслонаполненных трансформаторов у зданий с производствами категорий Г и Д (по противопожарным нормам):

- 1 - обычное окно; 2 - неоткрывающееся окно с несгораемым заполнением;
- 3 - окно, открывающееся внутрь здания, с металлической сеткой снаружи;
- 4 - огнестойкая дверь

4.2.70. Для предотвращения растекания масла и распространения пожара при повреждениях маслонаполненных силовых трансформаторе (реакторы) с массой масла более 1 т в единице (одном баке) и баковых выключателей 110 кВ и выше должны быть выполнены маслоприемники, маслоотводы и маслосборники с соблюдением следующих требований:

1. Габариты маслоприемника должны выступать за габариты единичного электрооборудования не менее чем на 0,6 м при массе масла до 2 т; 1 м при массе более 2 до 10 т; 1,5 м при массе более 10 до 50 т; 2 м при массе более 50 т. При этом габарит

маслоприемника может быть принят меньшим на 0,5 м со стороны стены или перегородки, располагаемой от трансформатора на расстоянии менее 2 м.

Объем маслоприемника должен быть рассчитан на одновременный прием 100% масла, содержащегося в корпусе трансформатора (реактора).

У баковых выключателей маслоприемники должны быть рассчитаны на прием 80% масла, содержащегося в одном баке.

2. Устройство маслоприемников и маслоотводов должно исключать переток масла (воды) из одного маслоприемника в другой, растекание масла по кабельным и другим подземным сооружениям, распространение пожара, засорение маслоотвода и забивку его снегом, льдом и т. п.

3. Для трансформаторов (реакторов) мощностью до 10 МВ·А допускается выполнение маслоприемников без отвода масла. При этом маслоприемники должны выполняться заглубленными, рассчитанными на полный объем масла, содержащегося в установленном над ними оборудовании, и закрываться металлической решеткой, поверх которой должен быть насыпан толщиной не менее 0,25 м слой чистого гравия или промытого гранитного щебня либо непористого щебня другой породы с частицами от 30 до 70 мм.

Удаление масла и воды из заглубленного маслоприемника должно предусматриваться переносным насосным агрегатом. При применении маслоприемника без отвода масла рекомендуется выполнение простейшего устройства для проверки отсутствия масла (воды) в маслоприемнике.

4. Маслоприемники с отводом масла могут выполняться как заглубленного типа (дно ниже уровня окружающей планировки земли), так и незаглубленного типа (дно на уровне окружающей планировки земли).

При выполнении заглубленного маслоприемника устройство бортовых ограждений не требуется, если при этом обеспечивается объем маслоприемника, указанный в п. 1.

Незаглубленный маслоприемник должен выполняться в виде бортовых ограждений маслonaполненного оборудования. Высота бортовых ограждений должна быть не менее 0,25 и не более 0,5 м над уровнем окружающей планировки.

Дно маслоприемника (заглубленного и незаглубленного) должно быть засыпано крупным чистым гравием или промытым гранитным щебнем либо непористым щебнем другой породы с частицами от 30 до 70 мм. Толщина засыпки должна быть не менее 0,25 м.

5. При установке маслonaполненного электрооборудования на железобетонном перекрытии здания (сооружения) устройство маслоотвода является обязательным.

6. Маслоотводы должны обеспечивать отвод из маслоприемника масла и воды, применяемой для тушения пожара автоматическими стационарными устройствами, на безопасное в пожарном отношении расстояние от оборудования и сооружений; 50% масла и полное количество воды должны удаляться не более чем за 0,25 ч. Маслоотводы могут выполняться в виде подземных трубопроводов или открытых кюветов и лотков.

7. Маслосборники должны быть рассчитаны на полный объем масла единичного оборудования, содержащего наибольшее количество масла, и должны выполняться закрытого типа.

По согласованию с органами Государственного санитарного надзора допускается устройство маслосборника в виде котлована в грунте со спланированными откосами.

4.2.71. На подстанциях с трансформаторами 110-154 кВ единичной мощностью 63 МВ·А и более и трансформаторами 220 кВ и выше единичной мощностью 40 МВ·А и более, а также на подстанциях с синхронными компенсаторами для тушения пожара следует предусматривать водопровод с питанием от существующей внешней сети или от самостоятельного источника водоснабжения.

На подстанциях с трансформаторами 220 кВ единичной мощностью менее 40 МВ·А следует предусматривать водопровод с питанием от существующей внешней сети. Допускается вместо пожарного водопровода иметь пожарный водоем, пополняемый водой из водопроводной сети другого назначения.

На подстанциях с трансформаторами 35-154 кВ единичной мощностью менее 63 МВ·А противопожарный водопровод и водоем не предусматриваются.

4.2.72. Фундаменты под маслонаполненные трансформаторы или аппараты должны выполняться из несгораемых материалов.

4.2.73. На подстанциях, оборудованных совмещенными порталами, у трансформаторов (автотрансформаторов) железнодорожные пути для их перекатки, как правило, не предусматриваются. При наличии подъездного железнодорожного пути к подстанции последний доводится до фундаментов трансформаторов (автотрансформаторов), оборудованных совмещенными порталами.

4.2.74. По спланированной территории ОРУ и подстанций должен быть обеспечен проезд для автомобильного транспорта с улучшением в случае необходимости грунтовой поверхности твердыми добавками или засевом трав.

Автодороги с покрытием (усовершенствованным, переходным, низшим) предусматриваются, как правило, к следующим зданиям и сооружениям: portalу или башне для ревизии трансформаторов, зданиям щитов управления, ЗРУ и КРУН, вдоль выключателей ОРУ 110 кВ и выше, зданию масляного хозяйства, материальному складу, открытому складу масла, насосным, резервуарам воды, компрессорной, складу водорода, фазам выключателей 330 кВ и выше.

Ширина проезжей части внутривозрадных дорог должна быть не менее 3,5 м. При определении габаритов проездов должны быть учтены размеры применяемых приспособлений и механизмов в соответствии с 4.2.43.

4.2.75. Установка КРУН и КТП наружной установки должна отвечать следующим требованиям:

1. КРУН и КТП должны быть расположены на спланированной площадке на высоте не менее 0,2 м от уровня планировки с устройством около шкафов площадки для обслуживания. В районах с большим снежным покровом, а также в районах, подверженных снежным заносам, рекомендуется установка КРУН и КТП наружной установки на высоте 1,0-1,2 м.

2. Расположение устройства должно обеспечивать удобную выкатку и транспортировку трансформаторов и выкатной части ячеек.

3. Должно быть обеспечено охлаждение оборудования. Кроме того, КРУН и КТП наружной установки должны отвечать требованиям, приведенным в 4.2.13-4.2.16, 4.2.18-4.2.25, 4.2.28-4.2.30, 4.2.33-4.2.36, 4.2.39, 4.2.40, 4.2.225, 4.2.226.

Соединения между отдельными секциями КРУН и КТП наружной установки с открытыми сборными и соединительными шинами должны отвечать также требованиям, приведенным в 4.2.44-4.2.74.

## ЗАКРЫТЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ПОДСТАНЦИИ

4.2.76. Здания и помещения ЗРУ и камеры трансформаторов должны быть I или II степени огнестойкости.

4.2.77. Расстояния от отдельно стоящих зданий ЗРУ до производственных зданий и сооружений промышленных предприятий, а также до жилых и общественных зданий следует принимать по СНиП II-89-80\* (изд. 1995 г.) Госстроя России.

Для стесненных условий приведенные в СНиП расстояния по согласованию с местными органами пожарной охраны могут быть уменьшены при условии, что стена ЗРУ, обращенная в сторону здания, предусмотрена глухой.

Расстояние между расположенными по периметру промышленных зданий пристроенными или встроенными подстанциями не нормируется.

Специальные требования к сооружению встроенных и пристроенных подстанций в жилых и общественных зданиях см. в гл. 7.1.

4.2.78. Пристройка подстанции к существующему зданию с использованием стены здания в качестве стены подстанции допускается при условии принятия специальных мер, предотвращающих нарушение гидроизоляции стыка при осадке пристраиваемой подстанции. Указанная осадка должна быть также учтена при креплении оборудования на существующей стене здания.

4.2.79. ЗРУ напряжением до и выше 1 кВ, как правило, должны размещаться в отдельных помещениях. Это требование не распространяется на КТП с высшим напряжением до 35 кВ.

Допускается размещение ЗРУ напряжением до 1 кВ и выше в общем помещении при условии, что части РУ или подстанции напряжением до 1 кВ и выше будут эксплуатироваться одной организацией.

Помещения РУ, трансформаторов, преобразователей и т. п. должны быть отделены от служебных и других вспомогательных помещений (исключения см. в гл. 4.3, 5.1 и 7.5).

4.2.80. Трансформаторные помещения и ЗРУ не допускается размещать:

1) под помещением производств с мокрым технологическим процессом, под душевыми, уборными, ванными и т. п. Исключения допускаются в случаях, когда приняты специальные меры по надежной гидроизоляции, предотвращающие попадание влаги в помещения РУ и подстанций;

2) непосредственно под и над помещениями, в которых может находиться более 50 чел. в период более 1 ч над и под площадью перекрытия трансформаторного помещения и ЗРУ.

Требование п. 2 не распространяется на трансформаторные помещения, в которых установлены трансформаторы сухие или с негорючим наполнением.

4.2.81. Изоляция вводов, а также изоляторов гибких и жестких наружных открытых токопроводов генераторов 6 и 10 кВ должна выбираться на номинальное напряжение 20 кВ, а генераторов напряжением 13,8-24 кВ - на напряжение 35 кВ с учетом требований "Инструкции по проектированию изоляции в районах с чистой и загрязненной атмосферой".

4.2.82. Расстояния в свету между неизолированными токоведущими частями разных фаз, от неизолированных токоведущих частей до заземленных конструкций и ограждений, пола и земли, а также между неогражденными токоведущими частями

разных цепей должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.5 (рис. 4.2.12-4.2.15).

Гибкие шины в ЗРУ следует проверять на их сближение под действием токов КЗ в соответствии с требованиями, приведенными в 4.2.56.

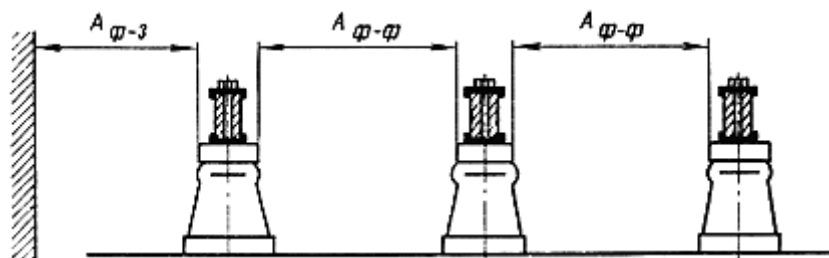


Рис. 4.2.12. Наименьшие расстояния в свету между неизолированными токоведущими частями разных фаз в ЗРУ и между ними и заземленными частями (по табл. 4.2.5)

Таблица 4.2.5.

**Наименьшее расстояние в свету от токоведущих частей до различных элементов ЗРУ**

Номер рисунка	Наименование расстояний	Обозначение	Изоляционное расстояние, мм, для напряжения, кВ							
			3	6	10	20	35	110	150	220
4.2.12	От токоведущих частей до заземленных конструкций и частей зданий	$A_{\phi-з}$	65	90	120	180	290	700	1100	1700
4.2.12	Между проводниками разных фаз	$A_{\phi-\phi}$	70	100	130	200	320	800	1200	1800
4.2.13	От токоведущих частей до сплошных ограждений	Б	95	120	150	210	320	730	1130	1730
4.2.14	От токоведущих частей до сетчатых ограждений	В	165	190	220	280	390	800	1200	1800
4.2.14	Между неогражденными токоведущими частями разных цепей	Г	2000	2000	2000	2200	2200	2900	3300	3800
4.2.15	От неогражденных токоведущих частей до пола	Д	2500	2500	2500	2700	2700	3400	3700	4200
4.2.15	От неогражденных выводов из ЗРУ до земли при выходе их не на территорию ОРУ и при отсутствии проезда под выводами	Е	4500	4500	4500	4750	4750	5500	6000	6500



4.2.14	От контакта и ножа разъединителя в отключенном положении до ошиновки, присоединенной ко второму контакту	Ж	80	110	150	220	350	900	1300	2000
--------	--	---	----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------

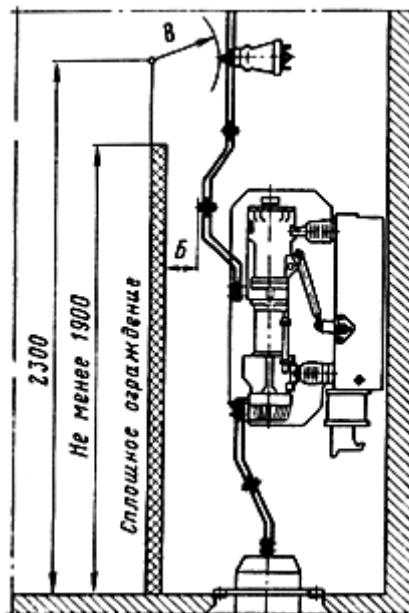


Рис. 4.2.13. Наименьшие расстояния между неизолированными токоведущими частями в ЗРУ и сплошными ограждениями (по табл. 4.2.5)

4.2.83. Расстояние от контактов и ножей разъединителей в отключенном положении до ошиновки своей фазы, присоединенной ко второму контакту, должно быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.5 для размера Ж (см. рис. 4.2.14).

4.2.84. Неизолированные токоведущие части должны быть защищены от случайных прикосновений путем помещения их в камеры, ограждения сетками и т. п.

При размещении неизолированных токоведущих частей вне камер и расположении их ниже размера Д по табл. 4.2.5 от пола они должны быть ограждены. Высота прохода под ограждением должна быть не менее 1,9 м (см. рис. 4.2.15).

Токоведущие части, расположенные выше ограждений до высоты 2,3 м от пола, но ниже размера Д, должны находиться от плоскости ограждения на расстояниях, приведенных в табл. 4.2.5 для размера В (см. рис. 4.2.14).

Неогражденные токоведущие части, соединяющие конденсатор устройства высокочастотной связи, телемеханики и защиты с фильтром, должны быть расположены на высоте не менее 2,2 м. При этом рекомендуется устанавливать фильтр на высоте, позволяющей производить ремонт (настройку) фильтра без снятия напряжения с оборудования присоединений.

Аппараты, у которых нижняя кромка фарфора изоляторов расположена над уровнем пола на высоте 2,2 м и более, разрешается не ограждать, если выполнены приведенные выше требования.

Применение барьеров для ограждения токоведущих частей в открытых камерах не допускается.

4.2.85. Неогражденные неизолированные токоведущие части различных цепей, находящихся на высоте, превышающей значения, приведенные в табл. 4.2.5 для размера Д, должны быть расположены на таком расстоянии одна от другой, чтобы после отключения какой-либо цепи (например, секции шин) было обеспечено ее безопасное обслуживание при наличии напряжения в соседних цепях. В частности, между неогражденными токоведущими частями, расположенными с двух сторон коридора обслуживания, должны быть соблюдены расстояния не менее приведенных в табл. 4.2.5 для размера Г (см. рис. 4.2.14).

4.2.86. Ширина коридора обслуживания должна обеспечивать удобное обслуживание установки и перемещение оборудования, причем она должна быть не менее (считая в свету между ограждениями): 1 м при одностороннем расположении оборудования; 1,2 м при двустороннем расположении оборудования.

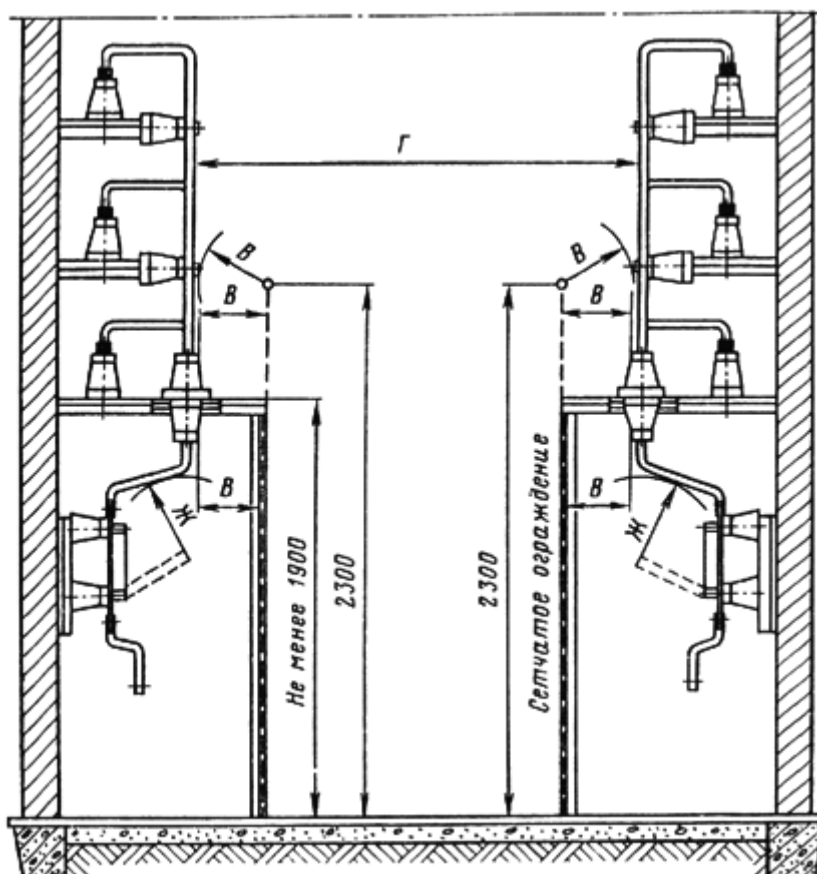


Рис. 4.2.14. Наименьшие расстояния от неизолированных токоведущих частей в ЗРУ до сетчатых ограждений и между неогражденными неизолированными токоведущими частями разных цепей (по табл. 4.2.5)

В коридоре управления, где находятся приводы выключателей или разъединителей, указанные выше размеры должны быть соответственно не менее 1,5 и 2 м. При длине коридора до 7 м допускается уменьшение ширины коридора при двустороннем обслуживании до 1,8 м.

Ширина проходов в помещениях КРУ и КТП - см. 4.2.121 и 4.2.122. Ширина взрывного коридора должна быть не менее 1,2 м.

Допускается местное сужение коридора обслуживания, а также взрывного коридора строительными конструкциями не более чем на 0,2 м.

Высота помещений КРУ и КТП - см. 4.2.123.

4.2.87. При воздушных вводах в ЗРУ, не пересекающих проездов или мест, где возможно движение транспорта и т. п., расстояния от нижней точки провода до поверхности земли должны быть не менее приведенных в табл. 4.2.5 для размера Е (см. рис. 4.2.15).

При меньших расстояниях от провода до земли территория на соответствующем участке под вводом должна быть ограждена забором высотой 1,6 м, при этом расстояние от земли до провода в плоскости забора должно быть не менее размера Е.

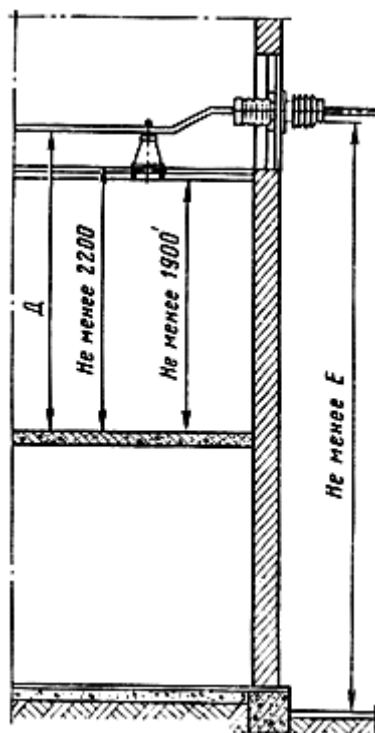


Рис. 4.2.15. Наименьшие расстояния от пола до неогражденных неизолированных токоведущих частей и до нижней кромки фарфора изолятора и высота прохода в ЗРУ.

Наименьшие расстояния от земли до неогражденных линейных выводов из ЗРУ вне территории ОРУ и при отсутствии проезда транспорта под выводами

При воздушных вводах, пересекающих проезды или места, где возможно движение транспорта и т. п., расстояния от нижнего провода до земли следует принимать в соответствии с 2.5.111 и 2.5.112.

При воздушных выводах из ЗРУ на территорию ОРУ указанные расстояния должны приниматься по табл. 4.2.2 для размера Г (см. рис. 4.2.4).

Расстояния между смежными линейными выводами двух цепей должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.2, как для размера Д, если не предусмотрены перегородки между выводами соседних цепей.

На крышах ЗРУ над воздушными вводами должны быть предусмотрены ограждения высотой не менее 0,8 м, выходящие в плане не менее чем по 0,5 м от осей крайних фаз. Вместо указанных ограждений допускается устройство над вводами козырьков тех же габаритов в плане.

4.2.88. Провода ввода в здание РУ, расположенные над его крышей, должны находиться от нее на высоте не менее приведенной в 4.2.64.

4.2.89. Выходы из РУ должны выполняться в соответствии со следующим:

1. При длине РУ до 7 м допускается один выход.
2. При длине РУ более 7 м до 60 м должно быть предусмотрено два выхода по его концам, допускается располагать выходы из РУ на расстоянии до 7 м от его торцов.
3. При длине РУ более 60 м кроме выходов по концам его должны быть предусмотрены дополнительные выходы с таким расчетом, чтобы расстояние от любой точки коридора обслуживания, управления или взрывного коридора до выхода было не более 30 м.

Выходы могут быть выполнены наружу, на лестничную клетку или в другое производственное помещение с несгораемыми стенами и перекрытиями, не содержащее огне- и взрывоопасных предметов, аппаратов или производств, а также в другие отсеки РУ, отделенные от данного несгораемой или трудносгораемой дверью с пределом огнестойкости не менее 0,6 ч. В многоэтажных РУ второй и дополнительные выходы могут быть предусмотрены также на балкон с наружной пожарной лестницей.

4.2.90. Взрывные коридоры большой длины следует разделять на отсеки не более 60 м несгораемыми перегородками с огнестойкостью не менее 1 ч с дверями, выполняемыми в соответствии с 4.2.92. Взрывные коридоры должны иметь выходы наружу или на лестничную клетку.

4.2.91. Полы помещений РУ рекомендуется выполнять по всей площади каждого этажа на одной отметке. Конструкция полов должна исключать возможность образования цементной пыли (см. также 4.2.118). Устройство порогов в дверях между отдельными помещениями и в коридорах не допускается (исключения - см. 4.2.97, 4.2.98, 4.2.100 и 4.2.101).

4.2.92. Двери из РУ должны открываться в направлении других помещений или наружу и иметь самозапирающиеся замки, открываемые без ключа со стороны распределительного устройства.

Двери между отсеками одного РУ или между смежными помещениями двух РУ должны иметь устройство, фиксирующее двери в закрытом положении и не препятствующее открыванию их в обоих направлениях.

Двери между помещениями (отсеками) РУ разных напряжений должны открываться в сторону РУ с низшим напряжением до 1 кВ.

Замки в дверях помещений РУ одного напряжения должны открываться одним и тем же ключом; ключи от входных дверей РУ и других помещений не должны подходить к замкам камер.

Требование о применении самозапирающихся замков не распространяется на распределительные устройства городских электросетей 10 кВ и ниже.

4.2.93. Двери (ворота) камер, содержащих маслонаполненное электрооборудование с массой масла более 60 кг, должны быть выполнены из трудносгораемых материалов и иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч в случаях, если они выходят в помещения, не относящиеся к данной подстанции, а также если они находятся между отсеками взрывных коридоров и РУ. В остальных случаях двери могут быть выполнены из сгораемых материалов и иметь меньший предел огнестойкости.

Ворота камер с шириной створки более 1,5 м должны иметь калитку, если они используются для выхода персонала.

4.2.94. Закрытые распределительные устройства рекомендуется выполнять без окон; на неохраняемых территориях такое выполнение является обязательным.

В случае необходимости в естественном освещении следует применять стеклоблоки или армированное стекло.

Оконные переплеты помещений РУ и подстанций могут быть выполнены из сгораемых материалов. В ЗРУ окна должны быть неоткрывающимися.

Устройство световых фонарей не допускается.

Окна должны быть защищены сетками с ячейками не более 25х25 мм, устанавливаемыми снаружи. При применении сеток, устанавливаемых снаружи, допускается применение окон, открываемых внутрь помещения.

4.2.95. В одном общем помещении с РУ напряжением до 1 кВ и выше допускается установка одного масляного трансформатора мощностью до 0,63 МВ·А или двух масляных трансформаторов мощностью каждый до 0,4 МВ·А, отделенных от остальной части помещения перегородкой с пределом огнестойкости 1 ч, при этом неизолированные токоведущие части выше 1 кВ должны быть ограждены в соответствии с 4.2.84. Бакочные масляные выключатели в указанных случаях должны устанавливаться в соответствии с 4.2.98.

4.2.96. Аппараты, относящиеся к пусковым устройствам электродвигателей, синхронных компенсаторов и т. п. (выключатели, пусковые реакторы, трансформаторы и т. п.), могут быть установлены в общей камере без перегородок между ними.

4.2.97. В камерах РУ, имеющих выходы во взрывной коридор, допускается установка трансформаторов с массой масла до 600 кг.

Измерительные трансформаторы напряжения независимо от количества масла в них допускается устанавливать в открытых камерах РУ. При этом в камере должен быть предусмотрен порог или пандус, рассчитанный на удержание полного объема масла, содержащегося в измерительном трансформаторе.

4.2.98. Бакочные масляные выключатели с массой масла более 60 кг должны устанавливаться в отдельных взрывных камерах с выходом наружу или во взрывной коридор.

Бакочные масляные выключатели с массой масла 25-60 кг могут устанавливаться как во взрывных, так и в открытых камерах. При установке бакочных выключателей в открытых камерах или с выходом во взрывной коридор они должны иметь 20%-ный запас по номинальному току отключения.

Бакочные масляные выключатели с массой масла до 25 кг, малообъемные масляные выключатели и выключатели без масла следует устанавливать в открытых камерах.

При установке малообъемных масляных выключателей с массой масла в одной фазе 60 кг и более в каждой камере должен предусматриваться порог, рассчитанный на удержание полного объема масла.

Выключатели, устанавливаемые в открытых камерах, должны быть отделены один от другого несгораемыми перегородками, выполненными в соответствии с требованиями 4.2.13. Такими же перегородками или щитами эти выключатели должны быть отделены от привода. Верхняя кромка перегородки или щита должна находиться на высоте не менее 1,9 м от пола.

Требование об установке защитного щита не распространяется на установку воздушных выключателей.

4.2.99. Во взрывных коридорах не должно устанавливаться оборудование с открытыми токоведущими частями.

Взрывные коридоры должны иметь выходы, выполненные в соответствии с требованиями 4.2.90.

4.2.100. В закрытых отдельно стоящих, пристроенных и встроенных в производственные помещения подстанциях, в камерах трансформаторов, масляных выключателей и других маслonaполненных аппаратов с массой масла в одном баке до 600 кг при расположении камер на первом этаже с дверями, выходящими наружу, маслосборные устройства не выполняются.

При массе масла в одном баке более 600 кг должен быть устроен пандус или порог из несгораемого материала в дверном проеме камер или в проеме вентиляционного канала, рассчитанный на удержание 20% масла трансформатора или аппарата. Должны быть также предусмотрены меры против растекания масла через кабельные сооружения.

4.2.101. При сооружении камер над подвалом, на втором этаже и выше (см. также 4.2.237), а также при устройстве выхода из камер во взрывной коридор под трансформаторами, масляными выключателями и другими маслonaполненными аппаратами должны выполняться маслoприемники по одному из следующих способов:

1. При массе масла в одном баке от 60 до 600 кг:

в виде приямка, рассчитанного на полный объем масла;

путем устройства порога или пандуса у выхода из камеры, обеспечивающего удержание полного объема масла.

2. При массе масла в одном баке более 600 кг:

в виде маслoприемника, вмещающего не менее 20% полного объема масла трансформатора или аппарата, с отводом масла в дренажную систему. Маслоотводные трубы от маслoприемников под трансформаторами должны иметь диаметр не менее 10 см. Со стороны маслoприемников маслоотводные трубы должны быть защищены сетками;

в виде маслoприемника без отвода масла в дренажную систему. В этом случае маслoприемник должен быть перекрыт решеткой со слоем гравия толщиной 25 см и должен быть рассчитан на полный объем масла; уровень масла должен быть на 5 см ниже решетки. Верхний уровень гравия в маслoприемнике под трансформатором должен быть на 7,5 см ниже отверстия воздухоподводящего вентиляционного канала. Дно маслoприемника должно иметь уклон 2° в сторону приямка. Площадь маслoприемника должна быть больше площади основания трансформатора или аппарата.

3. При массе масла в трансформаторе или аппарате до 60 кг выполняется порог или пандус для удержания полного объема масла.

4.2.102. Вентиляция помещений трансформаторов и реакторов должна обеспечивать отвод выделяемой ими теплоты в таких количествах, чтобы при номинальной их нагрузке (с учетом перегрузочной способности) и максимальной расчетной температуре окружающей среды нагрев трансформаторов и реакторов не превышал максимально допустимого.

Вентиляция помещений трансформаторов и реакторов должна быть выполнена таким образом, чтобы разность температур воздуха, выходящего из помещения и входящего в него, не превосходила 15 °С для трансформаторов, 30 °С для реакторов на токи до 1000 А, 20 °С для реакторов на токи более 1000 А.

При невозможности обеспечить теплообмен естественной вентиляцией необходимо предусматривать принудительную, при этом должен быть предусмотрен контроль ее работы с помощью сигнальных аппаратов.

4.2.103. Взрывные коридоры, а также коридоры для обслуживания открытых камер или КРУ, содержащих оборудование, залитое маслом или компаундом, должны быть оборудованы аварийной вытяжной вентиляцией, включаемой извне и не связанной с другими вентиляционными устройствами. Аварийная вентиляция должна рассчитываться на пятикратный обмен воздуха в час.

В местах с низкими зимними температурами приточные и вытяжные вентиляционные отверстия должны быть снабжены утепленными клапанами, открываемыми извне.

4.2.104. В помещениях, в которых дежурный персонал находится 6 ч и более, должна быть обеспечена температура воздуха не ниже плюс 18 °С и не выше плюс 28 °С. Допускается устройство местных душирующих установок непосредственно на рабочем месте дежурного.

В помещениях щитов управления при отсутствии дежурного персонала и в ЗРУ должна быть обеспечена температура в соответствии с требованиями заводов-изготовителей аппаратуры, устанавливаемой в этих помещениях.

4.2.105. Проемы в междуэтажных перекрытиях, стенах, перегородках и т. п. должны быть закрыты несгораемым материалом, обеспечивающим предел огнестойкости не менее 0,75 ч. Прочие отверстия и проемы в наружных стенах для предотвращения проникновения животных и птиц должны быть защищены сетками или решетками с ячейками размером 1х1 см; сетки должны находиться на высоте не менее 0,5 м от земли. Отверстия в местах прохода кабелей должны иметь уплотнения с пределом огнестойкости 0,75 ч.

4.2.106. Перекрытия кабельных каналов и двойных полов должны быть выполнены съемными плитами из несгораемых материалов в уровень с чистым полом помещения. Масса отдельной плиты перекрытия должна быть не более 50 кг.

4.2.107. Пересечение камер аппаратов и трансформаторов кабелями, относящимися к другим цепям, как правило, не допускается, однако в исключительных случаях допускается выполнять их в трубах. Электропроводки освещения и цепей управления и измерения, расположенные внутри камер или же находящихся вблизи неизолированных токоведущих частей, могут быть допущены только на коротких участках и притом лишь в той мере, в какой это необходимо для осуществления присоединений (например, к измерительным трансформаторам).

4.2.108. Прокладка в помещениях РУ относящихся к ним (нетранзитных) трубопроводов (отопление) допускается при условии применения цельных сварных труб без фланцев, вентиля и т.д., а вентиляционных сварных коробов - без люков, задвижек, фланцев и других подобных устройств. Допускается также транзитная прокладка трубопроводов или коробов при условии, что каждый трубопровод (короб) заключен в сплошной водонепроницаемый кожух.

## ВНУТРИЦЕХОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ

4.2.109. Требования, приведенные в 4.2.110-4.2.124, распространяются на внутрицеховые подстанции напряжением до 35 кВ, за исключением преобразовательных подстанций (см. гл. 4.3) и электротермических установок (см. гл. 7.5).

4.2.110. Внутрицеховые подстанции могут размещаться на первом и втором этажах в основных и вспомогательных помещениях производств, которые согласно противопожарным требованиям отнесены к категории Г или Д I или II степени огнестойкости, как открыто, так и в отдельных помещениях.

В помещениях, имеющих взрывоопасные или пожароопасные зоны, размещение внутрицеховых подстанций следует выполнять в соответствии с требованиями гл. 7.3 и 7.4.

В помещениях пыльных и с химически активной средой устройство внутрицеховых подстанций допускается при условии принятия мер, обеспечивающих надежную работу их электрооборудования (см. 4.2.115).

4.2.111. В производственных помещениях трансформаторы и РУ могут устанавливаться открыто и в камерах и отдельных помещениях. При открытой установке токоведущие части трансформатора должны быть закрыты, а РУ размещены в шкафах защищенного или закрытого исполнения.

Требования к установке КРУ и КТП в электромашинных помещениях - см. гл. 5.1.

4.2.112. На внутрицеховой подстанции установка КТП или трансформаторов должна быть выполнена с соблюдением следующих требований:

1. На каждой открыто установленной внутрицеховой подстанции могут быть применены масляные трансформаторы с суммарной мощностью до 3,2 МВ·А. Расстояние в свету между масляными трансформаторами разных КТП, а также между огражденными камерами масляных трансформаторов должно быть не менее 10 м.

2. В одном помещении внутрицеховой подстанции рекомендуется устанавливать одну КТП (допускается установка не более трех КТП) с масляными трансформаторами суммарной мощностью не более 6,5 МВ·А.

При внутрицеховом расположении закрытой камеры масляного трансформатора масса масла должна быть не более 6,5 т.

Расстояние между отдельными помещениями разных КТП или между закрытыми камерами масляных трансформаторов, расположенных внутри производственного здания, не нормируется.

Ограждающие конструкции помещения внутрицеховой подстанции, в которых устанавливаются КТП с масляными трансформаторами, а также закрытых камер масляных трансформаторов и аппаратов с количеством масла 60 кг и более, должны быть выполнены из несгораемых материалов с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

Требования п. 2 распространяются также на пристроенные и встроенные подстанции, имеющие выкатку масляного трансформатора внутрь здания.

3. Суммарная мощность масляных трансформаторов внутрицеховой подстанции, установленных на втором этаже, должна быть не более 1 МВ·А.



Установка КТП с масляными трансформаторами и масляных трансформаторов выше второго этажа не допускается.

4. Для внутрицеховых подстанций с трансформаторами сухими или с негорючим жидким (твердым) диэлектриком их мощность, количество, расстояния между ними, а также этаж их установки не ограничиваются.

4.2.113. Под каждым масляным трансформатором и аппаратом с массой масла 60 кг и более должен быть устроен маслоприемник в соответствии с требованиями 4.2.101, п. 2, как для трансформаторов и аппаратов с массой масла более 600 кг.

4.2.114. Выключатели, устанавливаемые на внутрицеховых подстанциях, должны быть, как правило, безмасляные или малообъемные масляные.

Установка боковых масляных выключателей допускается только в закрытых камерах при соблюдении следующих условий:

1. Количество выключателей должно быть не более трех.
2. Масса масла в каждом выключателе должна быть не более 60 кг.

4.2.115. При устройстве вентиляции камер трансформаторов на подстанциях, размещаемых в производственных помещениях с нормальной средой, разрешается забирать воздух непосредственно из цеха.

Для вентиляции камер трансформаторов, размещаемых в помещениях с воздухом, содержащим пыль либо токопроводящие или разъедающие смеси, воздух должен забираться извне или очищаться фильтрами.

В зданиях с несгораемыми перекрытиями отвод воздуха из камер трансформаторов разрешается непосредственно в цех.

В зданиях с трудносгораемыми перекрытиями выпуск воздуха из камер трансформаторов должен производиться по вытяжным шахтам, выведенным выше кровли здания не менее чем на 1 м и выполненным в соответствии с 4.2.245.

4.2.116. В случае применения искусственной вентиляции камер трансформаторов автоматическое отключение вентиляционного устройства одновременно с отключением трансформатора может не предусматриваться.

4.2.117. При установке КТП в отдельных помещениях вентиляция трансформаторов должна отвечать требованиям, приведенным в 4.2.102.

4.2.118. Полы подстанции должны быть не ниже уровня пола цеха; пол в помещении для КРУ и КТП должен быть рассчитан на частое перемещение тележек без повреждения его поверхности.

4.2.119. Двери камер маслonaполненных силовых трансформаторов и баковых выключателей должны иметь предел огнестойкости не менее 0,6 ч.

4.2.120. При расположении подстанции в непосредственной близости от путей внутрицехового транспорта или крановых путей, подъемно-транспортных механизмов должны быть приняты меры для защиты подстанций от случайных повреждений (световая сигнализация, отбойные тумбы).

Как правило, КРУ и КТП следует размещать в пределах "мертвой зоны" работы этих механизмов.

В цехах с интенсивным движением внутризаводского транспорта, а также при насыщенности цеха оборудованием, материалами и готовыми изделиями КРУ и КТП рекомендуется ограждать. При этом внутри ограждений должны быть выдержаны проходы шириной не менее приведенной в 4.2.122.

4.2.121. Ширина прохода вдоль КРУ и КТП, а также вдоль стен подстанции, имеющих двери или вентиляционные отверстия, должна быть не менее 1 м; кроме того, должна быть обеспечена возможность выкатки трансформаторов и других аппаратов.

4.2.122. Ширина прохода для управления и ремонта КРУ выкатного типа и КТП должна обеспечивать удобство обслуживания, перемещения и разворота оборудования и его ремонта.

При установке КРУ и КТП в отдельных помещениях ширина прохода должна определяться, исходя из следующих условий:

- 1) для однорядного исполнения - длина тележки КРУ плюс не менее 0,6 м;
- 2) для двухрядного исполнения - длина тележки КРУ плюс не менее 0,8 м.

Во всех случаях ширина прохода должна быть не менее приведенной в 4.2.86 (при этом сужение прохода напротив выкатываемых тележек запрещается) и не менее размера тележки по диагонали.

При наличии прохода с задней стороны КРУ и КТП для их осмотра ширина его должна быть не менее 0,8 м; допускаются отдельные местные сужения не более чем на 0,2 м.

При открытой установке КРУ и КТП в производственных помещениях ширина свободного прохода должна определяться расположением производственного оборудования, обеспечивать возможность транспортирования наиболее крупных элементов КРУ и КТП и во всяком случае должна быть не менее 1 м.

4.2.123. Высота помещения должна быть не менее высоты КРУ (КТП), считая от выступающих частей шкафов, плюс 0,8 м до потолка и 0,3 м до балок. Допускается меньшая высота помещения, если при этом обеспечиваются удобство и безопасность замены, ремонта и наладки оборудования КРУ (КТП).

4.2.124. Расчетные нагрузки на перекрытия помещений по пути транспортировки КРУ (КТП) должны приниматься с учетом массы наиболее тяжелой части устройства (например, трансформатора), а проемы должны соответствовать габаритам транспортируемых частей.

## **СТОЛБОВЫЕ (МАЧТОВЫЕ) ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ**

4.2.125. Правила, приведенные в 4.2.126-4.2.134, распространяются на столбовые подстанции до 35 кВ мощностью не более 0,4 МВ·А.

4.2.126. Присоединение трансформатора к сети высшего напряжения должно осуществляться при помощи предохранителей и разъединителя, управляемого с земли. Привод разъединителя должен запирается на замок. Разъединитель, как правило, должен быть установлен на концевой опоре ВЛ.

4.2.127. Трансформатор должен быть установлен на высоте не менее 4,5 м, считая от земли до токоведущих частей. Для обслуживания подстанций на высоте не менее 3 м должна быть устроена площадка с перилами. Для подъема на площадку рекомендуется

применять лестницы с устройством, заблокированным с разъединителем и запрещающим подъем по лестнице при включенном разъединителе.

Для подстанций, расположенных на одностоечных опорах, устройство площадок и лестниц не обязательно.

4.2.128. Части, остающиеся под напряжением при отключенном положении разъединителя, должны находиться на высоте не менее 2,5 м от уровня площадки обслуживания для подстанций 10 кВ и не менее 3,1 м для подстанций 35 кВ. Положение разъединителя должно быть видно с площадки. Разъединитель должен иметь заземляющие ножи со стороны трансформатора.

4.2.129. Щиток низшего напряжения подстанции должен быть заключен в шкаф. Для отключения трансформатора со стороны низшего напряжения должен быть установлен аппарат, обеспечивающий видимый разрыв.

4.2.130. Электропроводка между трансформатором и щитком, а также между щитком и ВЛ низшего напряжения должна быть защищена от механических повреждений (трубой, швеллером и т. п.) и выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в гл. 2.1.

4.2.131. Расстояние от земли до изоляторов вывода на ВЛ до 1 кВ должно быть не менее 4 м.

4.2.132. По условию пожарной безопасности подстанция должна быть расположена на расстоянии не менее 3 м от зданий I, II и III степеней огнестойкости и 5 м от зданий IV и V степеней огнестойкости.

4.2.133. Конструкции столбовых подстанций, используемые как опоры ВЛ, должны быть анкерными или концевыми. Это требование не распространяется на одностоечные подстанции.

4.2.134. В местах возможного наезда транспорта столбовые подстанции должны быть защищены отбойными тумбами.

## **ЗАЩИТА ОТ ГРОЗОВЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ**

4.2.135. Открытые распределительные устройства и открытые подстанции 20-500 кВ должны быть защищены от прямых ударов молнии. Выполнение защиты от прямых ударов молнии не требуется для подстанций 20 и 35 кВ с трансформаторами единичной мощностью 1,6 МВ·А и менее независимо от числа грозových часов в году, для всех ОРУ и подстанций 20 и 35 кВ в районах с числом грозových часов в году не более 20, а также для ОРУ и подстанций 220 кВ и ниже на площадках с эквивалентным удельным сопротивлением земли в грозовой сезон более 2000 Ом·м при числе грозových часов в году не более 20.

Здания ЗРУ и закрытых подстанций следует защищать от прямых ударов молнии в районах с числом грозových часов в году более 20.

Защиту зданий ЗРУ и закрытых подстанций, имеющих металлические покрытия кровли или железобетонные несущие конструкции кровли, следует выполнять заземлением этих покрытий (конструкций). Для защиты зданий ЗРУ и закрытых подстанций, крыша которых не имеет металлических или железобетонных покрытий либо несущих конструкций или не может быть заземлена, следует устанавливать стержневые молниеотводы или молниеприемные сетки непосредственно на крыше зданий.

Расположенные на территории подстанций здания трансформаторной башни, маслохозяйства, электролизной, синхронных компенсаторов, а также резервуары с горючими жидкостями или газами и места хранения баллонов водорода должны быть защищены от прямых ударов молнии и вторичных ее проявлений в соответствии с РД 34.21.122-87 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений" Минэнерго СССР.

4.2.136. Защита от прямых ударов молнии ОРУ 220 кВ и выше должна быть выполнена стержневыми молниеотводами, устанавливаемыми, как правило, на конструкциях ОРУ. Следует использовать также защитное действие высоких объектов, которые являются молниеприемниками (опоры ВЛ, прожекторные мачты, радиомачты и т. п.). Установка молниеотводов на порталах, расположенных вблизи трансформаторов или шунтирующих реакторов, допускается при выполнении требований 4.2.137.

На конструкциях ОРУ 110 и 150 кВ стержневые молниеотводы могут устанавливаться при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон: до 1000 Ом·м - независимо от площади заземляющего контура подстанции; более 1000 и до 2000 Ом·м - при площади заземляющего контура подстанции 10 000 м<sup>2</sup> и более.

От стоек конструкций ОРУ 110 и 150 кВ с молниеотводами должно быть обеспечено растекание тока молнии по магистралям заземления не менее чем в двух-трех направлениях. Кроме того, должны быть установлены один-два вертикальных электрода длиной 3-5 м на расстоянии не менее длины электрода от стойки, на которой установлен молниеотвод.

Установка молниеотводов на конструкциях ОРУ 35 кВ допускается при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон: до 500 Ом·м независимо от площади заземляющего контура подстанции; более 500 и до 750 Ом·м при площади заземляющего контура подстанции 10·000 м<sup>2</sup> и более.

От стоек конструкций ОРУ 35 кВ с молниеотводами должно быть обеспечено растекание тока молнии по магистралям заземления в трех-четыре направлениях. Кроме того, должны быть установлены два-три вертикальных электрода длиной 3-5 м на расстоянии не менее длины электрода от стойки с молниеотводом.

Гирлянды подвесной изоляции на порталах ОРУ 35 кВ с тросовыми или стержневыми молниеотводами, а также на концевых опорах ВЛ 35 кВ в случае, если трос ВЛ не заводится на подстанцию, должны иметь на два изолятора больше требуемого для ОРУ 35 кВ, предназначенного для работы в районах с I степенью загрязненности атмосферы (см. 4.2.53).

Расстояние по воздуху от конструкций ОРУ, на которых установлены молниеотводы, до токоведущих частей должно быть не менее длины гирлянды.

4.2.137. На трансформаторных порталах, порталах шунтирующих реакторов и конструкциях ОРУ, удаленных от трансформаторов или реакторов по магистралям заземления на расстояние менее 15 м, молниеотводы могут устанавливаться при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон не более 350 Ом·м и при соблюдении следующих условий:

1. Непосредственно на всех выводах обмоток 3-35 кВ трансформаторов или на расстоянии не более 5 м от них по ошиновке, включая ответвления к разрядникам, должны быть установлены вентильные разрядники.

2. Должно быть обеспечено растекание тока молнии от стойки конструкции с молниеотводом по трем-четырем магистралям заземления.

3. На магистралях заземления, на расстоянии 3-5 м от стойки с молниеотводом, должно быть установлено два-три вертикальных электрода длиной 5 м.

4. На подстанциях с высшим напряжением 20 и 35 кВ при установке молниеотвода на трансформаторном портале сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом без учета заземлителей, расположенных вне контура заземления ОРУ.

5. Заземляющие проводники вентильных разрядников и трансформаторов рекомендуется присоединять к заземляющему устройству подстанции поблизости один от другого или выполнять их так, чтобы место присоединения вентильного разрядника к заземляющему устройству находилось между точками присоединения заземляющих проводников портала с молниеотводом и трансформатора.

4.2.138. Защиту от прямых ударов молнии ОРУ, на конструкциях которых установка молниеотводов не допускается или нецелесообразна по конструктивным соображениям, следует выполнять отдельно стоящими молниеотводами, имеющими обособленные заземлители с сопротивлением не более 80 Ом.

Расстояние  $S_3$ , м, между обособленным заземлителем молниеотвода и заземляющим устройством ОРУ (подстанции) должно быть равным (но не менее 3 м)

$$S_3 \geq 0,2R_{\text{и}}$$

где  $R_{\text{и}}$  - импульсное сопротивление заземления, Ом, отдельно стоящего молниеотвода при импульсном токе 60 кА.

Расстояние по воздуху  $S_{\text{в,о}}$ , м, от отдельно стоящего молниеотвода с обособленным заземлителем до токоведущих частей, заземленных конструкций и оборудования ОРУ (подстанции) должно быть равным (но не менее 5 м)

$$S_{\text{в,о}} \geq 0,12R_{\text{и}} + 0,1H,$$

где  $H$  - высота рассматриваемой точки молниеотвода над уровнем земли, м.

Заземлители отдельно стоящих молниеотводов в ОРУ могут быть присоединены к заземляющему устройству ОРУ (подстанции) при соблюдении указанных в 4.2.136 условий установки молниеотводов на конструкциях ОРУ. Место присоединения заземлителя отдельно стоящего молниеотвода к заземляющему устройству подстанции должно быть удалено по магистралям заземления на расстояние не менее 15 м от места присоединения к нему трансформатора (реактора). В месте присоединения заземлителя отдельно стоящего молниеотвода к заземляющему устройству ОРУ 35-150 кВ должно быть выполнено два-три направления по магистралям заземления.

Заземлители отдельно стоящих молниеотводов, установленных на прожекторных мачтах, должны быть присоединены к заземляющему устройству подстанции. При этом в случае несоблюдения условий, указанных в 4.2.136, дополнительно к общим требованиям присоединения заземлителей отдельно стоящих молниеотводов должны быть соблюдены следующие требования:

1. На расстоянии 5 м от молниеотвода следует устанавливать три-четыре вертикальных электрода длиной 3-5 м.

2. Если расстояние по магистралям заземления от места присоединения заземлителя молниеотвода к заземляющему устройству до места присоединения к нему трансформатора (реактора) превышает 15 м, но менее 40 м, то вблизи выводов обмоток напряжением до 35 кВ трансформатора должны быть установлены вентильные разрядники.

Расстояние по воздуху  $S_{\text{в,с}}$ , м, от отдельно стоящего молниеотвода, заземлитель которого соединен с заземляющим устройством ОРУ (подстанции), до токоведущих частей должно составлять

$$S_{в,с} \geq 0,1H + m,$$

где  $H$  - высота токоведущих частей над уровнем земли, м;  $m$  - длина гирлянды изоляторов, м.

4.2.139. Тросовые молниеотводы на подходах ВЛ 35 кВ к тем ОРУ, к которым не допускается их присоединение, должны заканчиваться на ближайшей к ОРУ опоре. От стоек конструкций ОРУ 110 и 150 кВ, к которым присоединены тросовые молниеотводы, должно быть выполнено два-три направления магистралей заземления.

Тросовые молниеотводы, защищающие подходы ВЛ 35 кВ, разрешается присоединять к заземленным конструкциям ОРУ при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон: до 750 Ом·м - независимо от площади заземляющего контура подстанции; более 750 и до 1000 Ом·м - при площади заземляющего контура подстанции 10 000 м<sup>2</sup> и более.

От стоек конструкций ОРУ 35 кВ, к которым присоединены тросовые молниеотводы, должно быть выполнено по два-три направления магистралей заземления. Кроме того, должно быть установлено два-три вертикальных электрода длиной 3-5 м на расстоянии не менее длины электрода от стойки, к которой присоединен молниеотвод.

Сопротивление заземлителя ближайшей к ОРУ опоры ВЛ 35 кВ не должно превышать 10 Ом.

Тросовые молниеотводы на подходах ВЛ 35 кВ к тем ОРУ, для которых не допускается установка или присоединение стержневых молниеотводов, должны заканчиваться на ближайшей к ОРУ опоре. Первый от ОРУ бестросовый пролет этих ВЛ должен быть защищен стержневыми молниеотводами, устанавливаемыми на подстанции, опорах ВЛ или около ВЛ.

4.2.140. Место присоединения конструкции со стержневым или тросовым молниеотводом к заземляющему контуру подстанции должно быть расположено на расстоянии не менее 15 м по магистралям заземления от места присоединения к нему трансформатора (реактора).

4.2.141. Устройство и защита подходов ВЛ к ОРУ и подстанциям должны отвечать помимо требований, приведенных в 4.2.139, 4.2.144-4.2.149, 4.2.156-4.2.163, также требованиям, приведенным в гл. 2.5.

4.2.142. Не допускается установка молниеотводов на конструкциях ОРУ, находящихся на расстоянии менее 15 м от трансформаторов, к которым гибкими связями или открытыми шинпроводами присоединены вращающиеся машины; от открытых шинпроводов и от опор гибких связей, если к ним присоединены вращающиеся машины.

Порталы трансформаторов, связанных открытыми шинпроводами или гибкими связями с вращающимися машинами, должны входить в зоны защиты отдельно стоящих или установленных на других конструкциях молниеотводов.

4.2.143. При использовании прожекторных мачт в качестве молниеотводов подводка электропитания к прожекторам на участке от точки выхода из кабельного сооружения до прожекторной мачты и далее по мачте должна быть выполнена кабелями с металлической оболочкой либо кабелями без металлической оболочки в трубах. Около молниеотвода эти кабели должны быть проложены непосредственно в земле на протяжении не менее 10 м.

В месте ввода кабелей в кабельное сооружение металлическая оболочка кабелей, броня и металлическая труба должны быть соединены с заземляющим устройством подстанции.

4.2.144. Защита ВЛ 35 кВ и выше от прямых ударов молнии на подходах к РУ (подстанциям) должна быть выполнена тросовыми молниеотводами. Длина защищенных тросом подходов с повышенным защитным уровнем, сопротивление заземления опор, количество и защитные углы тросовых молниеотводов должны соответствовать требованиям, приведенным в табл. 4.2.6.

На каждой опоре подхода, за исключением случаев, предусмотренных в 2.5.68, трос должен быть присоединен к заземлителю опоры.

В районах со слабой интенсивностью грозовой деятельности допускается увеличение по сравнению с приведенными в табл. 4.2.6 сопротивлений заземляющих устройств опор на подходах ВЛ 35-220 кВ к подстанциям при числе грозовых часов в году менее 20 - в 1,5 раза; менее 10 - в 3 раза.

Если выполнение заземлителей с требуемыми сопротивлениями заземления оказывается невозможным, должны быть применены заземлители-противовесы.

В особо гололедных районах и в районах с эквивалентным удельным сопротивлением земли более 1000 Ом·м допускается выполнение защиты подходов ВЛ к РУ (подстанциям) отдельно стоящими стержневыми молниеотводами, сопротивление заземлителей которых не нормируется.

4.2.145. В районах, имеющих не более 60 грозовых часов в году, допускается не выполнять защиту тросом подхода ВЛ 35 кВ к подстанциям 35 кВ с двумя трансформаторами мощностью до 1,6 МВ·А каждый или с одним трансформатором мощностью до 1,6 МВ·А и наличием резервного питания нагрузки со стороны низшего напряжения. При этом опоры подхода ВЛ к подстанциям на длине не менее 0,5 км должны иметь заземлители с сопротивлением, указанным в табл. 4.2.6. При выполнении ВЛ на деревянных опорах, кроме того, требуется на подходе ВЛ длиной 0,5 км присоединять крепления изоляторов к заземлителю опор и устанавливать комплект трубчатых разрядников на первой опоре подхода со стороны ВЛ. Расстояние между вентильными разрядниками и трансформатором должно быть не более 10 м.

При отсутствии резервного питания на подстанции с одним трансформатором мощностью до 1,6 МВ·А подходы ВЛ 35 кВ к подстанции должны быть защищены тросом на длине не менее 0,5 км.

4.2.146. На первой опоре подхода к подстанциям ВЛ 35-220 кВ, считая со стороны линии, должен быть установлен комплект трубчатых разрядников (РТ1) в следующих случаях:

1. Линия по всей длине, включая подход, построена на деревянных опорах.
2. Линия построена на деревянных опорах, подход линии - на металлических или железобетонных опорах.

Таблица 4.2.6

### Защита ВЛ от прямых ударов молнии на подходах к РУ и подстанциям

Номинальное напряжение ВЛ, кВ	Подходы ВЛ на порталных опорах с двумя тросами	Подходы ВЛ на одностоечных опорах	Наибольшее допустимое сопротивление заземляющего устройства опор, Ом, при эквивалентном удельном

						сопротивлении земли, Ом·м*		
	Длина защищаемого подхода с повышенным защитным уровнем, км*	Защитный угол троса, град.	Длина защищаемого подхода с повышенным защитным уровнем, км*	Количество тросов, шт.	Защитный угол троса, град.	до 100	более 100 до 500	более 500
35	0,5 <sup>*3</sup> 1-2	25-30	1-2	1-2	30	10	15	20
110	1-3	25-30	1-3	1-2	25 <sup>*4</sup>	10	15	20 <sup>*5</sup>
150	2-3	25-30	2-3	1-2	25 <sup>*4</sup>	10	15	20 <sup>*5</sup>
220	2-3	25	2-3	2	20 <sup>*4</sup>	10	15	20 <sup>*5</sup>
330	2-4	25	2-4	2	20	10	15	20 <sup>*5</sup>
500	3-4	25	-	-	-	10	15	20 <sup>*5</sup>

\*Выбор длины защищаемого подхода производится с учетом расстояний между вентильным разрядником и защищаемым оборудованием, указанных в табл. 4.2.8.

<sup>\*2</sup> На подходах ВЛ 110-330 кВ с одностоечными двухцепными опорами заземляющие устройства опор рекомендуется выполнять с сопротивлением не более 5, 10 и 15 Ом при грунтах с эквивалентным удельным сопротивлением до 100, более 100 и до 500 и более 500 Ом·м соответственно.

<sup>\*3</sup> Применяется только для подстанций с трансформаторами мощностью до 1,6 МВ·А.

<sup>\*4</sup> На одностоечных железобетонных опорах допускается угол защиты до 30°.

<sup>\*5</sup> Для порталных опор, устанавливаемых в земле с эквивалентным удельным сопротивлением более 1000 Ом·м, допускается сопротивление заземляющего устройства более 20, но не более 30 Ом.

3. На подходах ВЛ 35 кВ на деревянных опорах к подстанциям 35 кВ, защита которых выполняется упрощенно в соответствии с 4.2.145.

Установка РТ1 в начале подходов ВЛ, построенных по всей длине на металлических или железобетонных опорах, не требуется.

Сопротивление заземляющего устройства опор с трубчатыми разрядниками должно быть не более 10 Ом при удельном сопротивлении земли не выше 1000 Ом·м и не более 15 Ом при более высоком удельном сопротивлении. На деревянных опорах заземляющие спуски от РТ1 должны быть проложены по всем стойкам.

На ВЛ 35-110 кВ, которые имеют защиту тросом не по всей длине и в грозовой сезон могут быть длительно отключены с одной стороны, как правило, следует устанавливать комплект трубчатых разрядников (РТ2) на входных порталах или на первой от подстанции опоре того конца ВЛ, который может быть отключен. При наличии на



отключенном конце ВЛ трансформаторов напряжения вместо РТ2 должны быть установлены вентильные разрядники.

Расстояние от РТ2 до отключенного аппарата должно быть не более 60 м для ВЛ 110 кВ и не более 40 м для ВЛ напряжением 35 кВ.

4.2.147. На ВЛ, работающих на пониженном относительно класса изоляции напряжении, на первой опоре защищенного подхода ее к подстанции, считая со стороны линии, должны быть установлены трубчатые разрядники класса напряжения, соответствующего рабочему напряжению линии.

При отсутствии трубчатых разрядников на требуемые классы напряжения или значения токов КЗ допускается устанавливать защитные промежутки или шунтировать часть изоляторов в гирляндах на одной-двух смежных опорах (при отсутствии загрязнения изоляции промышленными, солончаковыми, морскими и другими уносами). Количество изоляторов в гирляндах, оставшихся незашунтированными, должно соответствовать рабочему напряжению.

На ВЛ с изоляцией, усиленной по условию загрязнения атмосферы, если начало защищенного подхода находится в зоне усиленной изоляции, на первой опоре защищенного подхода должен устанавливаться комплект трубчатых разрядников, соответствующих рабочему напряжению ВЛ. При отсутствии трубчатых разрядников на требуемые классы напряжения или значения токов КЗ допускается устанавливать защитные промежутки.

4.2.148. Трубчатые разрядники должны быть выбраны по токам КЗ в соответствии со следующими требованиями:

1. Для сетей до 35 кВ (с нейтралью, изолированной или заземленной через дугогасящий реактор) верхний предел тока, отключаемого трубчатым разрядником, должен быть не менее наибольшего возможного тока трехфазного КЗ, а нижний предел - не более наименьшего возможного установившегося тока двухфазного КЗ.

2. Для сетей 110 кВ и выше с большим током замыкания на землю трубчатый разрядник следует выбирать по наибольшему возможному току однофазного или трехфазного КЗ и по наименьшему возможному установившемуся току однофазного или двухфазного замыкания.

При отсутствии трубчатых разрядников на требуемые значения токов КЗ допускается применять вместо них основные защитные промежутки. На ВЛ 220 кВ с деревянными опорами при отсутствии трубчатых разрядников должны быть заземлены на одной-двух опорах подвески гирлянд, при этом число изоляторов должно быть таким же, как для металлических опор.

Рекомендуемые размеры основных защитных промежутков приведены в табл. 4.2.7.

4.2.149. На ВЛ 3-35 кВ с деревянными опорами в заземляющих спусках защитных промежутков следует выполнять дополнительные защитные промежутки, установленные на высоте не менее 2,5 м от земли. Рекомендуемые размеры дополнительных защитных промежутков приведены в табл. 4.2.7.

4.2.150. В РУ 35 кВ и выше, к которым присоединены ВЛ, должны быть установлены вентильные разрядники.

Вентильные разрядники следует выбирать с учетом координации их защитных характеристик с изоляцией защищаемого оборудования и соответствия напряжения гашения разрядников напряжению в месте их установки при замыкании на землю одной фазы сети. При увеличенных расстояниях между разрядниками и защищаемым оборудованием с целью сократить количество устанавливаемых разрядников могут быть

применены вентильные разрядники с характеристиками выше требуемых по условиям координации изоляции.

Таблица 4.2.7

**Рекомендуемый размер основных и дополнительных защитных промежутков**

Номинальное напряжение, кВ	Размер защитных промежутков, мм	
	основных	дополнительных
3	20	5
6	40	10
10	60	15
20	140	20
35	250	30
110	650	-
150	930	-
220	1350	-
330	1850	-
500	3000	-

Расстояния по шинам, включая ответвления, от разрядников до трансформаторов и аппаратов должны быть не более указанных в табл. 4.2.8-4.2.10.

Определение наибольших допустимых расстояний между вентильными разрядниками и защищаемым оборудованием следует производить, исходя из количества линий и вентильных разрядников, включенных в нормальном режиме работы РУ (подстанции).

Количество и места установки вентильных разрядников следует выбирать, исходя из принятых на расчетный период схем электрических соединений, количества ВЛ и трансформаторов. При этом расстояния от защищаемого оборудования до вентильных разрядников должны быть в пределах, допускаемых также в пусковой период и на промежуточных этапах длительностью, равной грозовому сезону или более. Аварийные и ремонтные режимы работы при этом не учитываются.

4.2.151. Вентильные разрядники должны быть установлены без коммутационных аппаратов в цепи между разрядником и трансформатором (автотрансформатором, шунтирующим реактором) в случаях защиты:

- 1) обмоток всех напряжений силовых трансформаторов, имеющих автотрансформаторную связь;
- 2) обмоток 330 и 500 кВ трансформаторов;
- 3) обмоток 150 и 220 кВ трансформаторов, имеющих уровень изоляции по ГОСТ 1516.1-76\*;
- 4) шунтирующих реакторов 500 кВ.

Расстояния от вентиляных разрядников до трансформаторов (автотрансформаторов, шунтирующих реакторов) и до аппаратов должны быть не более приведенных в табл. 4.2.8-4.2.10 (см. также 4.2.137). При превышении указанных расстояний должны быть дополнительно установлены разрядники на шинах.

4.2.152. При присоединении трансформатора к РУ кабельной линией 100 кВ и выше в месте присоединения кабеля к шинам РУ должен быть установлен комплект вентиляных разрядников. Заземляющий зажим разрядника должен быть присоединен к металлическим оболочкам кабеля.

Таблица 4.2.8

**Наибольшее допустимое расстояние от вентиляных разрядников до защищаемого оборудования 35-220 кВ**

Номинальное напряжение, кВ	Тип опор на подходах ВЛ к РУ и подстанциям	Длина защищаемого тросом подхода ВЛ с повышенным защитным уровнем, км	Расстояние до силовых трансформаторов, м									
			Тупиковые РУ				РУ с двумя постоянно включенными ВЛ				РУ с тремя постоянно включенными ВЛ	
			Разрядники III группы		Разрядники II группы		Разрядники III группы		Разрядники II группы		Разрядники III группы	
			1хРВ С	2хРВ С	1хРВМ Г	2хРВМ Г	1хРВ С	2хРВ С	1хРВМ Г	2хРВМ Г	1хРВ С	2хРВ С
35	Портальные (в том числе деревянные с РТ в начале подхода)	0,5	20	30	-	-	30	40	-	-	35	45
		1,0	40	60	-	-	50	100	-	-	90	120
		1,5	60	90	-	-	80	120	-	-	120	150
		2,0	75	110	-	-	100	150	-	-	150	180
	Одностоечные (металлические и железобетонные)	1,0	20	30	-	-	30	40	-	-	40	50
		1,5	30	50	-	-	50	60	-	-	60	70
110	Портальные (в том числе деревянные с	1,0	30	50	40	100	50	70	60	120	70	90

150-220	РТ в начале подхода)	1,5	50	80	70	150	70	90	80	160	90	110	
		2,0	70	110	90	180	80	120	100	200	110	135	
		2,5	90	165	120	220	95	150	125	250	125	180	
		3,0	100	180	150	250	110	200	160	250	140	200	
	Одностоечные (металлические и железобетонные)	1,0	15	20	20	50	20	30	30	75	30	40	
		1,5	30	55	40	80	40	60	50	100	50	70	
		2,0	50	75	70	120	60	90	70	150	70	100	
		2,5	65	100	90	160	70	115	100	200	80	125	
	Портальные	3,0	80	140	120	200	80	140	130	250	95	150	
		2,0	-	-	20	65	-	-	60	100	-	-	
		----	30	70	60	80	50	90	70	130	90	120	
		2,5	-	-	35	75	-	-	70	140	-	-	
	Одностоечные (металлические и железобетонные)	----	40	90	80	100	70	120	90	170	110	160	
		3,0	-	-	80	100	-	-	90	170	-	-	
		----	50	100	90	120	90	150	120	200	120	200	
		2,0	-	-	10	35	-	-	35	60	-	-	
	Одностоечные (металлические и железобетонные)	----	20	50	40	60	30	50	50	80	50	70	
		2,5	-	-	15	70	-	-	65	90	-	-	
		----	30	70	60	80	45	80	80	110	70	100	
		3,0	-	-	40	90	-	-	85	110	-	-	
			----	40	90	85	100	60	100	100	130	85	130

Примечания: 1. Расстояния от вентильных разрядников до электрооборудования, кроме силовых трансформаторов, не ограничиваются при количестве параллельно работающих ВЛ: на напряжении 110 кВ - 7 и более; 150 кВ - 6 и более; 220 кВ - 4 и более.

2. Допустимые расстояния определяются до ближайшего вентильного разрядника.

3. Расстояния до силовых трансформаторов 150-220 кВ с уровнем изоляции по ГОСТ 1516.1-76\* указаны в числителе, с повышенным уровнем изоляции по ГОСТ 1516-73 - в знаменателе.

4. При использовании разрядников I группы вместо разрядников II группы по ГОСТ 16357-70 \* расстояния до силовых трансформаторов 150-220 кВ с уровнем изоляции по ГОСТ 1516.1-76 \* могут быть увеличены в 1,5 раза.

Таблица 4.2.9

**Наибольшее допустимое расстояние от вентильных разрядников до защищаемого оборудования напряжением 330 кВ**

Схема подстанции, количество ВЛ	Количество комплектов разрядников, тип, место установки	Длина защищенного подхода ВЛ с повышенным защитным уровнем, км	Расстояние*, м					
			до силовых трансформаторов (автотрансформаторов) и шунтирующих реакторов		до трансформаторов напряжения		до остального электрооборудования	
			Портальные опоры	Одно-стоечные опоры с двумя тросами	Портальные опоры	Одно-стоечные опоры с двумя тросами	Портальные опоры	Одно-стоечные опоры с двумя тросами
Тупиковая, по схеме блока трансформатор - линия	Один комплект вентильных разрядников II группы у силового трансформатора	2,5	45	-	75	-	130	100
		3,0	70	20	90	30	140	110
		4,0	100	50	115	85	150	130
То же	Два комплекта вентильных разрядников II группы: один комплект - у силового трансформатора, второй - в линейной ячейке	2,5	70	-	250**	-	330**	235**
		3,0	120	20	320**	100	380**	270**
		4,0	160	90	400**	250	450**	340**
Тупиковая, по схеме "объединенный блок"	Два комплекта вентильных разрядников II группы на трансформаторных присоединениях	2,0	70	-	210	-	335	280
		2,5	110	20	240	100	340	320
		3,0	150	65	260	200	355	340
Проходная, с двумя ВЛ и одним трансформатором, по схеме "треугольник"	Один комплект вентильных разрядников II группы у силового трансформатора	2,0	80	-	160	-	390	300
		2,5	110	50	210	120	410	350
		3,0	150	80	250	150	425	380

Проходная, с двумя ВЛ и двумя трансформаторами по схеме "мостик"	Два комплекта вентильных разрядников II группы у силовых трансформаторов	2,0	60	-	320	-	420	300
		2,5	80	20	400	260	500	360
		3,0	130	60	475	310	580	415
Проходная, с двумя ВЛ и двумя трансформаторами по схеме "четырёхугольник"	То же	2,0	150	-	500	-	1000	1000
		2,5	200	80	700	320	1000	1000
		3,0	240	140	750	470	1000	1000
С секциями (системой) шин, с тремя ВЛ и двумя трансформаторами	То же	2,0	150	40	960	-	1000	1000
		2,5	220	80	1000	400	1000	1000
		3,0	300	140	1000	1000	1000	1000
С секциями (системой) шин, с тремя ВЛ и одним трансформатором	Один комплект вентильных разрядников II группы у силового трансформатора	2,0	100	30	700	-	1000	750
		2,5	175	70	800	200	1000	1000
		3,0	250	100	820	700	1000	1000

\*При использовании разрядников I группы допустимые расстояния увеличиваются в 1,3 раза.

\*\*От разрядников, установленных у силовых трансформаторов.

Таблица 4.2.10

**Наибольшее допустимое расстояние от вентильных разрядников до защищаемого оборудования напряжением 500 кВ**

Схема подстанции, количество ВЛ	Количество комплектов разрядников, тип, место установки	Расстояние, м		
		до силовых трансформаторов (автотрансформаторов) и шунтирующих реакторов	до трансформаторов напряжения	до остального электрооборудования
Тупиковая, по схеме блока трансформатор - линия	Два комплекта вентильных разрядников II группы: один комплект - у силового трансформатора, второй - в линейной ячейке или на реакторном присоединении	95	150/700	150/700

Проходная, с двумя ВЛ и одним трансформатором по схеме "треугольник"	Два комплекта вентильных разрядников II группы: один комплект - у силового трансформатора, второй - на шинах, в линейной ячейке или на реакторном присоединении	130	350/700	350/900
Проходная, с двумя ВЛ и двумя трансформаторами по схеме "четырёхугольник"	Два комплекта вентильных разрядников II группы у силовых трансформаторов	160	350	800
С секциями (системой) шин, с тремя ВЛ и двумя трансформаторами	То же	240	450	900
С секциями (системой) шин, с тремя ВЛ и одним трансформатором	Один комплект вентильных разрядников II группы у силового трансформатора	175	400	600

Примечание. При использовании вентильных разрядников I группы для защиты оборудования с изоляцией по ГОСТ 1516.1-76\* допустимые расстояния увеличиваются: до силовых трансформаторов (автотрансформаторов), шунтирующих реакторов и трансформаторов напряжения - в 1,5 раза, до остального электрооборудования - в 1,1 раза.

В значениях, указанных дробью, числитель - допустимое расстояние до ближайшего вентильного разрядника (в линейной ячейке, на шинах или на реакторном присоединении), знаменатель - до разрядника, установленного у силового трансформатора.

В случае присоединения к шинам РУ нескольких кабелей, непосредственно соединенных с трансформаторами, на шинах РУ устанавливается один комплект вентильных разрядников. Место установки разрядника следует выбирать возможно ближе к местам присоединения кабелей.

4.2.153. Неиспользуемые обмотки низшего и среднего напряжения силовых трансформаторов (автотрансформаторов) должны быть соединены в звезду или треугольник и защищены вентильными разрядниками, включенными между вводами каждой фазы и землей. Защита неиспользуемых обмоток низшего напряжения, расположенных первыми от магнитопровода, может быть выполнена заземлением одной из вершин треугольника, одной из фаз звезды или нейтрали либо установкой вентильного разрядника соответствующего класса напряжения на каждой фазе.

Защита неиспользуемых обмоток не требуется, если к ним постоянно присоединена кабельная линия длиной не менее 30 м, имеющая заземленную оболочку или броню.

4.2.154. Для защиты нейтралей обмоток 110-220 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, следует устанавливать вентильные разрядники. В нейтрали трансформаторов, изоляция которой не допускает разземления, установка разъединителей не допускается.

4.2.155. Шунтирующие реакторы 500 кВ должны быть защищены от грозových и внутренних перенапряжений грозowymi или комбинированными разрядниками, устанавливаемыми на присоединениях реакторов.

4.2.156. Распределительные устройства 3-20 кВ, к которым присоединены ВЛ, должны быть защищены вентильными разрядниками, установленными на шинах или у трансформатора.

В РУ 3-10 кВ при выполнении связи трансформаторов с шинами при помощи кабелей расстояния от вентильных разрядников до трансформаторов и аппаратов не ограничиваются (за исключением случаев, указанных в 4.2.137).

При применении воздушной связи трансформаторов с шинами РУ 3-10 кВ расстояния от вентильных разрядников до трансформаторов и аппаратов не должны превышать 60 м при ВЛ на деревянных опорах и 90 м при ВЛ на металлических и железобетонных опорах.

Защита подходов ВЛ 3-20 кВ к подстанциям тросовыми молниеотводами не требуется.

На подходах к подстанциям ВЛ 3-20 кВ с деревянными опорами на расстоянии 200-300 м от подстанции должен быть установлен комплект трубчатых разрядников (РТ1).

На ВЛ 3-20 кВ, которые в грозовой сезон могут быть длительно отключены с одной стороны, как правило, следует устанавливать комплект трубчатых разрядников (РТ2) на конструкции подстанции или на концевой опоре того конца ВЛ, который может быть длительно отключен. При наличии на отключенном конце ВЛ трансформаторов напряжения вместо РТ2 должны быть установлены вентильные разрядники. Расстояние от разрядников до отключенного аппарата должно быть не более 15 м.

Сопrotивление заземления РТ1 и РТ2 не должны превышать 10 Ом при удельном сопротивлении земли до 1000 Ом·м и 15 Ом при более высоком удельном сопротивлении.

На подходах к подстанциям ВЛ 3-20 кВ с металлическими и железобетонными опорами установка трубчатых разрядников (комплектов РТ1 и РТ2) не требуется. Металлические и железобетонные опоры на протяжении 200-300 м подхода к подстанции должны быть заземлены с сопротивлением не более приведенных в табл. 2.5.22.

Защита подстанций 3-20 кВ, с низшим напряжением до 1 кВ, присоединенных в ВЛ 3-20 кВ, должна выполняться вентильными разрядниками, устанавливаемыми с высокой и низкой сторон подстанции.

При мощности трансформатора до 0,63 МВ·А допускается не устанавливать трубчатые разрядники на подходе ВЛ 3-20 кВ с деревянными опорами.

При установке вентильного разрядника в одной ячейке с трансформатором напряжения разрядник рекомендуется присоединять до предохранителя.

4.2.157. Кабельные вставки 35-220 кВ при их длине менее 1,5 км должны быть защищены с обеих сторон трубчатыми или вентильными разрядниками. Кабели 35-110 кВ защищаются вентильными разрядниками типа РВС (III группа по ГОСТ 16357-83\*) или трубчатыми разрядниками, а кабели 220 кВ - вентильными разрядниками типа РВМГ (II группа по ГОСТ 16357-83\*). При длине кабеля 1,5 км и более установка разрядников по концам кабеля не требуется.



В случае присоединения ВЛ 3-20 кВ к подстанции при помощи кабельной вставки длиной до 50 м в месте присоединения кабеля к ВЛ должен быть установлен комплект трубчатых разрядников. Если ВЛ выполнена на деревянных опорах, на расстоянии 200-300 м от конца кабеля следует устанавливать второй комплект трубчатых разрядников.

При применении кабельной вставки длиной более 50 м в месте присоединения кабеля к ВЛ следует устанавливать комплект вентильных разрядников.

Разрядники должны быть соединены кратчайшим путем с металлическими оболочками кабеля и присоединены к заземлителю. Сопротивление заземлителя должно быть не более приведенных в 4.2.156.

4.2.158. Защиту подстанций 35-110 кВ с трансформаторами мощностью до 40 МВ. А, присоединяемых к ответвлениям протяженностью менее требуемой длины защищаемого подхода (см. табл. 4.2.6 и 4.2.8) от действующих ВЛ с деревянными, металлическими или железобетонными опорами без троса, допускается выполнять по упрощенной схеме (рис. 4.2.16), включающей:

вентильные разрядники, устанавливаемые на подстанции на расстоянии не более 10 м от силового трансформатора;

тросовые молниеотводы подхода к подстанции на всей длине ответвления; при длине ответвления менее 150 м следует дополнительно защищать тросовыми или стержневыми молниеотводами по одному пролету действующей ВЛ в обе стороны от ответвления;

комплекты РТ1 и РТ2 с сопротивлением заземления каждого комплекта не более 10 Ом, устанавливаемые на деревянных опорах: РТ2 - на первой опоре с тросом со стороны ВЛ или на границе участка, защищаемого стержневыми молниеотводами; РТ1 - на незащищенном участке ВЛ на расстоянии 150-200 м от РТ2.

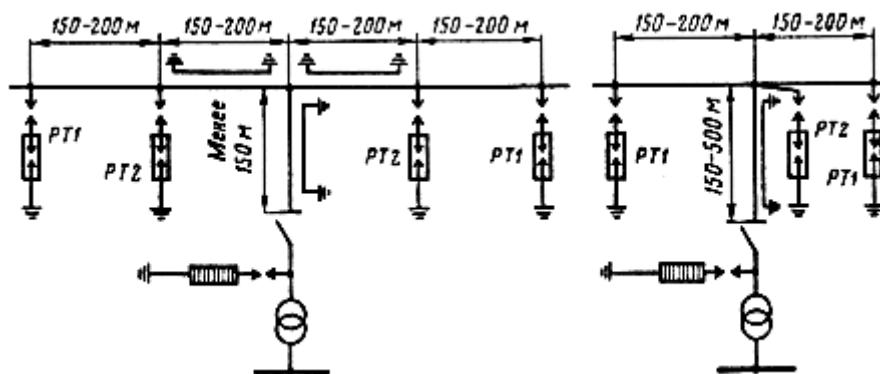


Рис. 4.2.16. Схемы защиты от грозовых перенапряжений подстанций, присоединенных к ВЛ ответвлениями длиной до 150 и более 150 м

При длине захода более 500 м установка РТ1 не требуется.

Защита подстанций, на которых расстояния между вентильными разрядниками и трансформаторами превышают 10 м, выполняется в соответствии с требованиями, приведенными в 4.2.144, 4.2.150.

Упрощенную защиту подстанций в соответствии с указанными выше требованиями допускается выполнять и в случае присоединения подстанций к действующим ВЛ с

помощью коротких заходов (рис. 4.2.17). При этом трансформаторы должны быть защищены вентильными разрядниками типа РВМГ (II группа по ГОСТ 16357-83).

Выполнение грозозащиты подстанций, присоединяемых к вновь сооружаемым ВЛ, по упрощенным схемам не допускается.

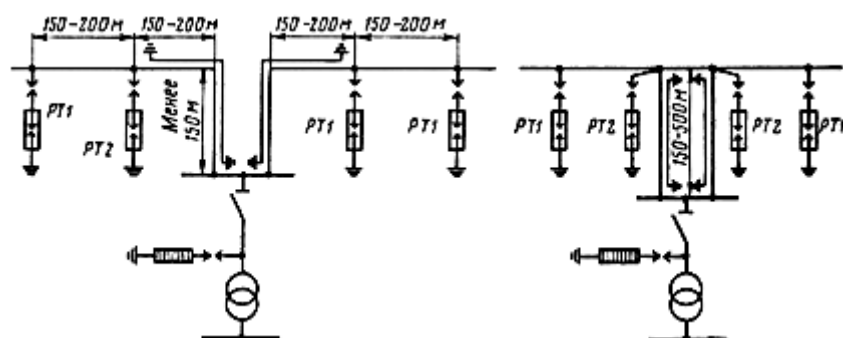


Рис. 4.2.17. Схемы защиты от грозовых перенапряжений подстанций, присоединенных к ВЛ с помощью заходов длиной до 150 и более 150 м

4.2.159. В районах с удельным сопротивлением земли 1000 Ом·м и более сопротивление заземления РТ1 и РТ2 35-110 кВ, устанавливаемых для защиты тех подстанций, которые присоединяются к действующим ВЛ на ответвлениях или с помощью коротких заходов, может быть более 10, но не более 30 Ом. При этом заземляющий контур РТ2 должен быть соединен с заземляющим контуром подстанции протяженным заземлителем.

4.2.160. Разъединители, устанавливаемые на опорах ВЛ до 110 кВ, имеющих защиту тросом не по всей длине, как правило, должны быть защищены трубчатыми разрядниками, устанавливаемыми на тех же опорах со стороны потребителя. Если разъединитель может иметь длительно отключенное положение, трубчатые разрядники должны быть установлены на той же опоре с каждой стороны, находящейся под напряжением.

При установке разъединителей на расстоянии до 25 м по длине ВЛ от места подключения линии к подстанции или распределительному пункту установка разрядников на опоре, как правило, не требуется. Если эти разъединители могут иметь длительно отключенное положение, со стороны ВЛ на опоре должны быть установлены разрядники (как правило, трубчатые).

На ВЛ до 20 кВ с железобетонными и металлическими опорами допускается не устанавливать разрядники для защиты разъединителей, имеющих изоляцию того же класса напряжения, что и ВЛ.

Установка разъединителей в тех пределах защищаемых тросом подходов ВЛ, которые указаны в 4.2.158, 4.2.166 и в табл. 4.2.8, допускается на первой опоре, считая со стороны линии, а также как исключение на остальных опорах подхода при условии применения разъединителей, имеющих изоляцию не ниже изоляции на той же опоре.

4.2.161. Сопротивление заземления трубчатых разрядников, указанных в 4.2.160, должно удовлетворять требованиям, приведенным в 2.5.74 и 2.5.75.

4.2.162. Ответвление от ВЛ, выполняемое на металлических или железобетонных опорах, должно быть защищено тросом по всей длине, если оно присоединено к ВЛ,

защищенной тросом по всей длине и питающей ответвленные электроустановки (например, тяговые подстанции).

При выполнении ответвления на деревянных опорах в месте его присоединения к линии должен быть установлен комплект трубчатых разрядников.

4.2.163. Для защиты переключательных пунктов 3-10 кВ должны быть установлены трубчатые разрядники - по одному комплекту на концевой опоре каждой питающей ВЛ с деревянными опорами. При этом разрядники следует присоединять к заземляющему устройству переключательного пункта.

### **ЗАЩИТА ВРАЩАЮЩИХСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ОТ ГРОВОВЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ**

4.2.164. Воздушные линии с металлическими и железобетонными опорами допускается присоединять к генераторам (синхронным компенсаторам) мощностью до 50 МВт (до 50 МВ·А).

Воздушные линии с деревянными опорами допускается присоединять к генераторам (синхронным компенсаторам) мощностью до 25 МВт (до 25 МВ·А).

Присоединение ВЛ к генераторам (синхронным компенсаторам) мощностью более 50 МВт (более 50 МВ·А) допускается только при помощи разделительного трансформатора.

4.2.165. Для защиты генераторов и синхронных компенсаторов, а также электродвигателей мощностью более 3 МВт, присоединяемых к ВЛ, должны быть применены вентильные разрядники I группы по ГОСТ 16357-83 и емкости не менее 0,5 мкФ на фазу. Кроме того, должна быть выполнена защита подхода ВЛ к электростанции (подстанции) с уровнем грозоупорности не менее 50 кА. Вентильные разрядники следует устанавливать для защиты: генераторов (синхронных компенсаторов) мощностью более 15 МВт (более 15 МВ·А) - на присоединении каждого генератора (синхронного компенсатора); 15 МВт и менее (15 МВ·А и менее) - на шинах (секция шин) генераторного напряжения; электродвигателей мощностью более 3 МВт - на шинах РУ.

При защите генераторов (синхронных компенсаторов) с выведенной нейтралью, не имеющих витковой изоляции (машины со стержневой обмоткой) мощностью 20 МВт и более (20 МВ·А и более), вместо емкостей 0,5 мкФ на фазу может быть применен вентильный разрядник в нейтрали генератора (синхронного компенсатора) на номинальное напряжение машины. Установка защитных емкостей не требуется, если суммарная емкость присоединенных к генераторам (синхронным компенсаторам) участков кабелей длиной до 100 м составляет 0,5 мкФ и более на фазу.

4.2.166. Если вращающиеся машины и ВЛ присоединены к общим шинам электростанции или подстанции, то подходы этих ВЛ должны быть защищены от грозовых воздействий с соблюдением следующих требований:

1. Подход ВЛ с железобетонными опорами должен быть защищен тросом на протяжении не менее 300 м; в начале подхода должен быть установлен комплект трубчатых разрядников (рис. 4.2.18, а). Опоры защищенного тросом подхода ВЛ должны иметь деревянные траверсы с расстоянием не менее 1 м по дереву от точки крепления гирлянды изоляторов до стойки опоры. Провода ВЛ следует подвешивать на гирляндах изоляторов (на изоляторах), соответствующих классу напряжения 35 кВ. Сопротивление заземления трубчатых разрядников не должно превышать 5 Ом, а сопротивление заземления тросовых опор - 10 Ом.

Вместо трубчатых разрядников в начале подхода могут быть установлены вентильные разрядники IV группы по ГОСТ 16357-83 \*. При этом сопротивление заземления разрядников должно быть не более 3 Ом.

На подходах ВЛ с деревянными опорами дополнительно к средствам защиты, применяемым на ВЛ с железобетонными опорами, следует устанавливать комплект трубчатых разрядников на расстоянии 150 м от начала тросового подхода в сторону линии. Сопротивление заземления разрядников должно быть не более 5 Ом.

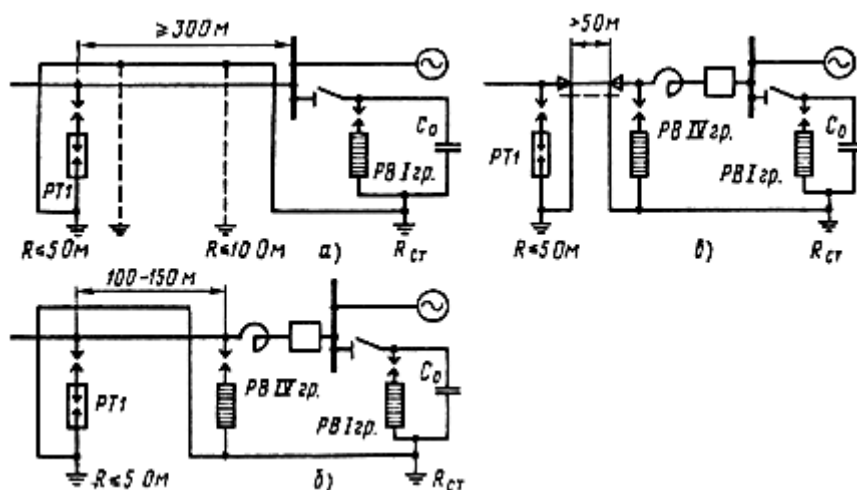


Рис. 4.2.18. Схемы защиты вращающихся машин от грозовых перенапряжений

2. На ВЛ, присоединенных к электростанциям и подстанциям кабельными вставками длиной до 0,5 км, защита подхода должна быть выполнена так же, как на ВЛ без кабельных вставок (см. п. 1), и дополнительно должен быть установлен комплект вентильных разрядников IV группы по ГОСТ 16357-83 в месте присоединения ВЛ к кабелю. Разрядник кратчайшим путем следует присоединять к броне, металлической оболочке кабеля и к заземлителю. Сопротивление заземления разрядников не должно превышать 5 Ом.

3. Если подход ВЛ на длине не менее 300 м защищен от прямых ударов молнии зданиями, деревьями или другими высокими предметами, подвеска троса на подходе ВЛ не требуется. При этом в начале защищенного участка ВЛ (со стороны линии) должен быть установлен комплект вентильных разрядников IV группы по ГОСТ 16357-83 \*. Сопротивление заземления разрядника не должно превышать 3 Ом.

4. При наличии реактора на присоединении ВЛ подход ВЛ на длине 100-150 м должен быть защищен от прямых ударов молнии тросовым молниеотводом (см. рис. 4.2.18, б). В начале подхода, защищенного тросовым молниеотводом, должен быть установлен комплект трубчатых разрядников, а у реактора - комплект вентильных разрядников IV группы по ГОСТ 16357-83. Сопротивление заземления трубчатого разрядника должно быть не более 10 Ом.

5. При присоединении ВЛ к шинам РУ с вращающимися машинами через реактор и кабельную вставку длиной более 50 м защита подхода ВЛ от прямых ударов молнии не требуется. В месте присоединения ВЛ к кабелю должен быть установлен комплект трубчатых разрядников с сопротивлением заземления не более 5 Ом, а перед реактором - комплект вентильных разрядников IV группы по ГОСТ 16357-83\* (см. рис. 4.2.18, в).

6. На ВЛ, присоединенных к шинам электростанций (подстанций) с вращающимися машинами мощностью менее 3 МВт (менее 3 МВ·А), подходы которых на длине не менее

0,5 км выполнены на железобетонных или металлических опорах с сопротивлением заземления не более 50 Ом, должен быть установлен комплект вентильных разрядников IV группы по ГОСТ 16357-83 на расстоянии 150 м от электростанции (подстанции). Сопротивление заземления разрядников должно быть не более 3 Ом. При этом защита подхода ВЛ тросом не требуется.

4.2.167. При применении открытых токопроводов (открытых шинных мостов и подвесных гибких токопроводов) для соединения генераторов (синхронных компенсаторов) с трансформаторами токопроводы должны входить в зоны защиты молниеотводов и сооружений электростанций (подстанций). Место присоединения молниеотводов к заземляющему устройству электростанции (подстанции) должно быть удалено от места присоединения к нему заземляемых элементов токопровода, считая по полосам заземления, не менее чем на 20 м.

Если открытые токопроводы не входят в зоны защиты молниеотводов ОРУ, то они должны быть защищены от прямых ударов молнии отдельно стоящими молниеотводами или тросами, подвешенными на отдельных опорах с защитным углом не более 20°. Заземление отдельно стоящих молниеотводов и тросовых опор должно выполняться обособленными заземлителями, не имеющими соединения с заземляющими устройствами опор токопровода, или путем присоединения к заземляющему устройству РУ в точках, удаленных от места присоединения к нему заземляемых элементов токопровода на расстояние не менее 20 м.

Расстояние от отдельно стоящих молниеотводов (тросовых опор) до токоведущих или заземленных элементов токопровода по воздуху должно быть не менее 5 м. Расстояние в земле от обособленного заземлителя и подземной части молниеотвода до заземлителя и подземной части токопровода должно быть не менее 5 м.

4.2.168. Если подстанция промышленного предприятия присоединена открытыми токопроводами к РУ генераторного напряжения ТЭЦ, имеющей генераторы мощностью до 120 МВт, то защита токопроводов от прямых ударов молнии должна быть выполнена так, как указано в 4.2.167 для токопроводов, не входящих в зоны защиты молниеотводов РУ.

При присоединении открытого токопровода к РУ генераторного напряжения через реактор перед реактором должен быть установлен комплект вентильных разрядников IV группы.

Для защиты генераторов от волн грозовых перенапряжений, набегающих по токопроводу, и от индуктированных перенапряжений должны быть установлены вентильные разрядники I группы по ГОСТ 16357-83 и защитные конденсаторы, емкость которых на три фазы при номинальном напряжении генераторов должна составлять не менее: при напряжении 6 кВ - 0,8 мкФ, при 10 кВ - 0,5 мкФ и при 13,8-20 кВ - 0,4 мкФ.

Защитные конденсаторы не требуется устанавливать, если суммарная емкость генераторов и кабельной сети на шинах генераторного напряжения имеет требуемое значение. При определении емкости кабельной сети в этом случае учитываются участки кабелей на длине до 750 м.

4.2.169. Присоединение ВЛ к электродвигателям мощностью до 3 МВт, имеющим надежное резервирование, допускается при отсутствии защиты подходов от прямых ударов молнии. При этом требуется установка на подходе ВЛ двух комплектов трубчатых разрядников на расстояниях 150 и 250 м от шин подстанции (рис. 4.2.19, а). Сопротивление заземления разрядников должно быть не более 5 Ом.

На подходе ВЛ с железобетонными или металлическими опорами трубчатые разрядники не требуется устанавливать, если сопротивление заземления опор подхода ВЛ на длине не менее 250 м составляет не более 10 Ом.

При наличии кабельной вставки любой длины непосредственно перед кабелем должен быть установлен вентильный разрядник IV группы по ГОСТ 16357-83. Заземляющий зажим разрядника должен быть кратчайшим путем присоединен к металлическим оболочкам кабеля и к заземлителю (рис. 4.2.19, б). У электродвигателя должны быть установлены вентильные разрядники I группы и защитные емкости по 0,5 мкФ на фазу.

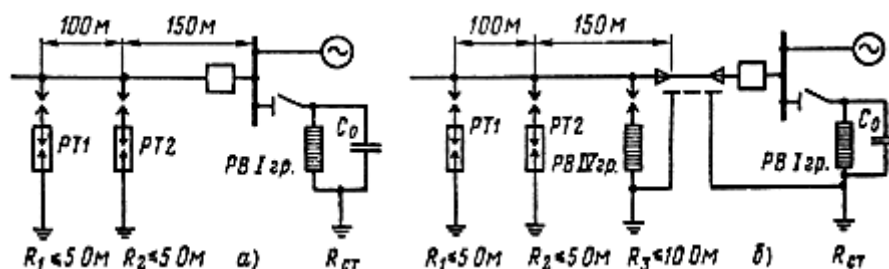


Рис. 4.2.19. Схемы защиты электродвигателей мощностью до 3 МВт при подходе ВЛ на деревянных опорах

### ЗАЩИТА ОТ ВНУТРЕННИХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

4.2.170. В электрических сетях 6-35 кВ, в которых требуется компенсация емкости токов однофазных замыканий на землю, следует выравнять емкости фаз сети относительно земли размещением фаз линий и конденсаторов высокочастотной связи на разных фазах линий. Степень несимметрии емкостей по фазам относительно земли не должна превышать 0,75%.

Места установки дугогасящих заземляющих реакторов должны быть выбраны с учетом конфигурации сети, возможных делений сети на части, вероятных аварийных режимов, влияний на цепи автоблокировки железных дорог и на линии связи.

Дугогасящие заземляющие реакторы не допускается подключать к трансформаторам:

- а) присоединенным к шинам через предохранители;
- б) имеющим соединение с сетью, емкостный ток которой компенсируется только по одной линии.

Мощностью дугогасящих заземляющих реакторов выбирается по значению полного емкостного тока замыкания на землю сети с учетом ее развития в ближайшие 10 лет.

4.2.171. В сетях 110-220 кВ, которые работают с заземленной нейтралью и имеют изоляцию, соответствующую требованиям ГОСТ 1516.1-76\*, и повышенный по сравнению с ГОСТ 1516-73 уровень изоляции обмоток 150 и 220 кВ силовых трансформаторов (автотрансформаторов), применения специальных мер для ограничения внутренних перенапряжений не требуется.

Обмотки 150 и 220 кВ трансформаторов (автотрансформаторов) с уровнем изоляции по ГОСТ 1516.1-76 \*, а также обмотки 330 и 500 кВ трансформаторов (автотрансформаторов) должны быть защищены от внутренних перенапряжений вентильными разрядниками серии РВМГ, устанавливаемыми в соответствии с требованиями 4.2.151.

4.2.172. В электрических сетях 3-35 кВ, в которых не применена компенсация емкостного тока однофазного замыкания на землю и отсутствуют генераторы и синхронные компенсаторы с непосредственным водяным охлаждением обмоток статора, а также в электрических схемах 3-35 кВ, которые могут отделяться от дугогасящих заземляющих реакторов и от указанных генераторов и синхронных компенсаторов при автоматических отключениях и при оперативных переключениях в процессе отыскания места замыкания на землю, ремонтов и профилактических испытаний электрооборудования, должны быть предусмотрены средства для предотвращения самопроизвольных смещений нейтрали: в цепь соединенной в разомкнутый треугольник вторичной обмотки трансформаторов напряжения 3-35 кВ, используемой для контроля изоляции, должен быть включен резистор сопротивлением 25 Ом, рассчитанный на длительное прохождение тока 4 А.

В электрических схемах 3-35 кВ, которые могут отделяться от электрических сетей, имеющих компенсацию емкостного тока, и от генераторов и синхронных компенсаторов с непосредственным водяным охлаждением обмоток статора, в цепь соединенной в разомкнутый треугольник вторичной обмотки трансформатора напряжения, используемой для контроля изоляции, должны быть включены резистор сопротивлением 25 Ом и устройство, обеспечивающее возможность его отключения.

Кроме того, в схемах блоков генератор - трансформатор и синхронный компенсатор - трансформатор необходимо предусматривать второй такой же резистор, который автоматически шунтирует постоянно включенный резистор при возникновении феррорезонансного процесса.

В электрических сетях и схемах соединений 3-35 кВ, в которых не требуется измерения фазных напряжений относительно земли (контроль изоляции) или напряжения нулевой последовательности, рекомендуется применять трансформаторы напряжения, первичные обмотки которых не имеют соединения с землей.

В электрических сетях и схемах соединений 3-35 кВ, в которых имеются дугогасящие реакторы или генераторы (синхронные компенсаторы) с непосредственным водяным охлаждением обмоток статора, защита от самопроизвольных смещений нейтрали не требуется.

4.2.173. В сетях 330 и 500 кВ в зависимости от протяженности и количества линий, схемы сети, типа выключателей, мощности трансформаторов и других параметров следует предусматривать меры по ограничению длительных повышений напряжения и средства для защиты от коммутационных перенапряжений. Необходимость ограничения длительных повышений напряжения и коммутационных перенапряжений, требования к средствам защиты и оценка правильности их выбора устанавливаются на основе расчета перенапряжений. Допустимые для оборудования 330 и 500 кВ повышения напряжения должны устанавливаться в зависимости от длительности их воздействия.

4.2.174. Коммутационные перенапряжения в сетях 330 и 500 кВ должны быть ограничены до расчетной кратности, равной 2,7 и 2,5 соответственно.

С целью ограничения опасных для оборудования коммутационных перенапряжений следует применять на ВЛ комбинированные вентильные разрядники, электромагнитные трансформаторы напряжения или другие средства, а также сочетание их с мероприятиями по ограничению длительных повышений напряжения (установка шунтирующих реакторов, схемные мероприятия, системная автоматика). Средства защиты от перенапряжений оборудования 330 и 500 кВ следует выбирать на основе расчетов внутренних перенапряжений в электропередаче.

4.2.175. Для РУ 220-500 кВ с воздушными выключателями следует предусматривать мероприятия по предотвращению феррорезонансных перенапряжений, возникающих при последовательных включениях трансформаторов напряжения и емкостных делителей напряжения выключателей.

## ПНЕВМАТИЧЕСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

4.2.176. Для снабжения воздухом электрических аппаратов (воздушных выключателей, пневматических приводов к масляным выключателям и разъединителям) РУ электрических станций и подстанций должна предусматриваться установка сжатого воздуха, состоящая из стационарной компрессорной установки и воздухораспределительной сети. Выход из строя или вывод в ремонт любого элемента установки сжатого воздуха не должен нарушать нормальную работу установки.

4.2.177. Воздух, поступающий в аппараты, должен быть очищен от механических примесей и осушен. Относительная влажность осушенного воздуха должна удовлетворять требованиям конструкции аппаратов.

4.2.178. Для получения осушенного воздуха в компрессорной установке должны предусматриваться две ступени давления:

а) компрессорное (повышенное) - для компрессоров и воздухохранилищ - аккумуляторов сжатого воздуха, выбираемое из условия обеспечения требуемой относительной влажности сжатого воздуха электроаппаратуры распределительного устройства;

б) рабочее (номинальное) - для воздухораспределительной сети в соответствии с номинальным давлением воздуха электроаппаратуры распределительного устройства.

Системы компрессорного и рабочего давлений должны связываться между собой перепускными клапанами.

4.2.179. Производительность рабочих компрессоров должна быть выбрана такой, чтобы обеспечить:

1. В установках с компрессорами давлением до 5 МПа:

а) 0,5 ч непрерывной работы с двухчасовой паузой;

б) восстановление давления в воздухохранилищах компрессорного давления, сниженного на вентилирование воздушных выключателей и на утечки всей системы, за 2 ч, пока компрессоры не работают, - в течение 0,5 ч.

2. В установках с компрессорами давлением 23 МПа:

а) 1,5 ч непрерывной работы с двухчасовой паузой;

б) восстановление давления в воздухохранилищах (условия аналогичны изложенным в п. 1, б) в течение 1,5 ч.

При любом количестве рабочих компрессоров должен быть предусмотрен один резервный.

Для питания воздухом выключателей подстанций и РУ промышленных предприятий допускается использование заводской пневматической установки при условии обеспечения ею требований настоящей главы.

На подстанциях с одним масляным выключателем, имеющим пневмопривод, должен устанавливаться один компрессор (без резерва).



4.2.180. Пополнение воздуха в резервуарах электроаппаратов в рабочем и аварийном режимах должно осуществляться за счет запаса воздуха в воздухоборниках компрессорного давления.

Емкость воздухоборников должна обеспечивать покрытие суммарного расхода воздуха (при неработающих компрессорах):

а) в рабочем режиме - на вентилирование воздушных выключателей и на утечки всей системы - за 2 ч, пока компрессоры не работают. При этом остаточное давление в воздухоборниках должно быть таким, чтобы обеспечивалась требуемая осушка воздуха в электроаппаратах;

б) в аварийном режиме - на восстановление давления в резервуарах воздушных выключателей (до наименьшего допустимого значения по условиям работы выключателей) при одновременном отключении наибольшего количества выключателей, возможного по режиму работы электроустановок с учетом действия защиты и АПВ. При этом наименьшее давление сжатого воздуха в воздухоборниках должно быть выше наибольшего номинального давления сжатого воздуха в аппаратах:

на 25-30% - в установках с компрессорами до 5 МПа;

на 80% - в установках с компрессорами 23 МПа.

4.2.181. В расчетах следует принимать, что начало аварийного режима с массовым отключением выключателей совпадает с моментом периодического включения в работу компрессорной установки (т. е. когда давление в воздухоборниках снизилось до пускового давления компрессора).

4.2.182. Воздухоборники давлением до 5 МПа должны быть снабжены: предохранительным клапаном пружинного типа, указывающим манометром с трехходовым краном; спускным вентилям; отверстием с пробкой для выпуска воздуха при гидравлических испытаниях; лазом или люком (для осмотра и чистки); штуцерами с фланцами для присоединения воздухопроводов; поддерживающими опорами.

Должен быть предусмотрен электрический подогрев спускного вентиля воздухоборника, включаемый вручную перед спуском конденсата на время таяния льда.

Для обеспечения более высокой степени осушки сжатого воздуха следует предусматривать последовательное соединение воздухоборников (не менее трех).

4.2.183. Воздухоборники давлением 23 МПа должны иметь на каждую группу из трех баллонов указывающий манометр с трехходовым краном, предохранительный клапан и конденсатосборник с автоматической продувкой. Нижняя часть воздухоборников должна размещаться в специальной теплоизоляционной камере, имеющей автоматический электрообогрев.

4.2.184. Между конечным водомаслоотделителем в компрессорной установке и воздухоборниками должны устанавливаться обратные клапаны.

4.2.185. Перепускные клапаны должны поддерживать в воздухопроводной распределительной сети и в резервуарах воздушных выключателей давление в заданных заводами пределах, обеспечивающее номинальную отключающую способность и надежную работу выключателей в режиме неуспешного АПВ.

Пропускная способность перепускных клапанов и воздухопроводов распределительной сети должна обеспечивать за время не более 3 мин восстановление давления воздуха (до наименьшего допустимого значения по условиям работы выключателей) в резервуарах выключателей, которые могут отключаться одновременно в цикле неуспешного АПВ.

Перепускной клапан в нормальном режиме, как правило, должен обеспечивать непрерывный перепуск небольшого количества воздуха для покрытия расхода на утечки и вентилирование в системе после клапана.

4.2.186. Для каждого значения номинального давления электроаппаратов распределительного устройства должна выполняться своя воздухораспределительная сеть, питающаяся не менее чем двумя перепускными клапанами от компрессорной установки.

4.2.187. Перепускные клапаны должны выполняться с электромагнитным управлением.

Управление автоматикой включения и отключения перепускными клапанами должно осуществляться независимо от режима работы компрессоров. Управление электромагнитными приводами перепускных клапанов должно осуществляться контактными манометрами, устанавливаемыми в шкафу манометров наружной установки в сети рабочего давления у ближайшего по ходу воздуха выключателя к компрессорной установке.

4.2.188. Компрессорная установка должна быть полностью автоматизирована и должна работать без постоянного дежурства персонала.

Компрессорная установка должна быть оборудована автоматическим управлением, поддерживающим давление в воздухохранилищах и в резервуарах выключателей в установленных пределах.

Схема автоматического управления компрессорной установки должна предусматривать автоматический запуск и останов рабочих и резервных компрессоров, автоматическую продувку (спуск влаги и масла) водомаслоотделителей, автоматическое управление перепускными клапанами и защиту компрессорных агрегатов при повреждениях и неполадках.

Установка сжатого воздуха должна быть оборудована сигнализацией, действующей при нарушениях нормальной ее работы.

4.2.189. Устройство автоматизированных компрессорных установок с машинами производительностью до  $5 \text{ м}^3/\text{мин}$  в РУ регламентируется действующими "Правилами устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов" Госгортехнадзора СССР, кроме п. 2.13, 2.20, 2.27, 2.52, 2.55, 4.6, 4.8\*.

---

\* Согласовано с отделом охраны труда ВЦСПС 19 августа 1975 г.

4.2.190. Воздухохранилища должны удовлетворять действующим "Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением" Госгортехнадзора России, за исключением требования о постоянных площадках и лестницах.

4.2.191. Воздухохранилища должны устанавливаться на открытом воздухе на расстоянии 0,7-1 м от стены компрессорной, желательно с теневой стороны. Специальный навес над ними (для защиты от солнечных лучей) не требуется. Должна предусматриваться возможность монтажа и демонтажа любого воздухохранилища без нарушения нормальной эксплуатации остальных. Допускается установка воздухохранилищ в отдельном помещении того здания, в котором размещается ЗРУ с воздушными выключателями.

4.2.192. Забор воздуха компрессорами должен осуществляться из компрессорного помещения через фильтры, расположенные на компрессоре.

4.2.193. Спускные клапаны водомаслоотделителей компрессора присоединяются к системе дренажа, выводимой наружу в специально предусмотренный для этого приямок. Дренажная труба должна иметь достаточные наклон и диаметр, чтобы исключить возможность ее засорения и повышения давления в водомаслоотделителях компрессоров при одновременной работе всех спускных клапанов.

4.2.194. В помещении компрессорной установки должны быть предусмотрены ремонтная площадка и грузоподъемное устройство для производства монтажных и ремонтных работ.

4.2.195. В помещении компрессорной установки должно быть обеспечено поддержание в зимнее время температуры не ниже плюс 10 °С, а в летнее время - не выше плюс 35 °С. Помещение компрессорной установки должно быть оборудовано электрическим отоплением и вытяжной механической вентиляцией, рассчитанной на удаление избытков теплоты. Охлаждение компрессоров должно быть воздушным с охладителями после каждой ступени сжатия.

4.2.196. Компрессорный агрегат должен устанавливаться на фундаментах, не связанных со стенами здания.

4.2.197. Пол в помещении компрессорной установки должен быть покрыт метлахской плиткой или равноценным материалом; стены должны быть оштукатурены и иметь панели, окрашенные масляной краской до высоты не менее 1,5 м от пола.

4.2.198. Двери помещения компрессорной установки должны открываться наружу; замки дверей должны быть самозапирающимися, а двери должны открываться изнутри без ключа с помощью рукоятки; окна должны открываться наружу и должны быть оборудованы фрамугами.

4.2.199. Воздухопроводная распределительная сеть должна, как правило, выполняться кольцевой, разделенной на участки при помощи запорных вентилей.

Питание воздухопроводной сети должно осуществляться двумя магистралями от компрессорной установки.

4.2.200. Для защиты распределительной сети в ней должны быть установлены предохранительные клапаны, срабатывающие при превышении давления в сети до 1,1 номинального. Предохранительные клапаны следует устанавливать в обеих нитках питающей магистрали воздухопроводной сети возле шкафа манометров, указанных в 4.2.187.

4.2.201. Линейные водоотделители устанавливаются вне помещений компрессорной установки в обеих нитках питающей магистрали воздухопроводной сети. Линейный водоотделитель должен иметь спускной вентиль и штуцер с фланцами для присоединения подводящего и отводящего воздухопроводов.

4.2.202. Воздухопроводы и арматура распределительной сети должны быть доступны для обслуживания.

4.2.203. Прокладка воздухопроводов распределительной сети может выполняться открыто по конструкции и стойкам под оборудование в кабельных туннелях, каналах и лотках совместно с кабелями, а в закрытых помещениях - также по стенам и потолкам.

4.2.204. Воздухопроводы следует прокладывать с уклоном 0,3% с установкой в нижних точках спускных вентилей для продувки сети. Ответвления к аппаратам следует прокладывать с уклоном 0,3% в направлении главной магистрали.

4.2.205. Для компенсации температурных деформаций в воздухопроводной распределительной сети должны быть предусмотрены компенсаторы, выполняемые из труб того же диаметра, что и магистральный воздухопровод.

4.2.206. Воздухопроводы компрессорной установки, распределительной сети ответвления к шкафам управления должны выполняться из стальных бесшовных труб, причем на давление 23 МПа - из нержавеющей стали, воздухопроводы от шкафов управления к резервуарам воздушных выключателей - из медных труб. Воздухопроводы между шкафами и пневматическими приводами разъединителей следует выполнять из стальных труб. Радиус изгиба стальных воздухопроводов должен быть не менее четырехкратного наружного диаметра трубы.

Воздухопроводы компрессорного давления, расположенные вне помещения компрессорной установки до воздухосборников и в пределах стены, через которую они проходят, должны быть покрыты теплоизоляцией.

4.2.207. Стальные воздухопроводы должны быть соединены сваркой встык; соединения с арматурой - фланцевые.

Для труб с внутренним диаметром 6-8 мм допускаются фланцевые соединения или соединения при помощи ниппелей.

4.2.208. Внутренние детали запорных вентилей, обратных и предохранительных клапанов, устанавливаемых после фильтров выключателей, должны быть стойкими к воздействию коррозии.

4.2.209. Внутренние поверхности воздухосборников и линейных водоотделителей должны быть очищены от ржавчины и грязи и должны иметь антикоррозийное покрытие.

4.2.210. Наружные поверхности воздухосборников и линейных водоотделителей, устанавливаемых на открытом воздухе, должны быть окрашены устойчивой краской светлого тона.

4.2.211. Запорный вентиль, фильтр, обратный клапан и манометр в ответвлении к воздушному выключателю должны размещаться в специальном распределительном шкафу (поставляемом с выключателем) и должны быть снабжены электроподогревом.

4.2.212. Все элементы установки сжатого воздуха должны быть доступны для разборки и чистки.

## **МАСЛЯНОЕ ХОЗЯЙСТВО**

4.2.213. Для обслуживания маслonaполненного оборудования подстанций на предприятиях сетевых районов энергосистемы должны быть предусмотрены централизованные масляные хозяйства, оборудованные резервуарами для хранения и переработки масла, насосами, установками для очистки и регенерации масел, передвижными маслоочистительными и дегазационными установками, емкостями для транспортировки масла. Местоположение и объем централизованных масляных хозяйств определяются проектом организации эксплуатации энергосистемы.

4.2.214. На электростанциях, на подстанциях 500 кВ независимо от мощности установленных трансформаторов и на подстанциях 330 кВ с трансформаторами мощностью 200 МВ·А и выше, расположенных в удаленных или труднодоступных районах, следует предусматривать масляные хозяйства с оборудованием для обработки масла.

Склады масла таких маслохозяйств должны иметь:

а) на тепловых электростанциях - по 4 резервуара турбинного и изоляционного масла;

б) на гидроэлектростанциях - по 3 резервуара турбинного и изоляционного масла;

в) на подстанциях - 3 резервуара изоляционного масла.

Объем каждого резервуара должен быть не менее:

для турбинного масла - объема масляной системы одного агрегата и доливки масла в размере 45-дневной потребности всех агрегатов для тепловых электростанций и 10% объема агрегата для гидроэлектростанций;

для изоляционного масла - объема одного наиболее крупного трансформатора с запасом 10%.

В зависимости от оснащенности энергосистемы передвижными установками по обработке масла и от транспортных связей между подстанцией и централизованным маслохозяйством энергосистемы мастерская маслохозяйства может оснащаться не всеми стационарными установками по обработке масла или совсем не сооружаться. В последнем случае необходимо предусматривать аппаратную маслохозяйства с коллектором для присоединения передвижных маслообрабатывающих установок изоляционного масла.

4.2.215. На подстанциях 110 кВ и выше с баковыми масляными выключателями 110 кВ и выше должен сооружаться открытый склад масла из двух стационарных резервуаров изоляционного масла. Объем каждого резервуара должен быть не менее объема масла трех баков наибольшего выключателя с запасом на доливку не менее 1% всего количества масла, залитого в аппараты и трансформаторы подстанции.

Склады масла на подстанциях с баковыми масляными выключателями не следует сооружать:

а) при хороших транспортных связях между подстанциями и централизованным маслохозяйством энергосистемы;

б) при количестве масляных выключателей на подстанции не более двух;

в) на подстанциях глубокого ввода, расположенных в черте города.

4.2.216. На подстанциях с синхронными компенсаторами должны сооружаться два стационарных резервуара турбинного масла вне зависимости от количества и объема резервуаров изоляционного масла. Объем каждого резервуара должен быть не менее 110% объема масляной системы наибольшего синхронного компенсатора, устанавливаемого на данной подстанции.

4.2.217. На остальных подстанциях, кроме оговоренных в 4.2.214 и 4.2.215, маслохозяйство и маслосклады не должны сооружаться. Доставка на них сухого масла осуществляется в передвижных резервуарах или автоцистернах с централизованных масляных хозяйств сетевых районов энергосистемы.

4.2.218. Стационарные маслопроводы к масляным выключателям и трансформаторам всех напряжений не должны прокладываться. Слив и заливка масла должны выполняться с использованием инвентарных маслопроводов и резервуаров (автоцистерн).

Стационарные маслопроводы на электростанциях и подстанциях 330 и 500 кВ следует прокладывать от мастерской или аппаратной маслохозяйства к помещению для ремонта трансформаторов (к трансформаторной башне на подстанциях или к монтажной площадке машинного зала на электростанциях) и к складу масла, а также к месту слива масла из цистерн.

Стационарные маслопроводы следует выполнять из стальных труб, соединяемых сваркой (кроме стыков с арматурой).

4.2.219. Масляное хозяйство для электроустановок промышленных предприятий должно выполняться с учетом требований "НТП. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий. Нормы технологического проектирования" (1994 г., АО ВНИПИ "Тяжпромэлектропроект").

4.2.220. Резервуары для хранения масла должны быть оборудованы воздухоосушительными фильтрами, указателем уровня масла, пробноспускным краном на сливном патрубке.

4.2.221. Расстояния от стенок резервуаров открытых складов масла должны быть не менее:

а) до зданий и сооружений электростанций и подстанций (в том числе до трансформаторной мастерской): для складов общим объемом до 100 т масла - 12 м; для складов более 100 т - 18 м;

б) до жилых и общественных зданий - на 25% больше расстояний, указанных в п. "а";

в) до аппаратной маслохозяйства - 8 м;

г) до складов баллонов водорода - 20 м.

## **УСТАНОВКА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

4.2.222. Требования 4.2.223-4.2.263 распространяются на стационарную установку в помещениях и на открытом воздухе силовых и регулировочных трансформаторов (автотрансформаторов) и масляных реакторов (в том числе дугогасящих заземляющих) с высшим напряжением 3 кВ и выше и не распространяются на электроустановки специального назначения.

Трансформаторы и реакторы, перечисленные в настоящем параграфе, поименованы в 4.2.223-4.2.263 термином "трансформаторы".

Установка вспомогательного оборудования трансформаторов (электродвигателей системы охлаждения, контрольно-измерительной аппаратуры, устройств управления) должна отвечать требованиям соответствующих глав настоящих Правил.

Требования 4.2.233, 4.2.238 и 4.2.239 не относятся к установке трансформаторов, входящих в КТП с высшим напряжением 10 кВ и ниже.

4.2.223. Для установки на открытом воздухе в макроклиматических районах с холодным климатом должны применяться трансформаторы специального исполнения (ХЛ).

4.2.224. Выбор параметров трансформаторов должен производиться в соответствии с режимами их работы. При этом должны быть учтены как длительные нагрузочные режимы, так и кратковременные и толчковые нагрузки, а также возможные в эксплуатации длительные перегрузки. Это требование относится ко всем обмоткам многообмоточных трансформаторов.

4.2.225. Трансформаторы должны быть установлены так, чтобы были обеспечены удобные и безопасные условия для наблюдения за уровнем масла в маслоуказателях без снятия напряжения.

Для наблюдения за уровнем масла в маслоуказателях должно быть предусмотрено освещение маслоуказателей в темное время суток, если общее освещение недостаточно.

4.2.226. К газовым реле трансформаторов должен быть обеспечен безопасный доступ для наблюдения и отбора проб газа без снятия напряжения. Для этого трансформаторы, имеющие высоту от уровня головки рельса до крышки бака 3 м и более, должны снабжаться стационарной лестницей.

4.2.227. На крышках и баках трансформаторов допускается установка вентильных разрядников не выше 35 кВ, соответствующих требованиям действующего ГОСТ для разрядников, устанавливаемых на крышке трансформатора.

4.2.228. Для трансформаторов, имеющих катки, в фундаментах должны быть предусмотрены направляющие. Для закрепления трансформатора на направляющих должны быть предусмотрены упоры, устанавливаемые с обеих сторон трансформатора.

Трансформаторы массой до 2 т, не снабженные катками, допускается устанавливать непосредственно на фундаменте.

На фундаментах трансформаторов должны быть предусмотрены места для установки домкратов, применяемых для создания уклона трансформатора.

4.2.229. Уклон масляного трансформатора, необходимый для обеспечения поступления газа к газовому реле, должен создаваться путем установки подкладок под катки.

4.2.230. При установке расширителя на отдельной конструкции она должна располагаться так, чтобы не препятствовать выкатке трансформатора с фундамента.

В этом случае газовое реле должно располагаться вблизи трансформатора в пределах удобного и безопасного обслуживания со стационарной лестницы. Для установки расширителя может быть использован портал ячейки трансформатора.

4.2.231. Трансформаторы должны устанавливаться так, чтобы отверстие выхлопной трубы не было направлено на близко установленное оборудование. Для выполнения этого требования допускается установка заградительного щита против отверстия трубы.

4.2.232. Вдоль путей перекачки, а также у фундаментов трансформаторов массой более 20 т должны быть предусмотрены анкеры, позволяющие закреплять за них лебедки, направляющие блоки, полиспасты, используемые при перекачке трансформаторов в обоих направлениях на собственных катках. В местах изменения направления движения должны быть предусмотрены площадки для установки домкратов.

4.2.233. Расстояние в свету между открыто установленными трансформаторами должно быть не менее 1,25 м.

Указанное расстояние принимается до наиболее выступающих частей трансформаторов, расположенных на высоте менее 1,9 м от поверхности земли.

При единичной мощности открыто установленных трансформаторов 110 кВ и выше (как трехфазных, так и однофазных) 63 МВ·А и более между ними или между ними и трансформаторами любой мощности (включая регулировочные, собственных нужд и др.) должны быть установлены разделительные перегородки, если расстояние в свету между трансформаторами принято менее 15 м для свободно стоящих трансформаторов и менее 25 м для трансформаторов, установленных вдоль наружных стен зданий электростанций на расстоянии от стен менее 40 м.

Разделительные перегородки должны иметь предел огнестойкости не менее 1,5 ч, ширину не менее ширины маслоприемника (гравийной подсыпки) и высоту не менее высоты вводов высшего напряжения. Перегородки должны устанавливаться за пределами маслоприемника. Расстояние в свету между трансформатором и перегородкой должно быть не менее 1,5 м.

Если трансформаторы собственных нужд или регулировочные установлены с силовым трансформатором, оборудованным автоматическим стационарным устройством пожаротушения, и присоединены в зоне действия защиты от внутренних повреждений силового трансформатора, то допускается вместо разделительной перегородки выполнять автоматическую стационарную установку пожаротушения трансформатора собственных нужд или регулировочного, объединенную с установкой пожаротушения силового трансформатора.

4.2.234. Последовательные регулировочные трансформаторы должны устанавливаться в непосредственной близости от регулируемых трансформаторов. Следует предусматривать возможность их перекатки по общему пути.

4.2.235. Трансформаторы 500 кВ независимо от их мощности, а также 220-330 кВ мощностью 200 МВ·А и более должны оборудоваться стационарными автоматическими установками пожаротушения.

4.2.236. Автоматический пуск установки пожаротушения должен дублироваться дистанционным пуском со щита управления и ручным пуском. Устройства ручного пуска должны располагаться в месте, не подверженном действию огня.

Включение установки пожаротушения трехфазной группы трансформаторов должно производиться только на поврежденные фазы.

4.2.237. Каждый масляный трансформатор, размещаемый внутри помещений, следует устанавливать в отдельной камере (исключение - см. 4.2.95), расположенной в первом этаже и изолированной от других помещений здания. Допускается установка масляных трансформаторов на втором этаже, а также ниже уровня пола первого этажа на 1 м в незатопляемых зонах при условии обеспечения возможности транспортирования трансформаторов наружу и удаления масла в аварийных случаях в соответствии с требованиями, приведенными в 4.2.101, п. 2, как для трансформаторов с массой масла более 600 кг.

В случаях необходимости установки трансформаторов внутри помещений выше второго этажа или ниже уровня пола первого этажа более чем на 1 м они должны быть с негорючим заполнением или сухими в зависимости от условий окружающей среды и технологии производства. При размещении трансформаторов внутри помещений следует руководствоваться также 4.2.80.

Допускается установка в одной общей камере двух масляных трансформаторов мощностью не более 1 МВ·А каждый, имеющих общее назначение, управление и защиту и рассматриваемых как один агрегат.

Сухие трансформаторы или имеющие негорючее заполнение могут устанавливаться в общей камере в количестве до 6 шт., если это не вызывает осложнения в эксплуатации при проведении ремонта.

4.2.238. Для трансформаторов, устанавливаемых внутри помещений, расстояния в свету от наиболее выступающих частей трансформаторов, расположенных на высоте менее 1,9 м от пола, должны быть не менее:

а) до задней и боковых стен - 0,3 м для трансформаторов мощностью до 0,4 МВ·А и 0,6 м для трансформаторов большей мощности,



б) со стороны входа: до полотна двери или выступающих частей стены - 0,6 м для трансформаторов мощностью до 0,4 МВ·А, 0,8 м для трансформаторов более 0,4 до 1,6 МВ·А и 1 м для трансформаторов мощностью более 1,6 МВ·А.

4.2.239. Пол камер масляных трансформаторов должен иметь уклон 2% в сторону маслоприемника.

4.2.240. Двери (ворота) камер трансформаторов должны быть выполнены в соответствии с 4.2.93.

Непосредственно за дверью камеры допускается устанавливать на высоте 1,2 м барьер (для осмотра трансформатора с порога, без захода в камеру).

4.2.241. В камерах трансформаторов могут устанавливаться относящиеся к ним разъединители, предохранители и выключатели нагрузки, разрядники и дугогасящие заземляющие реакторы, а также оборудование системы охлаждения.

4.2.242. Каждая камера масляных трансформаторов должна иметь отдельный выход наружу или в смежное помещение с несгораемым полом, стенами и перекрытием, не содержащее огнеопасных и взрывоопасных предметов, аппаратов и производств.

Камеры, из которых трансформаторы выкатываются в цех, должны соответствовать требованиям, приведенным в 4.2.105, 4.2.113, 4.2.115 и 4.2.120.

4.2.243. Расстояние по горизонтали от дверного проема трансформаторной камеры встроенной или пристроенной подстанции до проема ближайшего окна или двери помещения должно быть не менее 1 м.

Выкатка трансформаторов мощностью более 0,1 МВ·А из камер во внутренние проезды шириной менее 5 м между зданиями не допускается. Это требование не распространяется на камеры, выходящие в проходы и проезды внутри производственных помещений.

4.2.244. Вентиляционная система камер трансформаторов должна обеспечивать отвод выделяемой ими теплоты (см. 4.2.102) и не должна быть связана с другими вентиляционными системами.

Стенки вентиляционных каналов и шахт должны быть выполнены из несгораемых материалов и должны иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч.

Вентиляционные шахты и проемы должны быть расположены таким образом, чтобы в случае образования или попадания в них влаги она не могла стекать на трансформаторы, либо должны быть применены меры для защиты трансформатора от попадания влаги из шахты.

Вентиляционные проемы должны быть закрыты сетками с размером ячейки 1х1 см и защищены от попадания через них дождя и снега.

4.2.245. Вытяжные шахты камер трансформаторов, пристроенных к зданиям с несгораемыми стенами, но имеющим кровлю из сгораемого материала, должны быть отнесены от стен здания не менее чем на 1,5 м, или же конструкции кровли из сгораемого материала должны быть защищены парапетом из несгораемого материала высотой не менее 0,6 м. Вывод шахт выше кровли здания в этом случае не обязателен.

Отверстия вытяжных шахт не должны располагаться против оконных проемов зданий. При устройстве выходных вентиляционных отверстий непосредственно в стене камеры они не должны располагаться под выступающими элементами кровли из сгораемого материала или под проемами в стене здания, к которому камера примыкает.

Если над дверью или выходным вентиляционным отверстием камеры трансформатора имеется окно, то под окном следует устраивать козырек из несгораемого материала с вылетом не менее 0,7 м. Длина козырька должна быть больше ширины окна не менее чем на 0,8 м в каждую сторону.

4.2.246. Трансформаторы с искусственным охлаждением должны быть снабжены устройствами для автоматического пуска и останова устройства системы охлаждения.

Автоматический пуск должен осуществляться в зависимости от температуры верхних слоев масла или температуры обмотки и независимо от этого по току нагрузки трансформатора.

4.2.247. При применении выносных охладительных устройств или устройств охлаждения системы ДЦ они должны размещаться так, чтобы не препятствовать выкатке трансформатора с фундамента и допускать проведение их ремонта при работающем трансформаторе. Поток воздуха от вентиляторов дутья не должен быть направлен на бак трансформатора.

4.2.248. Расположение задвижек охладительных устройств должно обеспечивать удобный доступ к ним, возможность отсоединения трансформатора от системы охлаждения или отдельного охладителя от системы и выкатки трансформатора без слива масла из охладителей.

4.2.249. Охладительные колонки и другое оборудование в системе охлаждения Ц должны располагаться в помещении, температура в котором не снижается ниже плюс 5 °С.

В необходимых случаях должно быть предусмотрено отопление.

4.2.250. Внешние маслопроводы систем охлаждения ДЦ и Ц должны выполняться из нержавеющей стали или материалов, устойчивых против коррозии.

Расположение маслопроводов около трансформатора не должно затруднять обслуживание трансформатора и охладителей и должно обеспечивать минимальную работу при выкатке трансформатора. При необходимости должны быть предусмотрены площадки и лестницы, обеспечивающие удобный доступ к задвижкам и вентиляторам дутья.

4.2.251. Для контроля работы маслососов системы ДЦ и Ц и водяных насосов у каждого насоса должен быть предусмотрен манометр. При наличии сетчатых фильтров манометры должны устанавливаться на входе масла в фильтр и выходе из фильтра.

4.2.252. При выносной системе охлаждения, состоящей из отдельных охладителей, все размещаемые в один ряд одиночные или сдвоенные охладители должны устанавливаться на общий фундамент.

Групповые охладительные установки могут размещаться как непосредственно на фундаменте, так и на рельсах, уложенных на фундамент, если предусматривается выкатка этих установок на своих катках.

4.2.253. Шкафы управления электродвигателя систем охлаждения ДЦ, Д и Ц должны устанавливаться за пределами маслоприемника. Навешивание шкафа управления на бак трансформатора допускается, если шкаф и устанавливаемое в нем оборудование рассчитаны на работу в условиях вибрации, создаваемой трансформатором.

4.2.254. Трансформаторы с искусственным охлаждением должны быть снабжены сигнализацией о прекращении циркуляции масла, охлаждающей воды или остановке вентиляторов дутья, а также об автоматическом включении резервного охладителя или резервного источника питания.

4.2.255. Для шкафов приводов устройств регулирования напряжения под нагрузкой должен быть предусмотрен электрический подогрев с автоматическим управлением.

4.2.256. Адсорберы, предназначенные для очистки масла в трансформаторах и устанавливаемые в системе охлаждения Ц, должны размещаться в помещении, причем должна быть обеспечена возможность замены адсорбента на месте.

4.2.257. Эластичные резервуары азотной защиты масла трансформатора должны быть защищены от солнечного излучения и от воздействия температуры ниже минус 35 °С.

4.2.258. Для ремонта без разборки активной части трансформаторов до 330 кВ при массе кожуха или выемной части не более 25 т должны быть предусмотрены совмещенные порталы либо должна быть обеспечена возможность подъема кожуха или активной части трансформатора передвижными кранами или инвентарными устройствами. При этом должна быть обеспечена возможность откатки кожуха или активной части и установки инвентарного устройства (шатра) для закрытия активной части.

4.2.259. Стационарные устройства для ремонта трансформаторов без разборки активной части (башни, оборудованные мостовыми кранами) должны предусматриваться:

на подстанциях 500 кВ и на подстанциях 330 кВ с трансформаторами 200 МВ·А и более, расположенных в труднодоступных или удаленных местах, с которых нецелесообразна отправка трансформаторов на ремонтные заводы;

на ОРУ электростанций при установке на них трансформаторов, если трансформаторы невозможно доставить на монтажную площадку гидроэлектростанции или ремонтную площадку машинного зала тепловой электростанции.

4.2.260. При наличии на подстанциях до 330 кВ трансформаторов без съемного кожуха с массой выемной активной части более 25 т для ремонта должны быть предусмотрены стационарные или инвентарные грузоподъемные устройства, связанные с фундаментом трансформатора железнодорожным путем.

4.2.261. При открытой установке трансформаторов вдоль машинного зала электростанции должна быть обеспечена возможность перекачки трансформатора к месту ремонта без разборки трансформатора, снятия вводов и разборки поддерживающих конструкций токопроводов, порталов, шинных мостов и т. п.

4.2.262. Для демонтажа и монтажа узлов трансформатора и системы охлаждения должен быть обеспечен подъезд автокранов соответствующей грузоподъемности и длины стрелы или должны быть предусмотрены другие способы механизации монтажных работ на месте установки трансформатора.

4.2.263. Грузоподъемность крана в трансформаторной башне должна быть рассчитана на массу кожуха трансформатора.

## **Глава 4.3. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПОДСТАНЦИИ И УСТАНОВКИ**

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

4.3.1. Настоящая глава Правил распространяется на стационарные преобразовательные подстанции и установки с полупроводниковыми

преобразовательными агрегатами мощностью 100 кВт и более в единице, предназначенные для питания промышленных потребителей.

Правила не распространяются на тяговые подстанции электрифицированных железных дорог и на специальные преобразовательные установки, например для газоочистки, лабораторий и т. п.

4.3.2. Преобразовательные подстанции и установки должны удовлетворять требованиям других глав в той мере, в какой они не изменены настоящей главой.

4.3.3. Преобразовательным агрегатом называется комплект оборудования, состоящий из одного или нескольких полупроводниковых преобразователей, трансформатора, а также приборов и аппаратуры, необходимых для пуска и работы агрегата.

Полупроводниковым преобразователем называется комплект полупроводниковых вентилях (неуправляемых или управляемых), смонтированных на рамах или в шкафах, с системой воздушного или водяного охлаждения, а также приборов и аппаратуры, необходимых для пуска и работы преобразователя.

4.3.4. Класс напряжения отдельных элементов преобразовательного агрегата, в соответствии с которым устанавливаются допустимые наименьшие расстояния между частями, находящимися под напряжением, от этих частей до земли, ограждений, а также ширина проходов, необходимость устройства блокировок дверей определяются:

1) для трансформаторов, автотрансформаторов, реакторов - по наибольшему действующему значению напряжения между каждыми двумя выводами, а также между каждым выводом и заземленными деталями этих аппаратов;

2) для полупроводникового преобразователя - по наибольшему действующему значению напряжения между каждыми двумя выводами на стороне переменного тока.

Класс напряжения комплектного устройства, состоящего из преобразователя, трансформатора, реакторов и т. п. и смонтированного в общем корпусе, определяется наибольшими значениями напряжений, указанных в п. 1 и 2.

## **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

4.3.5. На преобразовательных подстанциях и установках, предназначенных для питания промышленных потребителей, должны применяться полупроводниковые преобразователи.

4.3.6. На преобразовательных подстанциях и установках должны быть предусмотрены меры по ограничению:

влияния подстанции (установки) на качество электрической энергии в питающей сети до значений, оговоренных в ГОСТ 13109-87 \*;

радиопомех, создаваемых подстанцией (установкой), до значений, оговоренных в общесоюзных нормах допускаемых промышленных радиопомех.

4.3.7. На преобразовательных подстанциях и установках следует предусматривать устройства для компенсации реактивной мощности в объеме, определяемом технико-экономическим расчетом.

4.3.8. Степень резервирования питания собственных нужд преобразовательных подстанций и установок должна соответствовать степени резервирования питания преобразовательных агрегатов.

4.3.9. Преобразовательные подстанции и установки должны быть оборудованы телефонной связью, а также пожарной сигнализацией и другими видами сигнализации, которые требуются по условиям их работы.

4.3.10. Преобразовательные подстанции и установки должны быть оборудованы устройствами для продувки электрооборудования сухим, очищенным от пыли и свободным от масла сжатым воздухом давлением не более 0,2 МПа от передвижного компрессора или от сети сжатого воздуха, а также промышленными передвижными пылесосами.

4.3.11. Для монтажа, разборки и сборки преобразователей и другого оборудования следует, как правило, предусматривать инвентарные (применяемые стационарно или передвижные) подъемно-транспортные устройства.

4.3.12. На преобразовательных подстанциях и установках должны быть предусмотрены пункты питания для переносных электроинструментов, машин для уборки помещений и переносных светильников. Для питания переносных светильников следует применять напряжение не выше 42 В.

## **ЗАЩИТА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ**

4.3.13. Трансформатор преобразовательного агрегата в зависимости от типовой мощности и первичного напряжения должен быть оборудован следующими устройствами защиты:

1. Максимальной токовой защитой мгновенного действия от многофазных замыканий в обмотках и на выводах трансформатора и, если это возможно, от КЗ в преобразователе, действующей на отключение.

Защита должна быть отстроена по току срабатывания от толчков тока намагничивания при включении ненагруженного трансформатора и от возможных толчков тока нагрузки; защита, как правило, должна быть селективной по отношению к автоматическим выключателям на стороне выпрямленного напряжения и к предохранителям полупроводниковых преобразователей.

Должно быть обеспечено срабатывание защиты при всех предусмотренных значениях вторичного напряжения трансформатора для возможных значений коэффициента трансформации.

В установках с первичным напряжением выше 1 кВ максимальная токовая защита, как правило, должна выполняться двухфазной в трехрелейном исполнении.

В установках с первичным напряжением до 1 кВ защиту трансформатора следует выполнять автоматическим выключателем, имеющим максимальные токовые расцепители в двух фазах при изолированной нейтрали и в трех фазах при глухозаземленной нейтрали сети первичного напряжения.

2. Газовой защитой от внутренних повреждений и понижения уровня масла в трансформаторе.

Газовая защита должна устанавливаться на трансформаторах мощностью 1 МВ·А и более, а для внутрицеховых преобразовательных подстанций и установок - на

трансформаторах мощностью 0,4 МВ·А и более. Газовая защита должна действовать на сигнал при слабых газообразованиях и понижении уровня масла и на отключение при интенсивном газообразовании.

В зависимости от наличия персонала или сроков его прибытия после появления сигнала, а также от конструкции газового реле может предусматриваться действие защиты на отключение при дальнейшем понижении уровня масла. Для защиты от понижения уровня масла может быть применено отдельное реле уровня в расширителе трансформатора.

3. Защитой от повышения давления (реле давления) герметичных трансформаторов с действием ее на сигнал для трансформаторов мощностью до 0,63 МВ·А и с действием на отключение для трансформаторов мощностью более 0,63 МВ·А

4. Защитой от перенапряжений на стороне вторичного напряжения трансформатора при выпрямленном напряжении 600 В и выше.

5. Пробивным предохранителем, установленным в нейтрали или фазе на стороне низшего напряжения трансформатора, при вторичном напряжении до 1 кВ.

Устройства защиты с действием на отключение должны действовать на выключатель, установленный на стороне первичного напряжения трансформатора, и при необходимости на автоматический выключатель на стороне выпрямленного тока преобразовательного агрегата.

4.3.14. Полупроводниковый преобразователь в зависимости от мощности, значения выпрямленного напряжения, типа, назначения и режима работы дополнительно к защите по 4.3.13 должен быть оборудован:

1. Быстродействующими предохранителями в каждой параллельной ветви для защиты отдельных или нескольких последовательно соединенных вентилях. При перегорании двух и более предохранителей должно производиться автоматическое отключение преобразовательного агрегата. Следует предусматривать сигнализацию, реагирующую на перегорание предохранителей.

2. Быстродействующим неполяризованным автоматическим выключателем в одном полюсе на стороне выпрямленного напряжения для защиты от междуполюсных замыканий за преобразователем и для защиты от опрокидывания инвертора в реверсивных преобразовательных агрегатах при работе по схеме блок - преобразователь - потребитель.

Количество автоматических выключателей, необходимых для защиты преобразователя, определяется, кроме того, схемой силовых цепей преобразователя и потребителя.

3. Защитой снятия импульсов управления или сдвига импульсов управления в сторону увеличения угла регулирования тиристорных преобразователей для предотвращения сверхтоков.

4. Быстродействующим неполяризованным автоматическим выключателем в одном полюсе при работе одного или параллельной работе нескольких полупроводниковых преобразователей на общие сборные шины.

5. Защитой от внутренних и внешних перенапряжений.

4.3.15. Преобразовательный агрегат должен быть оборудован устройствами защиты, контроля и сигнализации, действующими при следующих ненормальных режимах работы:

1. Превышение допустимой температуры масла или негорючей жидкости трансформатора.
2. Превышение допустимой температуры воды, охлаждающей полупроводниковый преобразователь.
3. Перегорание предохранителя в силовой цепи полупроводникового вентиля.
4. Прекращение действия воздушного или водяного охлаждения.
5. Длительная перегрузка преобразовательного агрегата.
6. Отсутствие управляющих импульсов.
7. Повреждение (снижение уровня) изоляции установки.
8. Нарушение работы в других устройствах собственных нужд преобразовательного агрегата, препятствующих его нормальной работе.

4.3.16. На преобразовательных подстанциях (установках) с дежурством персонала или при контроле их работы диспетчером устройства защиты, контроля и сигнализации, указанные в 4.3.15, п.1-5, 7 и 8, должны действовать на сигнал, а указанные в 4.3.15, п. 6, - на отключение преобразовательного агрегата.

На преобразовательных подстанциях (установках) без дежурства персонала и без передачи сигналов на диспетчерский пункт устройства защиты, контроля и сигнализации, перечисленные в 4.3.15, должны действовать на отключение преобразовательного агрегата.

В отдельных случаях исходя из местных условий допускается действие устройств, указанных в 4.3.15, п. 1, на сигнал.

## **РАЗМЕЩЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ, ЗАЩИТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ**

4.3.17. Трансформатор, регулировочный автотрансформатор, уравнивающие реакторы, анодные делители и фильтровые реакторы, относящиеся к одному преобразовательному агрегату, могут устанавливаться в общей камере.

Установка маслонаполненного оборудования должна производиться в соответствии с требованиями гл. 5.1. На комплектные преобразовательные подстанции и установки распространяются также требования, указанные в 4.2.111, 4.2.112.

4.3.18. Полупроводниковые преобразователи допускается устанавливать совместно с другим оборудованием электротехнических или производственных помещений, если этому не препятствуют условия окружающей среды (сильные магнитные поля, температура, влажность, запыленность и т. п.).

4.3.19. В производственных помещениях полупроводниковые преобразователи следует устанавливать в шкафах.

4.3.20. Двери шкафов преобразователей при выпрямленном напряжении выше 1 кВ вне зависимости от места установки шкафов (электротехническое или производственное помещение) должны быть снабжены блокировкой, отключающей преобразователь со стороны переменного и со стороны выпрямленного тока и не позволяющей включить его при открытых дверях. Двери шкафов преобразователей, устанавливаемых вне

электропомещений, должны быть снабжены внутренними замками, отпираемыми специальными ключами.

4.3.21. Открытые полупроводниковые преобразователи, т. е. такие, которые имеют доступные для прикосновения части, находящиеся под напряжением, следует устанавливать только в электропомещениях. При этом преобразователи выше 1 кВ должны иметь сплошное или сетчатое ограждение высотой не менее 1,9 м. Ячейки сетки ограждения должны быть размером не более 25х25 мм. Двери ограждений должны иметь блокировку, отключающую преобразователь без выдержки времени как со стороны переменного, так и со стороны выпрямленного тока при открывании дверей.

4.3.22. Открытые преобразователи до 1 кВ могут устанавливаться:

1. На участках пола, изолированных от земли. При этом пол должен быть покрыт слоем изоляции под самим преобразователем и в зоне до 1,5 м от проекции преобразователя. Слой изоляции должен быть механически достаточно прочным и рассчитанным на 10-кратное рабочее напряжение выпрямленного тока. Стены и заземленные предметы, расположенные на расстоянии по горизонтали менее 1,5 м от проекции преобразователя, должны быть покрыты таким же слоем изоляции на высоту 1,9 м либо должны быть защищены изолированными от земли ограждениями.

Преобразователь должен быть огражден поручнями или шнуром из изолированных материалов на изолированных стойках. Ширина прохода в свету от преобразователя до изолированных от земли ограждений, стен и других предметов должна быть не менее 1 м.

2. На неизолированном полу. При этом преобразователи должны иметь сплошные или сетчатые индивидуальные ограждения высотой не менее 1,9 м. Двери ограждения должны иметь блокировку, аналогичную указанной в 4.3.20 блокировке дверей шкафов, или запираются на замок. В последнем случае над дверями ограждения или на стене должна быть выполнена сигнализация об отключении преобразователя как со стороны переменного, так и со стороны выпрямленного напряжения.

Измерительные приборы, установленные на корпусе преобразователя, должны быть расположены и смонтированы таким образом, чтобы персонал мог следить за показаниями приборов, не заходя за ограждение преобразователя.

4.3.23. Несколько открытых преобразователей, относящихся к одному преобразовательному агрегату, допускается ограждать одним общим ограждением.

4.3.24. При установке открытых преобразователей до 1 кВ на неизолированном полу в электропомещениях расстояния по горизонтали должны быть не менее:

1) от частей преобразователя, находящихся под напряжением, до заземленных ограждений, стен и т. п. со стороны, где не требуется обслуживание преобразователей, 50 мм;

2) от частей одного преобразователя, находящихся под напряжением, до заземленных частей другого преобразователя, заземленных ограждений, стен и т. п. со стороны обслуживания 1,5 м;

3) между заземленными частями разных преобразователей, а также от заземленных частей преобразователя до заземленных ограждений, стен и т. п. со стороны обслуживания 0,8 м;

4) между частями, находящимися под напряжением, разных преобразователей со стороны обслуживания 2,0 м.



Расстояния, указанные в п. 2-4, установлены из условия обеспечения захода обслуживающего персонала внутрь ограждений без снятия напряжения с преобразователей.

При установке открытых преобразователей выше 1 кВ в электропомещениях расстояния по горизонтали должны быть не менее:

от частей преобразователя, находящихся под напряжением, до ограждений, стен и т. п. со стороны, где не требуется обслуживание преобразователей: при напряжении 3 кВ - 165 мм, 6 кВ - 190 мм, 10 кВ - 220 мм;

между заземленными частями разных преобразователей, а также от заземленных частей преобразователя до ограждений, стен и т. п. со стороны обслуживания - 0,8 м; это расстояние установлено из условия обеспечения обслуживания преобразователя при отсутствии напряжения.

4.3.25. В установках, в которых преобразовательный агрегат состоит из двух или более преобразователей и, кроме того, требуется работа части преобразователей при отсутствии напряжения на остальных, электрические соединения отдельных элементов должны быть выполнены так, чтобы имелась возможность отключения каждого преобразователя со стороны переменного и со стороны выпрямленного напряжений.

4.3.26. При установке шкафов с электрооборудованием преобразовательных агрегатов в один ряд ширина прохода со стороны дверей или съемных стенок должна быть не менее 1 м; при открытой на 90° двери шкафа допускается сужение прохода до 0,6 м.

При двухрядном расположении шкафов ширина прохода обслуживания между шкафами должна быть не менее 1,2 м; при открытых на 90° дверях двух шкафов, расположенных один против другого, между дверями должен оставаться проход шириной не менее 0,6 м.

При установке электрооборудования в шкафах на выдвижных тележках ширина проходов должна быть не менее:

при однорядном размещении шкафов - длины тележки плюс 0,6 м;

при двухрядном размещении - длины тележки плюс 0,8 м.

Во всех случаях ширина проходов должна быть не менее размера тележки по диагонали.

4.3.27. Аноды преобразователей и их охладители должны быть окрашены в яркий цвет, отличный от цвета остальных частей преобразователя.

4.3.28. На корпусе преобразователя должны быть нанесены предупреждающие знаки с указанием напряжения преобразователя при холостом ходе.

4.3.29. В установках с полупроводниковыми преобразователями изоляция цепей, связанных с вентильными обмотками преобразовательных трансформаторов, цепей управления и "сеточной" защиты, а также цепей, которые могут оказаться под потенциалом вентильных обмоток при пробое изоляции, должна выдерживать в течение 1 мин следующее испытательное напряжение переменного тока частотой 50 Гц:

Номинальное напряжение цепей, В	До 60	220	500	Выше 500
Испытательное напряжение, кВ	1	1,5	2	2,5 $U_{d0} + 1$ , но не менее 3

$U_{d0}$  - выпрямленное напряжение холостого хода.

За номинальное напряжение изоляции принимается наибольшее из номинальных напряжений (действующее значение), воздействующих на изоляцию в проверяемой цепи.

4.3.30. Первичные цепи выпрямленного тока должны иметь изоляцию, соответствующую их рабочему напряжению.

## ОХЛАЖДЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

4.3.31. Для обеспечения температурного режима преобразователей, требуемого заводом-изготовителем, должны быть предусмотрены устройства для их охлаждения. Способы охлаждения, температура охлаждающей воды или воздуха и их расход задаются заводом-изготовителем.

4.3.32. При воздушном охлаждении преобразователей содержание пыли в воздухе не должно превышать  $0,7 \text{ мг/м}^3$ . При большей концентрации пыли должна быть предусмотрена очистка воздуха.

4.3.33. При воздушном охлаждении преобразователей воздуховод каждого преобразователя должен иметь заслонку (шибер), обеспечивающую прекращение подачи воздуха к преобразователю вне зависимости от подачи воздуха к другим преобразователям.

4.3.34. При охлаждении преобразователей водой, как правило, следует применять замкнутую циркуляционную систему.

Вода по своим химическим и физическим свойствам (химический состав, электропроводность, жесткость, содержание механических примесей) должна соответствовать требованиям завода-изготовителя.

4.3.35. При охлаждении преобразователей водой по проточной и по циркуляционной системам трубопроводы, подводящие и отводящие охлаждающую воду, должны быть изолированы от охлаждающей системы, имеющей потенциал преобразователя.

Изоляция должна быть выполнена в виде изоляционных труб или шлангов между преобразователем и теплообменником (при циркуляционной системе) или между преобразователем и водопроводом (при проточной системе). Длина изоляционных труб и шлангов должна быть не менее задаваемой заводом-изготовителем преобразователей. При проточной системе охлаждения изоляцию между преобразователем и сточной трубой допускается осуществлять посредством струи воды, свободно падающей в приемную воронку.

4.3.36. При применении в качестве охлаждающей жидкости антикоррозионных растворов, имеющих высокую проводимость, оборудование охлаждающей установки (теплообменник, насос, подогреватели), имеющее в этом случае потенциал корпуса преобразователя, должно быть установлено на изоляторах, а трубопроводы между охлаждающей установкой и преобразователем в случае доступности их для прикосновения при работающем преобразователе должны выполняться из изоляционных труб или шлангов. Охлаждающую воду следует подавать в теплообменник через изоляционную вставку (шланг или трубу). Если охлаждающая установка находится вне ограждения преобразователя, она должна иметь сетчатое или сплошное ограждение, отвечающее требованиям 4.3.22, п. 2, при этом блокировка дверей

ограждения должна обеспечивать отключение насоса и подогревателя теплообменника при открывании дверей.

4.3.37. Вентили для регулирования количества охлаждающей воды должны быть установлены в безопасном и удобном для обслуживания месте. В зависимости от места нахождения они должны быть изолированы от земли или заземлены.

4.3.38. Степень резервирования обеспечения преобразовательной подстанции (установки) водой должна соответствовать степени резервирования питания ее электроэнергией.

4.3.39. Для контроля за работой охлаждающих устройств должно быть установлено достаточное количество контрольно-измерительных приборов и аппаратуры (термометры, манометры, реле давления и протекания, расходомеры и т. п.).

## **ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ И ВОДОСНАБЖЕНИЕ**

4.3.40. В помещениях преобразовательных подстанций и установок должно быть предусмотрено отопление.

4.3.41. В холодное время при неработающем оборудовании отопление должно обеспечивать температуру не ниже: в помещении преобразовательных агрегатов +16 °С, в помещениях теплообменников +10 °С. Во всех остальных помещениях должна быть обеспечена температура, указанная в санитарных нормах.

4.3.42. В летний период температура воздуха в рабочей зоне помещений преобразовательных подстанций и установок не должна превышать температуру наружного воздуха более чем на 5 °С, при этом наибольшая температура должна быть не выше +40 °С.

4.3.43. В помещениях подстанции (установки) должны быть приняты меры для удаления избыточной теплоты, выделяемой преобразовательными агрегатами, аппаратурой, резисторами и другим оборудованием при работе установки.

4.3.44. В устройстве общеобменной вентиляции, используемой для удаления избыточной теплоты из помещений, должна быть предусмотрена очистка воздуха от пыли.

4.3.45. Рекомендуется предусматривать отдельные системы вентиляции для первого этажа, подвала и других изолированных помещений. Допускается устройство общей системы вентиляции при наличии управляемых заслонок (шиберов), позволяющих прекратить подачу воздуха в отдельные помещения в случае пожара.

4.3.46. Преобразовательные подстанции и установки должны быть обеспечены водой исходя из потребности для охлаждения преобразовательных агрегатов и для санитарно-технических устройств.

4.3.47. Водопровод должен быть оборудован сетчатыми фильтрами, исключающими попадание крупных включений в систему охлаждения преобразователей.

## **СТРОИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

4.3.48. Здания преобразовательных подстанций и помещения преобразовательных установок следует относить к производствам категории Г по СНиП.

4.3.49. Стены помещений преобразователей должны быть оштукатурены и окрашены до потолка светлой масляной краской, а потолки - побелены. Окраска и отделка остальных помещений производятся в соответствии с их назначением.

4.3.50. Полы помещений преобразователей должны иметь покрытие, не допускающее образования пыли (например, цемент с мраморной крошкой, метлахская плитка).

4.3.51. В перекрытиях и стенах помещений следует предусматривать монтажные люки или проемы для транспортировки тяжелого и громоздкого оборудования. Люки должны быть расположены в зоне действия грузоподъемного устройства. Перекрытие люка должно иметь ту же степень огнестойкости, что и перекрытие помещения, в котором люк расположен.

4.3.52. Подвал помещений должен иметь гидроизоляцию и дренажное устройство.

4.3.53. Кабельные туннели, входящие в здания преобразовательных подстанций или помещения преобразовательных установок, в месте их примыкания к зданиям (помещениям) должны быть отделены от них перегородками, имеющими предел огнестойкости 0,75 ч, и дверями, имеющими предел огнестойкости не менее 0,6 ч. Двери должны открываться в сторону помещения подстанции (установки) и иметь самозапирающийся замок, отпираемый без ключа со стороны туннеля.

## **Глава 4.4 АККУМУЛЯТОРНЫЕ УСТАНОВКИ**

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

4.4.1. Настоящая глава Правил распространяется на стационарные установки кислотных аккумуляторных батарей.

Правила не распространяются на установки аккумуляторных батарей специального назначения.

4.4.2. Помещения аккумуляторных батарей, в которых производится заряд аккумуляторов при напряжении более 2,3 В на элемент, относятся к взрывоопасным класса В-Ia (см/ также 4.4.29 и 4.4.30).

Помещения аккумуляторных батарей, работающих в режиме постоянного подзаряда и заряда с напряжением до 2,3 В на элемент, являются взрывоопасными только в периоды формовки батарей и заряда после их ремонта с напряжением более 2,3 В на элемент. В условиях нормальной эксплуатации с напряжением до 2,3 В на элемент эти помещения не являются взрывоопасными.

### **ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

4.4.3. Выбор электронагревательных устройств, светильников, электродвигателей вентиляции и электропроводок для основных и вспомогательных помещений

аккумуляторных батарей, а также установка и монтаж указанного электрооборудования должны производиться в соответствии с требованиями, приведенными в гл. 7.3.

4.4.4. Зарядное устройство должно иметь мощность и напряжение, достаточные для заряда аккумуляторной батареи на 90% номинальной емкости в течение не более 8 ч при предшествующем 30-минутном разряде.

4.4.5. Аккумуляторная установка должна быть оборудована вольтметром с переключателем и амперметрами в цепях зарядного, подзарядного устройств и аккумуляторной батареи.

4.4.6. Для зарядных и подзарядных двигателей-генераторов должны предусматриваться устройства для их отключения при появлении обратного тока.

4.4.7. В цепи аккумуляторной батареи, как правило, должен устанавливаться автоматический выключатель, селективный по отношению к защитным аппаратам сети.

4.4.8. Подзарядное устройство должно обеспечивать стабилизацию напряжения на шинах батареи в пределах  $\pm 2\%$ .

4.4.9. Аккумуляторные установки, в которых применяется режим заряда батарей с напряжением не более 2,3 В на элемент, должны иметь устройство, не допускающее самопроизвольного повышения напряжения до уровня выше 2,3 В на элемент.

4.4.10. Выпрямительные установки, применяемые для заряда и подзаряда аккумуляторных батарей, должны присоединяться со стороны переменного тока через разделительный трансформатор.

4.4.11. Шины постоянного тока должны быть снабжены устройством для постоянного контроля изоляции, позволяющим оценивать значение сопротивления изоляции и действующим на сигнал при снижении сопротивления изоляции одного из полюсов до 20 кОм в сети 220 В, 10 кОм в сети 110 В, 5 кОм в сети 48 В и 3 кОм в сети 24 В.

4.4.12. Для аккумуляторной батареи следует предусматривать блокировку, не допускающую проведения заряда батареи с напряжением более 2,3 В на элемент при отключенной вентиляции.

4.4.13. В помещении аккумуляторной батареи один светильник должен быть присоединен к сети аварийного освещения.

4.4.14. Аккумуляторы должны устанавливаться на стеллажах или на полках шкафа. Расстояния по вертикали между стеллажами или полками шкафа должны обеспечивать удобное обслуживание аккумуляторной батареи. Аккумуляторы могут устанавливаться в один ряд при одностороннем их обслуживании или в два ряда при двустороннем.

В случае применения сдвоенных стеклянных сосудов они рассматриваются как один аккумулятор.

4.4.15. Стеллажи для установки аккумуляторов должны быть выполнены, испытаны и маркированы в соответствии с требованиями ГОСТ или технических условий; они должны быть защищены от воздействия электролита стойким покрытием.

4.4.16. Аккумуляторы должны быть изолированы от стеллажей, а стеллажи - от земли посредством изолирующих подкладок, стойких против воздействия электролита и его паров. Стеллажи для аккумуляторных батарей напряжением не выше 48 В могут устанавливаться без изолирующих подкладок.

4.4.17. Проходы для обслуживания аккумуляторных батарей должны быть шириной в свету между аккумуляторами не менее 1 м при двустороннем расположении аккумуляторов и 0,8 м при одностороннем. Размещение аккумуляторных батарей должно

производиться с соблюдением требований ГОСТ на стеллажи для стационарных установок электрических аккумуляторов.

4.4.18. Расстояние от аккумуляторов до отопительных приборов должно быть не менее 750 мм. Это расстояние может быть уменьшено при условии установки тепловых экранов из негорючих материалов, исключающих местный нагрев аккумуляторов.

4.4.19. Расстояния между токоведущими частями аккумуляторов должны быть не менее 0,8 м при напряжении выше 65 В до 250 В в период нормальной работы (не заряда) и 1 м - при напряжении выше 250 В.

При установке аккумуляторов в два ряда без прохода между рядами напряжение между токоведущими частями соседних аккумуляторов разных рядов не должно превышать 65 В в период нормальной работы (не заряда).

Электрооборудование, а также места соединения шин и кабелей должны быть расположены на расстоянии не менее 1 м от негерметичных аккумуляторов и не менее 0,3 м ниже самой низкой точки потолка.

4.4.20. Ошиновка аккумуляторных батарей должна выполняться медными или алюминиевыми неизолированными шинами или одножильными кабелями с кислотостойкой изоляцией.

Соединения и ответвления медных шин и кабелей должны выполняться сваркой или пайкой, алюминиевых - только сваркой. Соединение шин с проходными стержнями выводной плиты должно выполняться сваркой.

Места присоединения шин и кабелей к аккумуляторам должны обслуживаться.

Электрические соединения от выводной плиты из помещения аккумуляторной батареи до коммутационных аппаратов и распределительного щита постоянного тока должны выполняться одножильными кабелями или неизолированными шинами.

4.4.21. Неизолированные проводники должны быть дважды окрашены кислотостойкой, не содержащей спирта краской по всей длине, за исключением мест соединения шин, присоединения к аккумуляторам и других соединений. Неокрашенные места должны быть смазаны техническим вазелином.

4.4.22. Расстояние между соседними неизолированными шинами определяется расчетом на динамическую стойкость. Указанное расстояние, а также расстояние от шин до частей здания и других заземленных частей должно быть в свету не менее 50 мм.

4.4.23. Шины должны прокладываться на изоляторах и закрепляться на них шинодержателями.

Пролет между опорными точками шин определяется расчетом на динамическую стойкость (с учетом 4.4.22), но должен быть не более 2 м. Изоляторы, их арматура, детали для крепления шин и поддерживающие конструкции должны быть электрически и механически стойкими против длительного воздействия паров электролита. Заземление поддерживающих конструкций не требуется.

4.4.24. Выводная плита из помещения аккумуляторной батареи должна быть стойкой против воздействия паров электролита. Рекомендуется применять плиты из пропитанного парафином асбоцемента, эбонита и т. п. Применение для плит мрамора, а также фанеры и других материалов слоистой структуры не допускается.

При установке плит в перекрытии плоскость плиты должна возвышаться над ним не менее чем на 100 мм.

4.4.25. При выборе и расчете аккумуляторной батареи следует учитывать уменьшение ее емкости при температуре в помещении аккумуляторной батареи ниже +15 °С.

## СТРОИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

4.4.26. Стационарные аккумуляторные батареи должны устанавливаться в специально предназначенных для них помещениях. Допускается установка в одном помещении нескольких кислотных батарей.

4.4.27. Помещения аккумуляторных батарей относятся к производствам категории Е и должны размещаться в зданиях не ниже II степени огнестойкости по противопожарным требованиям СНиП 21-01-97 Госстроя России.

Двери и оконные рамы могут быть деревянными.

4.4.28. Аккумуляторные батареи рекомендуется устанавливать в помещениях с естественным освещением; для окон необходимо применять матовое или покрытое белой клеевой краской стекло.

Помещения аккумуляторных батарей допускается выполнять без естественного освещения; допускается также размещение их в сухих подвальных помещениях. В этих случаях не требуется применения легкосбрасываемых панелей.

4.4.29. Переносные аккумуляторы закрытого типа (например, стартерные), применяемые для питания стационарных электроустановок, а также открытые аккумуляторные батареи до 60 В общей емкостью не более 72 А·ч могут устанавливаться как в отдельном помещении с вентиляцией, имеющей естественное побуждение, так и в общем производственном невзрыво- и непожароопасном помещении, в вентилируемых металлических шкафах с удалением воздуха вне помещения. Переносные аккумуляторы закрытого типа, работающие в режиме разряда или постоянного подзаряда, заряд которых производится вне места их установки, могут быть установлены и в металлических шкафах с жалюзи без удаления воздуха вне помещения.

При соблюдении указанных условий класс помещений в отношении взрыво- и пожароопасности не изменяется.

4.4.30. Герметичные стационарные аккумуляторы, заряд которых производится при напряжении не выше 2,3 В на элемент, могут устанавливаться в общем производственном невзрыво- и непожароопасном помещении при условии установки над ними вентиляционного зонта. При этом класс помещений в отношении взрыво- и пожароопасности не изменяется.

4.4.31. Помещение аккумуляторной батареи должно быть:

расположено возможно ближе к зарядным устройствам и распределительному щиту постоянного тока;

изолировано от попаданий в него пыли, испарений и газа, а также от проникновения воды через перекрытие;

легко доступно для обслуживающего персонала.

Кроме того, помещение аккумуляторной батареи не следует размещать вблизи источников вибрации и тряски.

4.4.32. Вход в помещение аккумуляторной батареи должен осуществляться через тамбур. Устройство входа из бытовых помещений не допускается.

Тамбур должен иметь такие размеры, чтобы дверь из помещения аккумуляторной батареи в тамбур можно было открывать и закрывать при закрытой двери из тамбура в смежное помещение; площадь тамбура должна быть не менее  $1,5\text{ м}^2$ . Двери тамбура должны открываться наружу и должны быть снабжены самозапирающимися замками, допускающими открывание их без ключа с внутренней стороны.

На дверях должны быть надписи: "Аккумуляторная", "Огнеопасно", "С огнем не входить", "Курение запрещается".

4.4.33. При помещениях аккумуляторных батарей должна быть отдельная комната для хранения кислоты, сепараторов, принадлежностей и для приготовления электролита площадью не менее  $4\text{ м}^2$ .

4.4.34. Потолки помещений аккумуляторных батарей должны быть, как правило, горизонтальными и гладкими. Допускаются потолки с выступающими конструкциями или наклонные при условии выполнения требований 4.4.43.

4.4.35. Полы помещений аккумуляторных батарей должны быть строго горизонтальными, на бетонном основании с кислотостойким покрытием (керамические кислотостойкие плитки с заполнением швов кислотостойким материалом или асфальт).

При установке стеллажей на асфальтовом покрытии должны быть применены опорные площадки из прочного кислотостойкого материала. Установка стеллажей непосредственно на асфальтовое покрытие не допускается.

Внутри помещений аккумуляторной батареи и кислотной, а также у дверей этих помещений должен быть устроен плинтус из кислотостойкого материала.

4.4.36. Стены, потолки, двери и оконные рамы, вентиляционные короба (с наружной и внутренней сторон), металлические конструкции и другие части помещений аккумуляторных батарей должны окрашиваться кислотостойкой краской.

4.4.37. При размещении аккумуляторов в вытяжных шкафах внутренняя поверхность шкафов должна быть окрашена кислотостойкой краской.

4.4.38. В помещениях аккумуляторных батарей с номинальным напряжением более 250 В в проходах для обслуживания должны устанавливаться деревянные решетки, изолирующие персонал от пола.

4.4.39. При применении инвентарных вентиляционных устройств должны быть предусмотрены места для их установки и выводы к ним коробов приточно-вытяжной вентиляции помещения аккумуляторной батареи.

## **САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

4.4.40. Помещения аккумуляторных батарей, в которых производится заряд аккумуляторов при напряжении более 2,3 В на элемент, должны быть оборудованы стационарной принудительной приточно-вытяжной вентиляцией.

Для помещений аккумуляторных батарей, работающих в режиме постоянного подзаряда и заряда при напряжении до 2,3 В на элемент, должно быть предусмотрено применение стационарных или инвентарных устройств принудительной приточно-вытяжной вентиляции на период формовки батарей и контрольных перезарядов.



Требуемый объем свежего воздуха  $V$ , м<sup>3</sup>/ч, определяется по формуле

$$V = 0,07I_{\text{зар}} n,$$

где  $I_{\text{зар}}$  - наибольший зарядный ток, А;  $n$  - количество элементов аккумуляторной батареи; при этом концентрация серной кислоты в воздухе помещения аккумуляторной батареи должна быть не более указанной в СНиП 2.04.05-91\* (изд. 1994 г.) Госстроя России.

Кроме того, для вентиляции помещений аккумуляторных батарей должна быть выполнена естественная вытяжная вентиляция, которая обеспечивает не менее чем однократный обмен воздуха в час. В тех случаях, когда естественная вентиляция не может обеспечить требуемую кратность обмена воздуха, должна применяться принудительная вытяжная вентиляция.

4.4.41. Вентиляционная система помещений аккумуляторной батареи должна обслуживать только аккумуляторные батареи и кислотную. Выброс газов должен производиться через шахту, возвышающуюся над крышей здания не менее чем на 1,5 м. Шахта должна быть защищена от попадания в нее атмосферных осадков. Включение вентиляции в дымоходы или в общую систему вентиляции здания запрещается.

4.4.42. При устройстве принудительной вытяжной вентиляции вентилятор должен иметь взрывобезопасное исполнение.

4.4.43. Отсос газов должен производиться как из верхней, так и из нижней части помещения со стороны, противоположной притоку свежего воздуха.

Если потолок имеет выступающие конструкции или наклон, то должна быть предусмотрена вытяжка воздуха соответственно из каждого отсека или из верхней части пространства под потолком.

Расстояние от верхней кромки верхних вентиляционных отверстий до потолка должно быть не более 100 мм, а от нижней кромки нижних вентиляционных отверстий до пола - не более 300 мм.

Поток воздуха из вентиляционных каналов не должен быть направлен непосредственно на поверхность электролита аккумуляторов.

Металлические вентиляционные короба не должны располагаться над открытыми аккумуляторами.

Применение инвентарных вентиляционных коробов в помещениях аккумуляторных батарей не допускается.

Скорость воздуха в помещениях аккумуляторных батарей и кислотных при работе вентиляционных устройств должна соответствовать требованиям СНиП 2.04.05-91\* (изд. 1994 г.).

4.4.44. Температура в помещениях аккумуляторных батарей в холодное время на уровне расположения аккумуляторов должна быть не ниже +10 °С.

На подстанциях без постоянного дежурства персонала, если аккумуляторная батарея выбрана из расчета работы только на включение и отключение выключателей, допускается принимать указанную температуру не ниже 0 °С.

4.4.45. Отопление помещения аккумуляторной батареи рекомендуется осуществлять при помощи калориферного устройства, располагаемого вне этого помещения и

подающего теплый воздух через вентиляционный канал. При применении электроподогрева должны быть приняты меры против заноса искр через канал.

При устройстве парового или водяного отопления оно должно выполняться в пределах помещения аккумуляторной батареи гладкими трубами, соединенными сваркой. Фланцевые соединения и установка вентилей запрещаются.

4.4.46. На электростанциях, а также на подстанциях, оборудованных водопроводом, вблизи помещения аккумуляторной батареи должны быть установлены водопроводный кран и раковина. Над раковиной должна быть надпись: "Кислоту и электролит не сливать".

## **РАЗДЕЛ 5. ЭЛЕКТРОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ**

### **ГЛАВА 5.1. ЭЛЕКТРОМАШИННЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ**

#### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

5.1.1. Настоящая глава Правил распространяется на устройство электромашинных помещений и установку в них электрооборудования. Если мощность наибольшей установленной в них машины или преобразователя менее 500 кВт, выполнение требований 5.1.8-5.1.10, 5.1.12, 5.1.13, 5.1.20, 5.1.33 и 5.1.34 является необязательным.

5.1.2. Электромашинными помещениями (ЭМП) называются помещения, в которых совместно могут быть установлены электрические генераторы, вращающиеся или статические преобразователи, электродвигатели, трансформаторы, распределительные устройства, щиты и пульты управления, а также относящиеся к ним вспомогательное оборудование и обслуживание которых производится персоналом, отвечающим требованиям гл. 1.1.

5.1.3. Установка электрооборудования, рассматриваемого в данной главе, должна соответствовать требованиям соответствующих других глав Правил в той мере, в какой они не изменены настоящей главой.

Установка электрооборудования выше 1 кВ в части, не оговоренной в настоящей главе, должна соответствовать требованиям гл. 4.2, предъявляемым к внутрицеховым подстанциям.

#### **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

5.1.4. Электромашинные помещения следует относить к помещениям с производством категории Г по СНиП Госстроя России.

5.1.5. Электромашинные помещения должны быть оборудованы телефонной связью и пожарной сигнализацией, а также другими видами сигнализации, которые требуются по условиям работы.

5.1.6. В ЭМП допускается размещать редукторы и шестеренные клетки механизмов, связанных с электродвигателями, которые установлены в данном ЭМП.

5.1.7. Вращающиеся части установленного в ЭМП оборудования, расположенные на доступной высоте, должны быть ограждены от случайных прикосновений в соответствии с действующими требованиями безопасности.

5.1.8. В ЭМП должны быть предусмотрены сети питания сварочных трансформаторов, переносных светильников и электроинструмента, а также машин для уборки помещений. Для питания переносных светильников должно применяться напряжение не выше 42 В.

5.1.9. Электромашинные помещения должны быть оборудованы устройствами для продувки электрооборудования сухим, чистым, сжатым воздухом давлением не более 0,2 МПа от передвижного компрессора или от сети сжатого воздуха с фильтрами и осушителями. Электромашинные помещения должны быть также оборудованы промышленным передвижным пылесосом для сбора пыли.

5.1.10. Для транспортировки и монтажа, разборки и сборки электрических машин, преобразователей и других работ должны быть, как правило, предусмотрены инвентарные (стационарные или передвижные) подъемные и транспортные устройства.

## РАЗМЕЩЕНИЕ И УСТАНОВКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

5.1.11. Компоновка ЭМП на всех отметках должна допускать удобную транспортировку и монтаж оборудования. В подвале ЭМП при его длине более 100 м должны быть предусмотрены проезды для электрокар или транспортные тележек.

Расстояние в свету между транспортируемыми элементами оборудования и элементами здания или оборудования должно быть не менее 0,3 м по вертикали и 0,5 м по горизонтали.

5.1.12. Ширина проходов между фундаментами или корпусами машин, между машинами и частями здания или оборудования должна быть не менее 1 м в свету; допускаются местные сужения проходов между выступающими частями машин и строительными конструкциями до 0,6 м на длине не более 0,5 м.

5.1.13. Расстояние в свету между корпусом машины и стеной здания или между корпусами, а также между торцами рядом стоящих машин при наличии прохода с другой стороны машин должно быть не менее 0,3 м при высоте машин до 1 м от уровня пола и не менее 0,6 м при высоте машин более 1 м.

Ширина прохода обслуживания между машинами и фасадом (лицевой стороной обслуживания) пульта управления или щита управления должна быть не менее 2 м. При установке щитов в шкафу это расстояние выбирается от машины до закрытой двери или стенки шкафа.

Указанные требования не относятся к постам местного управления приводами.

Ширина прохода между корпусом машины и торцом пульта управления или щита управления должна быть не менее 1 м.

5.1.14. Ширина прохода обслуживания в свету между рядом шкафов с электрооборудованием напряжением до 1 кВ и частями здания или оборудования должна быть не менее 1 м, а при открытой двери шкафа - не менее 0,6 м; при двухрядном расположении шкафов ширина прохода в свету между ними должна быть не менее 1,2 м, а между открытыми противоположными дверцами - не менее 0,6 м.

Допускается установка машин мощностью до 10 кВт и малогабаритного оборудования в проходах обслуживания за распределительными щитами, стеллажами, пультами и другими подобными элементами РУ до 1 кВ за счет местного сужения проходов в свету до значения не менее 0,6 м, при этом расстояние от корпуса машины или аппарата до токоведущих частей щита должно быть не менее указанного в 4.1.21, и. 2.

Размеры проходов обслуживания для РУ, щитов и другого оборудования должны удовлетворять требованиям, приведенным в 4.1.21-4.1.23 и 4.2.86.

В подвальном этаже ЭМП следует предусматривать выполнение кабельного этажа или кабельного туннеля при открытой прокладке более 350 силовых и контрольных кабелей или более 150 силовых кабелей в наиболее загруженном кабелями сечении подвала.

Ширина проходов в кабельных сооружениях должна приниматься в соответствии с 2.3.123 и 2.3.125. Ряды кабельных конструкций с кабелями в этих сооружениях не должны образовывать тупиков длиной более 7 м. Во избежание образования тупиков допускается устройство прохода под кабелями высотой в свету не менее 1,5 м от пола. Над таким проходом допускается

уменьшенное расстояние между полками, обеспечивающее возможность демонтажа кабелей, но не менее 100 мм.

5.1.15. Непосредственно в ЭМП допускается открыто устанавливать:

1. Маслонаполненные пусковые и пускорегулирующие устройства для электрических машин до и выше 1 кВ (автотрансформаторы, реакторы, реостаты и т. п.) при массе масла до 600 кг.

2. Трансформаторы мощностью до 1,6 МВ·А, автотрансформаторы, измерительные трансформаторы и другие аппараты с массой масла до 2 т, которые имеют повышенную прочность баков и уплотнения, исключающие течь масла, а также (для трансформаторов и автотрансформаторов) газовую защиту или реле давления, работающие на сигнал.

Допускается совместная установка группы, состоящей не более чем из двух указанных трансформаторов (аппаратов), при расстоянии между отдельными группами не менее 10 м в свету.

3. Трансформаторы сухие или наполненные негорючими жидкостями без ограничения мощности и количества.

4. Металлические КРУ, подстанции до 1 кВ и выше, батареи конденсаторов или отдельные конденсаторы.

5. Аккумуляторные батареи закрытого типа при условии устройства вытяжного приспособления или зарядки в специальных помещениях или шкафах.

6. Полупроводниковые преобразователи.

7. Щиты управления, защиты, измерения, сигнализации, а также щиты блоков и станций управления с установленными на них аппаратами, имеющими на лицевой или задней стороне открытые токоведущие части.

8. Неизолированные токопроводы до 1 кВ и выше.

9. Оборудование охлаждения электрических машин.

5.1.16. При расположении в ЭМП маслонаполненного электрооборудования в закрытых камерах с выкаткой внутрь ЭМП масса масла в оборудовании, установленном в одной камере или в группе смежных камер, должна быть не более 6,5 т, а расстояние в свету между двумя камерами или группами камер - не менее 50 м.

Если это расстояние не может быть выдержано или если масса масла в одной камере или в группе смежных камер более 6,5 т, то маслонаполненное электрооборудование должно размещаться в камерах с выкаткой наружу или в коридор, специально предназначенный для этой цели, либо в производственное помещение с производством категорий Г или Д по СНиП Госстроя России.

5.1.17. Отметка верхней поверхности фундаментных плит вращающихся машин, не связанных с механическим оборудованием (преобразовательные, возбудительные, зарядные агрегаты и т. д.), должна быть выше отметки чистого пола не менее чем на 50 мм. Отметка верхней поверхности фундаментных плит вращающихся машин, связанных с механическим оборудованием, определяется требованиями, предъявляемыми к его установке.

5.1.18. Сквозной проход через ЭМП трубопроводов, содержащих взрывоопасные газы, горючие или легковоспламеняющиеся жидкости, не допускается. В ЭМП разрешается прокладывать только трубопроводы, непосредственно относящиеся к установленному в них оборудованию. Холодные трубопроводы должны иметь защиту от отпотевания. Горячие трубопроводы должны иметь тепловую несгораемую изоляцию в тех местах, где это необходимо для защиты персонала или оборудования. Трубопроводы должны иметь отличительную окраску.

5.1.19. В случаях, когда верхняя отметка фундаментной плиты машины находится выше или ниже отметки пола ЭМП более чем на 400 мм, вокруг машины должна быть предусмотрена несгораемая площадка шириной не менее 600 мм с поручнями и лестницами. Площадки обслуживания, расположенные на высоте до 2 м над уровнем пола, должны ограждаться перилами, а на высоте более 2 м - перилами и бортовыми барьерами. Для входа на площадки должны предусматриваться ступеньки.

5.1.20. При наличии на предприятии железнодорожной сети, связанной с железной дорогой общего пользования, и при доставке тяжеловесного оборудования по железной дороге рекомендуется предусматривать железнодорожную ветку нормальной колеи с тупиковым заходом в ЭМП. Длина тупикового захода должна обеспечивать возможность снятия оборудования с открытой платформы при помощи грузоподъемных устройств ЭМП.

Если доставка оборудования производится автотранспортом, рекомендуется предусматривать возможность заезда автотранспорта в ЭМП, в зону действия грузоподъемных устройств.

5.1.21. Электрические машины должны быть установлены таким образом, чтобы их работа не вызвала шума и вибрации самой машины, фундамента или частей здания выше допустимых пределов.

5.1.22. Для производства монтажных и ремонтных работ в ЭМП должны быть предусмотрены специальные площадки (монтажные площадки) или использованы свободные площадки между оборудованием, рассчитанные на наиболее тяжелую, практически возможную нагрузку от оборудования и расположенные в зоне действия грузоподъемных устройств ЭМП. Внешние контуры пола монтажной площадки должны быть обозначены краской или метлахской плиткой, отличающимися по цвету от других частей пола.

Участки ЭМП, по которым транспортируется оборудование, должны быть рассчитаны на нагрузку транспортируемого оборудования. Контуры этих участков следует обозначить краской или плиткой.

Размеры монтажных площадок определяются по габариту наибольшей детали (в упаковке), для размещения которой они предназначены, с запасом в 1 м на сторону. Места установки стоек для размещения якорей крупных электрических машин на монтажных площадках должны быть рассчитаны на нагрузку от веса этих якорей и стоек и иметь отличительную окраску. На монтажных площадках должны быть нанесены надписи с указанием значения наибольшей допустимой нагрузки.

5.1.23. Электрические светильники в ЭМП не следует располагать над открытыми шинами РУ и открытыми токопроводами. Электрические светильники, обслуживаемые с пола, не следует располагать над вращающимися машинами.

## **СМАЗКА ПОДШИПНИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

5.1.24. Системы циркуляционной смазки электрических машин и технологических механизмов рекомендуется объединять при условии, если применяемый сорт масла пригоден для тех и других и если технологические механизмы не являются источником засорения масла металлической пылью, водой или другими вредными примесями.

5.1.25. Оборудование централизованных систем смазки, в том числе предназначенной только для электрических машин, следует устанавливать вне ЭМП.

5.1.26. Система смазки электрических машин мощностью более 1 МВт должна быть снабжена указателями уровня масла и приборами контроля температуры масла и подшипников, а при наличии циркуляционной смазки, кроме того, приборами контроля протекания масла.

5.1.27. Трубопроводы масла и воды могут прокладываться к подшипникам открыто или в каналах со съёмными покрытиями из несгораемых материалов. В необходимых случаях допускается также скрытая прокладка трубопроводов в земле или бетоне.

Соединение труб с арматурой допускается фланцами.

Диафрагмы и вентили должны устанавливаться непосредственно у мест подвода смазки к подшипникам электрических машин.

Трубы, подводящие масло к подшипникам, электрически изолированным от фундаментной плиты, должны быть электрически изолированы от подшипников и других деталей машины. Каждая труба должна иметь не менее двух изоляционных промежутков или изолирующую вставку длиной не менее 0,1 м.

5.1.28. В необходимых случаях ЭМП должны быть оборудованы резервуарами и системой трубопроводов для спуска грязного масла из маслonaполненного электрооборудования. Спуск масла в канализацию запрещается.

## **ВЕНТИЛЯЦИЯ И ОТОПЛЕНИЕ**

5.1.29. Для ЭМП должны быть предусмотрены меры по удалению избыточной теплоты, выделяемой электрическими машинами, резисторами и аппаратурой.

Температура воздуха в ЭМП, в которых работают люди, должна соответствовать санитарным нормам.

Температура воздуха для охлаждения работающих электрических машин не должна превышать плюс 40°C. Воздух для охлаждения электрических машин должен быть очищен от пыли. Воздух, поступающий в остановленные электрические машины, должен иметь температуру не менее плюс 5°C.

Для машин с разомкнутым циклом вентиляции должны быть предусмотрены на подводящих и отводящих воздухопроводах жалюзи, закрываемые для предотвращения всасывания окружающего воздуха в остановленную машину.

Электромашинные помещения должны быть оборудованы приборами контроля температуры.

5.1.30. Помещения открытой аккумуляторной батареи и конденсаторной установки, расположенные внутри ЭМП, должны иметь отдельные системы вентиляции согласно требованиям, приведенным соответственно в гл. 4.4 и 5.6.

5.1.31. В местностях с загрязненным воздухом здания ЭМП следует выполнять таким образом, чтобы обеспечивалась возможность попадания в них только очищенного воздуха. Для этого двери, ворота и другие проемы должны иметь уплотнения. Эти здания рекомендуется выполнять без окон и фонарей или с пыленепроницаемыми световыми проемами, например с заполнением стеклблоками. Система общей вентиляции здания ЭМП должна предотвращать возможность подсоса неочищенного воздуха.

5.1.32. В вентиляционных камерах и каналах санитарно-технической вентиляции прокладка кабелей и проводов не разрешается. Допускается только пересечение камер и каналов проводами и кабелями, проложенными в стальных трубах.

В камерах и каналах вентиляции электрических машин допускается прокладка проводов и кабелей с оболочками из несгораемых и трудносгораемых материалов, а также неизолированных шин. Устанавливать в вентиляционных каналах и камерах машин кабельные муфты и другое электрооборудование не допускается.

5.1.33. В ЭМП рекомендуется предусматривать отдельные системы вентиляции для первого этажа, подвала и других изолированных помещений. Допускается устройство общей системы вентиляции при наличии управляемых заслонок, позволяющих отсекать подачу воздуха в отдельные помещения в случае пожара.

В ЭМП не следует размещать установки для вентиляции смежных пожароопасных помещений (например, маслоподвалов).

## **СТРОИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

5.1.34. В ЭМП с постоянным дежурством персонала должны быть предусмотрены комфортные помещения для дежурного персонала, оборудованные необходимыми средствами сигнализации, измерения и связи с подачей кондиционированного воздуха, и санузел для обслуживающего персонала, а также отопление в соответствии с действующими санитарными требованиями

5.1.35. Стены ЭМП до высоты не менее 2 м должны окрашиваться светлой масляной краской, а остальная поверхность - светлой клеевой краской в соответствии с указаниями по рациональной цветовой отделке производственных помещений. Вентиляционные каналы, в том числе каналы в фундаментах машин, по всей внутренней поверхности должны окрашиваться светлой, не поддерживающей горения краской или должны быть облицованы глазурованными плитками или пластикатовым покрытием, не поддерживающим горения.

Электрооборудование в ЭМП должно быть окрашено в соответствии с указаниями по рациональной цветовой отделке оборудования.

Полы ЭМП должны иметь покрытие, не допускающее образования пыли (например, цементное с мраморной крошкой, из метлахской плитки).

5.1.36. В качестве опор для перекрытия подвала ЭМП допускается использовать фундаменты машин при соблюдении требований СНиП Госстроя России на проектирование фундаментов машин с динамическими нагрузками.

В перекрытиях ЭМП следует предусматривать монтажные люки или проемы для транспортировки тяжелого и громоздкого оборудования с одного этажа на другой. Люки должны располагаться в зоне действия грузоподъемного устройства. Перекрытие люка должно иметь ту же степень огнестойкости, что и перекрытие, в котором расположен люк.

5.1.37. Подвал ЭМП должен иметь дренажное устройство, а при высоком уровне грунтовых вод, кроме того, и гидроизоляцию.

5.1.38. Кабельные туннели, входящие в ЭМП, в месте примыкания к ЭМП должны быть отделены от них перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч или дверями с пределом огнестойкости не менее 0,6 ч. Двери должны открываться в обе стороны и иметь самозапирающийся замок, открываемый без ключа со стороны туннеля.

## **ГЛАВА 5.2. ГЕНЕРАТОРЫ И СИНХРОННЫЕ КОМПЕНСАТОРЫ**

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**



5.2.1. Настоящая глава Правил распространяется на стационарную установку в специальных помещениях (машинных залах) или на открытом воздухе генераторов тепловых и гидравлических электростанций, а также синхронных компенсаторов. Указанные установки должны отвечать также требованиям, приведенным в гл. 5.1, за исключением 5.1.2, 5.1.14, п. 8, 5.1.17, 5.1.31-5.1.33. Установка вспомогательного оборудования генераторов и синхронных компенсаторов (электродвигателей, РУ и пускорегулирующей аппаратуры, щитов и др.) должна соответствовать требованиям соответствующих глав Правил.

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

5.2.2. Генераторы, синхронные компенсаторы и их вспомогательное оборудование, устанавливаемые на открытом воздухе, должны иметь специальное исполнение.

5.2.3. Конструкция генераторов и синхронных компенсаторов должна обеспечивать их нормальную эксплуатацию и течение 20-25 лет с возможностью замены изнашивающихся и повреждаемых деталей и узлов при помощи основных грузоподъемных механизмов и средств малой механизации без полной разборки машины.

Конструкциями гидрогенератора и системы его водоснабжения должна быть предусмотрена возможность полного удаления воды и отсутствия застойных зон при ремонте в любое время года.

5.2.4. Генераторы и синхронные компенсаторы должны быть оборудованы контрольно-измерительными приборами в соответствии с гл. 1.6, устройствами управления, сигнализации, защиты в соответствии с 3.2.34-3.2.50 и с 3.2.72-3.2.90, устройствами АГП защиты ротора от перенапряжений, АРВ в соответствии с 3.3.52-3.3.60, а также устройствами автоматики для обеспечения автоматического пуска, работы и останова агрегата. Кроме того, турбогенераторы мощностью 100 МВт и более и синхронные компенсаторы с водородным охлаждением должны быть оборудованы устройствами дистанционного контроля вибрации подшипников. Турбо- и гидрогенераторы мощностью 300 МВт и более должны быть оборудованы также осциллографами с записью предаварийного процесса.

5.2.5. Панели управления, релейной защиты, автоматики, возбуждения и непосредственного водяного охлаждения гидрогенератора должны, как правило, размещаться в непосредственной близости от него.

5.2.6. Электрические и механические параметры мощных турбо- и гидрогенераторов должны, как правило, приниматься оптимальными с точки зрения нагрузочной способности. При необходимости обеспечения устойчивости работы параметры генераторов могут приниматься отличными от оптимальных с точки зрения нагрузочной способности при обосновании технико-экономическими расчетами.

5.2.7. Напряжение генераторов должно приниматься на основе технико-экономических расчетов по согласованию с заводом-изготовителем и в соответствии с требованиями действующих ГОСТ.

5.2.8. Установка дополнительного оборудования для использования гидрогенераторов в качестве синхронных компенсаторов должна быть обоснована технико-экономическими расчетами.

5.2.9. Для монтажа, разборки и сборки генераторов, синхронных компенсаторов и их вспомогательного оборудования должны быть предусмотрены стационарные, передвижные или инвентарные подъемно-транспортные приспособления и механизмы.

5.2.10. При применении наружных грузоподъемных кранов гидроэлектростанций должны быть предусмотрены простые мероприятия для исключения воздействия дождя и снега на оборудование при продолжительном раскрытии помещений и монтажных площадок.

5.2.11. Электростанции должны иметь помещения для хранения резервных стержней обмотки статора. Помещения должны быть сухими, отапливаемыми, с температурой не ниже плюс 5°C, оборудованными специальными стеллажами.

## **ОХЛАЖДЕНИЕ И СМАЗКА**

5.2.12. При питании морской или агрессивно воздействующей пресной водой газоохладители, теплообменники и маслоохладители, трубопроводы и арматура к ним должны выполняться из материалов, стойких к воздействию коррозии

5.2.13. Генераторы и синхронные компенсаторы с разомкнутой системой охлаждения и гидрогенераторы мощностью 1 МВт и более с частичным отбором воздуха для отопления должны быть снабжены фильтрами для очистки входящего в них извне воздуха, а также устройствами для быстрого прекращения его подачи в случае возгорания генератора или синхронного компенсатора.

5.2.14. Для генераторов и синхронных компенсаторов с замкнутой системой воздушного охлаждения должны быть выполнены следующие мероприятия:

1. Камеры холодного и горячего воздуха должны иметь плотно закрывающиеся остекленные смотровые лючки.

2. Двери камер холодного и горячего воздуха должны быть стальными, плотно закрывающимися, открывающимися наружу и иметь самозапирающиеся замки, открываемые без ключа с внутренней стороны камер.

3. Внутри камер холодного и горячего воздуха должно быть оборудовано освещение с выключателями, вынесенными наружу.

4. Короба горячего воздуха, а также конденсаторы и водопроводы паровых турбин, если они находятся в камерах охлаждения, должны быть покрыты тепловой изоляцией во избежание подогрева холодного воздуха и конденсации влаги на поверхности труб.

5. В камерах холодного воздуха должны быть устроены кюветы для удаления сконденсировавшейся на воздухоохладителях воды. Для турбогенераторов конец трубы, выводящей воду в дренажный канал, должен снабжаться гидравлическим затвором, при этом рекомендуется установка устройства сигнализации, реагирующего на появление воды в сливной трубе.

6. Корпус, стыки, воздуховод и другие участки должны быть тщательно уплотнены для предотвращения присоса воздуха в замкнутую систему вентиляции. В дверях камер холодного воздуха турбогенераторов и синхронных компенсаторов должен быть выполнен организованный присос воздуха через фильтр, который устанавливается в области разрежения (после воздухоохладителя).

7. Стены камер и воздушных коробов должны быть плотными, они должны быть окрашены светлой, не поддерживающей горения краской или облицованы глазурованными плитками либо пластиковым покрытием, не поддерживающим горения. Полы камер и фундаменты должны иметь покрытие, не допускающее образования пыли (например, цементное с мраморной крошкой, из керамической плитки).

5.2.15. Турбогенераторы и синхронные компенсаторы с водородным охлаждением должны быть оборудованы:

1. Установкой централизованного снабжения водородом с механизацией погрузки и разгрузки газовых баллонов, газопроводами подпитки газом и приборами контроля за параметрами газа (давление, чистота и др.) в генераторе и синхронном компенсаторе.

Для подачи водорода от газовых резервуаров в машинный зал предусматривается одна магистраль (при необходимости могут быть проложены две). Схема газопроводов выполняется кольцевой секционированной. Для синхронных компенсаторов выполняется одна магистраль.

Для предупреждения образования взрывоопасной газовой смеси на питающих водородных линиях и на линиях подачи воздуха должна быть обеспечена возможность создания видимых разрывов перед турбогенератором и синхронным компенсатором.

2. Установкой централизованного снабжения инертным газом (углекислым газом или азотом) с механизацией погрузки и разгрузки газовых баллонов для вытеснения водорода или воздуха из генератора (синхронного компенсатора), для продувки и тушения пожара в главном масляном баке турбины, в опорных подшипниках генератора и в токопроводах.

3. Основным, резервным, а турбогенераторы, кроме того, и аварийным источниками маслоснабжения водородных уплотнений, демпферным баком для питания торцовых уплотнений маслом в течение времени, необходимого для аварийного останова генератора со срывом вакуума турбины, для турбогенераторов мощностью 60 МВт и более. Резервный и аварийный источники маслоснабжения должны автоматически включаться в работу при отключении рабочего источника маслоснабжения, а также при снижении давления масла.

4. Автоматическими регуляторами давления масла на водородных уплотнениях турбогенераторов. В схеме маслоснабжения обходные вентили регуляторов должны быть регулируемыми, а не запорными для исключения бросков давления масла при переходах с ручного регулирования на автоматическое и обратно.

5. Устройствами для осушки водорода, включенными в контур циркуляции водорода в генераторе или синхронном компенсаторе.

6. Предупредительной сигнализацией, действующей при неисправностях газомасляной системы водородного охлаждения и отклонении ее параметров (давления, чистоты водорода, перепада давления масло - водород) от заданных значений.

7. Контрольно-измерительными приборами и реле автоматики для контроля и управления газомасляной системой водородного охлаждения, при этом не допускается размещение газовых и электрических приборов на одной закрытой панели.

8. Вентиляционными установками в местах скопления газа главного масляного бака, масляных камер на сливе, основных подшипников турбогенератора и т. д.

В фундаментах турбогенераторов и синхронных компенсаторов не должно быть замкнутых пространств, в которых возможно скопление водорода. При наличии объемов, ограниченных строительными конструкциями (балки, ригели и др.), в которых возможно скопление водорода, из наиболее высоких точек этих объемов должен быть обеспечен свободный выход водорода вверх (например, путем закладки труб).

9. Дренажными устройствами для слива воды и масла из корпуса.

Система дренажа должна исключать возможность перетока горячего газа в отсеки холодного газа.

10. Указателем появления жидкости в корпусе турбогенератора (синхронного компенсатора).

11. Источником сжатого воздуха с избыточным давлением не менее 0,2 МПа с фильтром и осушителем воздуха.

5.2.16. Генераторы и синхронные компенсаторы с водяным охлаждением обмоток должны быть оборудованы:

1. Трубопроводами подачи и слива дистиллята, выполненными из материалов, стойких к воздействию коррозии.

2. Основным и резервным насосами дистиллята.

3. Механическими, магнитными и ионитовыми фильтрами дистиллята и устройствами для очистки дистиллята от газовых примесей. Дистиллят не должен иметь примесей солей и газов.

4. Расширительным баком с защитой дистиллята от внешней среды.

5. Основным и резервным теплообменниками для охлаждения дистиллята.

В качестве первичной охлаждающей воды в теплообменниках должны применяться: для гидрогенераторов и синхронных компенсаторов - техническая вода, для турбогенераторов - конденсат от конденсатных насосов турбины и как резерв техническая вода от циркуляционных насосов газоохладителей генераторов.

6. Предупредительной сигнализацией и защитой, действующей при отклонениях от нормального режима работы системы водяного охлаждения.

7. Контрольно-измерительными приборами и реле автоматики для контроля и управления системой водяного охлаждения.

8. Устройствами обнаружения утечки водорода в тракт водяного охлаждения обмоток статора.

9. Контрольными трубками с кранами, выведенными наружу из высших точек сливного и напорного коллекторов дистиллята, для удаления воздуха из системы водяного охлаждения обмотки статора во время заполнения ее дистиллятом.

5.2.17. В каждой системе трубопроводов, подводящих воду к газоохладителям, теплообменникам и маслоохладителям, следует установить фильтры, при этом должна быть предусмотрена возможность их очистки и промывки без нарушения нормальной работы генератора и синхронного компенсатора.

5.2.18. Каждая секция газоохладителей и теплообменников должна иметь задвижки для отключения ее от напорного и сливного коллекторов и для распределения воды по отдельным секциям.

На общем трубопроводе, отводящем воду из всех секций охладителей каждого генератора, должна быть установлена задвижка для регулирования расхода воды через все секции охладителя. Для турбогенераторов штурвальный привод этой задвижки рекомендуется вывести на уровень пола машинного зала.

5.2.19. Каждая секция газоохладителей и теплообменников в самой высокой точке должна иметь краны для выпуска воздуха.

5.2.20. В системе охлаждения газа или воздуха турбогенераторов и синхронных компенсаторов должно быть предусмотрено регулирование температуры охлаждающей воды при помощи рециркуляционных устройств.

5.2.21. В схеме подачи охлаждающей воды должно быть предусмотрено автоматическое включение резервного насоса при отключении работающего, а также при снижении давления охлаждающей воды. У синхронных компенсаторов должно быть предусмотрено резервное

питание от постоянно действующего надежного источника охлаждающей воды (система технической воды, баки и т. п.).

5.2.22. На питающих трубопроводах технического водоснабжения генераторов должны устанавливаться расходомеры.

5.2.23. На площадке турбины, соединенной с турбогенератором, который имеет водяное или водородное охлаждение, должны быть установлены: манометры, показывающие давление охлаждающей воды в напорном коллекторе, давление водорода в корпусе турбогенератора, давление углекислого газа (азота) в газопроводе к генератору; устройства сигнализации снижения давления воды в напорном коллекторе; пост газового управления; щиты управления газомасляным и водяным хозяйствами.

5.2.24. На месте установки насосов газоохладителей, теплообменников и маслоохладителей должны быть установлены манометры на напорном коллекторе и на насосах.

5.2.25. На напорных и сливных трубопроводах газоохладителей, теплообменников и маслоохладителей должны быть встроены гильзы для ртутных термометров.

5.2.26. Для синхронных компенсаторов, устанавливаемых на открытом воздухе, должна предусматриваться возможность слива воды из охлаждающей системы при останове агрегата.

5.2.27. Газовая система должна удовлетворять требованиям нормальной эксплуатации водородного охлаждения и проведения операций по замене охлаждающей среды в турбогенераторе и синхронном компенсаторе.

5.2.28. Газовая сеть должна выполняться из цельнотянутых труб с применением газоплотной арматуры. Газопроводы должны быть доступны для осмотра и ремонта и иметь защиту от механических повреждений.

5.2.29. Трубопроводы циркуляционных систем смазки и водородных уплотнений турбогенераторов и синхронных компенсаторов с водородным охлаждением должны выполняться из цельнотянутых труб.

5.2.30. У турбогенераторов мощностью 3 МВт и более подшипники со стороны, противоположной турбине, подшипники возбuditеля и водородные уплотнения должны быть электрически изолированы от корпуса и маслопроводов.

Конструкция изолированного подшипника и водородных уплотнений должна обеспечивать проведение периодического контроля их изоляции во время работы агрегата. У синхронного компенсатора подшипники должны быть электрически изолированы от корпуса компенсатора и маслопроводов. У синхронного компенсатора с непосредственно присоединенным возбuditелем допускается изолировать только один подшипник (со стороны, противоположной возбuditелю).

У гидрогенераторов подпятники и подшипники, расположенные над ротором, должны быть электрически изолированы от корпуса.

5.2.31. На каждом маслопроводе электрически изолированных подшипников турбогенераторов, синхронных компенсаторов и горизонтальных гидрогенераторов следует устанавливать последовательно два электрически изолированных фланцевых соединения.

5.2.32. Подшипники турбогенераторов, синхронных компенсаторов и их возбuditелей, а также водородные уплотнения, масляные ванны подшипников и подпятников гидрогенераторов должны быть выполнены таким образом, чтобы исключалась возможность разбрызгивания масла и попадания масла и его паров на обмотки, контактные кольца и коллекторы.

Сливные патрубки подшипников с циркуляционной смазкой и водородных уплотнений должны иметь смотровые стекла для наблюдения за струей выходящего масла. Для освещения смотровых стекол должны применяться светильники, присоединенные к сети аварийного освещения.

5.2.33. Для турбогенераторов с непосредственным водородным охлаждением обмоток должны быть установлены автоматические газоанализаторы контроля наличия водорода в картерах подшипников и закрытых токопроводах.

5.2.34. Смешанные системы охлаждения генераторов и синхронных компенсаторов должны соответствовать требованиям 5.2.13-5.2.15.

## СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ

5.2.35. Требования, приведенные в 5.2.36-5.2.52, распространяются на стационарные установки систем возбуждения turbo- и гидрогенераторов и синхронных компенсаторов.

5.2.36 Системой возбуждения называется совокупность оборудования, аппаратов и устройств, объединенных соответствующими цепями, которая обеспечивает необходимое возбуждение генераторов и синхронных компенсаторов в нормальных и аварийных режимах, предусмотренных ГОСТ и техническими условиями.

В систему возбуждения генератора (синхронного компенсатора) входят: возбудитель (генератор постоянного тока, генератор переменного тока или трансформатор с преобразователем), автоматический регулятор возбуждения, коммутационная аппаратура, измерительные приборы, средства защиты ротора от перенапряжений и защиты оборудования системы возбуждения от повреждений.

5.2.37. Электрооборудование и аппаратура систем возбуждения должны соответствовать требованиям ГОСТ на синхронные генераторы и компенсаторы и техническим условиям на это оборудование и аппаратуру.

5.2.38. Системы возбуждения, у которых действующее значение эксплуатационного напряжения или длительного перенапряжения (например, при форсировке возбуждения) превышает 1 кВ, должны выполняться в соответствии с требованиями настоящих Правил, предъявляемыми к электроустановкам выше 1 кВ. При определении перенапряжений для вентильных систем возбуждения учитываются и коммутационные перенапряжения.

5.2.39. Системы возбуждения должны быть оборудованы устройствами управления, защиты, сигнализации и контрольно-измерительными приборами в объеме, обеспечивающем автоматический пуск, работу во всех предусмотренных режимах, а также останова генератора и синхронного компенсатора на электростанциях и подстанциях без постоянного дежурства персонала.

5.2.40. Пульты и панели управления, приборы контроля и аппаратура сигнализации системы охлаждения, а также силовые преобразователи тиристорных или иных полупроводниковых возбудителей должны размещаться в непосредственной близости один от другого. Допускается установка теплообменников в другом помещении, при этом панель управления теплообменником должна устанавливаться рядом с ним.

Пульт (панель), с которого может производиться управление возбуждением, должен быть оборудован приборами контроля возбуждения.

5.2.41. Выпрямительные установки систем возбуждения генераторов и синхронных компенсаторов должны быть оборудованы сигнализацией и защитой, действующими при повышении температуры охлаждающей среды или вентилей сверх допустимой, а также снабжены приборами для контроля температуры охлаждающей среды и силы тока установки. При наличии в выпрямительной установке нескольких групп выпрямителей должна контролироваться сила тока каждой группы.

5.2.42. Системы возбуждения должны быть оборудованы устройствами контроля изоляции, позволяющими осуществлять измерение изоляции в процессе работы, а также сигнализировать о снижении сопротивления изоляции ниже нормы. Допускается не выполнять такую сигнализацию для бесщеточных систем возбуждения.

5.2.43. Цепи систем возбуждения, связанные с анодами и катодами выпрямительных установок, должны выполняться с уровнем изоляции, соответствующим испытательным напряжениям анодных и катодных цепей.

Связи анодных цепей выпрямителей, катодных цепей отдельных групп, а также других цепей при наличии нескомпенсированных пульсирующих или переменных токов должны выполняться кабелем без металлических оболочек.

Цепи напряжения обмотки возбуждения генератора или синхронного компенсатора для измерения и подключения устройства АРВ должны выполняться отдельным кабелем с повышенным уровнем изоляции без захода через обычные ряды зажимов. Присоединение к обмотке возбуждения должно производиться через рубильник.

5.2.44. При применении устройств АГП с разрывом цепи ротора, а также при использовании статических возбудителей с преобразователями обмотка ротора должна защищаться разрядником многократного действия. Допускается применение разрядника однократного действия. Разрядник должен быть подключен параллельно ротору через активное сопротивление, рассчитанное на длительную работу при пробое разрядника в режиме с напряжением возбуждения, равным 110% номинального.

5.2.45. Разрядники, указанные в 5.2.44, должны иметь сигнализацию срабатывания.

5.2.46. Система возбуждения генераторов и синхронных компенсаторов должна выполняться таким образом, чтобы:

1. Отключение любого из коммутационных аппаратов в цепях АРВ и управления возбудителем не приводило к ложным форсировкам в процессе пуска, останова и работы генератора на холостом ходу.

2. Исчезновение напряжения оперативного тока в цепях АРВ и управления возбудителем не приводило к нарушению работы генератора и синхронного компенсатора.

3. Имелась возможность производить ремонтные и другие работы на выпрямителях и их вспомогательных устройствах при работе турбогенератора на резервном возбудителе. Это требование не относится к бесщеточным системам возбуждения.

4. Исключалась возможность повреждения системы возбуждения при КЗ в цепях ротора и на его контактных кольцах. В случае применения статических преобразователей допускается защита их автоматическими выключателями и плавкими предохранителями.

5.2.47. Тиристорные системы возбуждения должны предусматривать возможность гашения поля генераторов и синхронных компенсаторов переводом преобразователя в инверторный режим.

В системах возбуждения со статическими преобразователями, выполненными по схеме самовозбуждения, а также в системах возбуждения с электромашинными возбудителями должно быть применено устройство АГП.

5.2.48. Все системы возбуждения (основные и резервные) должны иметь устройства, обеспечивающие при подаче импульса на гашение поля полное развозбуждение (гашение поля) синхронного генератора или компенсатора независимо от срабатывания АГП.

5.2.49. Система водяного охлаждения возбудителя должна обеспечивать возможность полного спуска воды из системы, выпуска воздуха при заполнении системы водой, периодической чистки теплообменников.

Закрытие и открытие задвижек системы охлаждения на одном из возбuditелей не должны приводить к изменению режима охлаждения на другом возбuditеле.

5.2.50. Пол помещений выпрямительных установок с водяной системой охлаждения должен быть выполнен таким образом, чтобы при утечках воды исключалась возможность ее попадания на токопроводы, КРУ и другое электрооборудование, расположенное ниже системы охлаждения.

5.2.51. Электромашинные возбuditели постоянного тока (основные при работе без АРВ и резервные) должны иметь релейную форсировку возбуждения.

5.2.52. Турбогенераторы должны иметь резервное возбуждение, схема которого должна обеспечивать переключение с рабочего возбуждения на резервное и обратно без отключения генераторов от сети. Для турбогенераторов мощностью 12 МВт и менее необходимость резервного возбуждения устанавливается главным инженером энергосистемы.

На гидроэлектростанциях резервные возбuditели не устанавливаются.

5.2.53. На турбогенераторах с непосредственным охлаждением обмотки ротора переключение с рабочего возбуждения на резервное и обратно должно производиться дистанционно.

5.2.54. Система возбуждения гидрогенератора должна обеспечивать возможность его начального возбуждения при отсутствии переменного тока в системе собственных нужд гидроэлектростанции.

5.2.55. По требованию заказчика система возбуждения должна быть рассчитана на автоматическое управление при останове в резерв синхронных генераторов и компенсаторов и пуске находящихся в резерве.

5.2.56. Все системы возбуждения на время выхода из строя АРВ должны иметь средства, обеспечивающие нормальное возбуждение, развозбуждение и гашение поля синхронной машины.

## **РАЗМЕЩЕНИЕ И УСТАНОВКА ГЕНЕРАТОРОВ И СИНХРОННЫХ КОМПЕНСАТОРОВ**

5.2.57. Расстояния от генераторов и синхронных компенсаторов до стен зданий, а также расстояния между ними должны определяться по технологическим условиям, однако они должны быть не менее приведенных в 5.1.11-5.1.13.

Размеры машинного зала должны выбираться с учетом:

- 1) возможности монтажа и демонтажа агрегатов без останова работающих агрегатов;
- 2) применения кранов со специальными, преимущественно жесткими захватными приспособлениями, позволяющими полностью использовать ход крана;
- 3) отказа от подъема и опускания краном отдельных длинных, но относительно легких деталей агрегата (штанги, тяги) с их монтажом специальными подъемными приспособлениями;
- 4) возможности размещения узлов и деталей во время монтажа и ремонта агрегата.

5.2.58. Фундамент и конструкция генераторов и синхронных компенсаторов должны быть выполнены так, чтобы при работе оборудования вибрация оборудования, фундамента и здания не превышала значений, установленных нормами.



5.2.59. Вблизи гидрогенераторов допускается установка воздухоотборников сжатого воздуха.

5.2.60. Турбогенераторы и синхронные компенсаторы с воздушным охлаждением и гидрогенераторы должны иметь устройства для тушения пожара водой. Допускается также применение других устройств.

На гидрогенераторах автоматизированных гидростанций, а также на синхронных компенсаторах с воздушным охлаждением, установленных на подстанциях без постоянного дежурства персонала, пожаротушение должно производиться автоматически. Ввод в действие запорных устройств впуска воды в машину осуществляется либо непосредственно от дифференциальной защиты, либо при одновременном срабатывании дифференциальной защиты и специальных датчиков пожаротушения.

Подвод воды должен быть выполнен таким образом, чтобы возможность просачивания воды в генератор и синхронный компенсатор в эксплуатационных условиях была полностью исключена.

5.2.61. Система пожаротушения гидрогенераторов должна предусматривать отвод использованной воды в дренажную систему.

5.2.62. Для тушения пожара в турбогенераторах и синхронных компенсаторах с косвенным водородным охлаждением при работе машины на воздухе (период наладки) должна быть предусмотрена возможность использования углекислотой (азотной) установки, выполняемой в соответствии с требованиями 5.2.15, п. 2.

5.2.63. Баллоны с углекислым газом (азотом), устанавливаемые в центральной углекислотной (азотной) установке, должны храниться в условиях, определяемых правилами Госгортехнадзора России.

## **Глава 5.3. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ И ИХ КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ**

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

5.3.1. Настоящая глава Правил распространяется на электродвигатели и их коммутационные аппараты в стационарных установках производственных и других помещений различного назначения. На эти установки распространяются также требования, приведенные в 5.1.11, 5.1.13, 5.1.17, 5.1.19, и соответствующие требования других глав в той мере, в какой они не изменены настоящей главой

### **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

5.3.2. Меры по обеспечению надежности питания должны выбираться в соответствии с требованиями гл.1.2 в зависимости от категории ответственности электроприемников. Эти меры могут применяться не к отдельным электродвигателям, а к питающим их трансформаторам и преобразовательным подстанциям, распределительным устройствам и пунктам.

Резервирования линии, непосредственно питающей электродвигатель, не требуется независимо от категории надежности электроснабжения.

5.3.3. Если необходимо обеспечить непрерывность технологического процесса при выходе из строя электродвигателя, его коммутационной аппаратуры или линии, непосредственно питающей электродвигатель, резервирование следует осуществлять путем установки резервного технологического агрегата или другими способами.

5.3.4. Электродвигатели и их коммутационные аппараты должны быть выбраны и установлены таким образом и в необходимых случаях обеспечены такой системой охлаждения, чтобы температура их при работе не превышала допустимой (см. также 5.3.20).

5.3.5. Электродвигатели и аппараты должны быть установлены таким образом, чтобы они были доступны для осмотра и замены, а также по возможности для ремонта на месте установки. Если электроустановка содержит электродвигатели или аппараты массой 100 кг и более, то должны быть предусмотрены приспособления для их такелажа.

5.3.6. Вращающиеся части электродвигателей и части, соединяющие электродвигатели с механизмами (муфты, шкивы), должны иметь ограждения от случайных прикосновений.

5.3.7. Электродвигатели и их коммутационные аппараты должны быть заземлены или занулены в соответствии с требованиями гл. 1.7.

5.3.8. Исполнение электродвигателей должно соответствовать условиям окружающей среды.

## **ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**

5.3.9. Электрические и механические параметры электродвигателей (номинальные мощность, напряжение, частота вращения, относительная продолжительность рабочего периода, пусковой, минимальный, максимальный моменты, пределы регулирования частоты вращения и т. п.) должны соответствовать параметрам приводимых ими механизмов во всех режимах их работы в данной установке.

5.3.10. Для механизмов, сохранение которых в работе после кратковременных перерывов питания или понижения напряжения, обусловленных отключением КЗ, действием АПВ или АВР, необходимо по технологическим условиям и допустимо по условиям техники безопасности, должен быть обеспечен самозапуск их электродвигателей.

Применять для механизмов с самозапуском электродвигатели и трансформаторы большей мощности, чем это требуется для их нормальной длительной работы, как правило, не требуется.

5.3.11. Для привода механизмов, не требующих регулирования частоты вращения, независимо от их мощности рекомендуется применять электродвигатели синхронные или асинхронные с короткозамкнутым ротором.

Для привода механизмов, имеющих тяжелые условия пуска или работы либо требующих изменения частоты вращения, следует применять электродвигатели с наиболее простыми и экономичными методами пуска или регулирования частоты вращения, возможными в данной установке.

5.3.12. Синхронные электродвигатели, как правило, должны иметь устройства форсировки возбуждения или компаундирования.

5.3.13. Синхронные электродвигатели в случаях, когда они по своей мощности могут обеспечить регулирование напряжения или режима реактивной мощности в данном узле нагрузки, должны иметь АРВ согласно 3.3.39.

5.3.14. Электродвигатели постоянного тока допускается применять только в тех случаях, когда электродвигатели переменного тока не обеспечивают требуемых характеристик механизма или неэкономичны.

5.3.15. Электродвигатели, устанавливаемые в помещениях с нормальной средой, как правило, должны иметь исполнение IP00 или IP20.

5.3.16. Электродвигатели, устанавливаемые на открытом воздухе, должны иметь исполнение не менее IP44 или специальное, соответствующее условиям их работы (например, для открытых химических установок, для особо низких температур).

5.3.17. Электродвигатели, устанавливаемые в помещениях, где возможно оседание на их обмотках пыли и других веществ, нарушающих естественное охлаждение, должны иметь исполнение не менее IP44 или продуваемое с подводом чистого воздуха. Корпус продуваемого электродвигателя, воздухопроводы и все сопряжения и стыки должны быть тщательно уплотнены для предотвращения присоса воздуха в систему вентиляции.

При продуваемом исполнении электродвигателя рекомендуется предусматривать задвижки для предотвращения всаса окружающего воздуха при останове электродвигателя. Подогрев наружного (холодного) воздуха не требуется.

5.3.18. Электродвигатели, устанавливаемые в местах сырых или особо сырых, должны иметь исполнение не менее IP43 и изоляцию, рассчитанную на действие влаги и пыли (со специальной обмазкой, влагостойкую и т. п.).

5.3.19. Электродвигатели, устанавливаемые в местах с химически активными парами или газами, должны иметь исполнение не менее IP44 или продуваемое с подводом чистого воздуха при соблюдении требований, приведенных в 5.3.17. Допускается также применение электродвигателей исполнения не менее IP33, но с химически стойкой изоляцией и с закрытием открытых неизолированных токоведущих частей колпаками или другим способом.

5.3.20. Для электродвигателей, устанавливаемых в помещениях с температурой воздуха более плюс 40 °С, должны выполняться мероприятия, исключающие возможность их недопустимого нагрева (например, принудительная вентиляция с подводом охлаждающего воздуха, наружный обдув и т. п.).

5.3.21. При замкнутой принудительной системе вентиляции электродвигателей следует предусматривать приборы контроля температуры воздуха и охлаждающей воды.

5.3.22. Электродвигатели, снабженные заложенными в обмотки или магнитопроводы термоиндикаторами, должны иметь выводы от последних на специальные щитки, обеспечивающие удобство проведения периодических измерений. Щитовые измерительные приборы для этого, как правило, не должны предусматриваться.

## **УСТАНОВКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**

5.3.23. Электродвигатели должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы была исключена возможность попадания на их обмотки и токосъемные устройства воды, масла, эмульсии т. п., а вибрация оборудования, фундаментов и частей здания не превышала допустимых значений.

5.3.24. Шум, создаваемый электродвигателем совместно с приводимым им механизмом, не должен превышать уровня, допустимого санитарными нормами.

5.3.25. Проходы обслуживания между фундаментами или корпусами электродвигателей, между электродвигателями и частями здания или оборудования должны быть не менее указанных в гл. 5.1.

5.3.26. Электродвигатели и аппараты, за исключением имеющих степень защиты не менее IP44, а резисторы и реостаты - всех исполнений должны быть установлены на расстоянии не менее 1 м от конструкций зданий, выполненных из сгораемых материалов.

5.3.27. Синхронные электрические машины мощностью 1 МВт и более и машины постоянного тока мощностью 1 МВт и более должны иметь электрическую изоляцию одного из подшипников от фундаментной плиты для предотвращения образования замкнутой цепи тока через вал и подшипники машины. При этом у синхронных машин должны быть изолированы подшипник со стороны возбудителя и все подшипники возбудителя. Маслопроводы этих электрических машин должны быть изолированы от корпусов их подшипников.

5.3.28. Электродвигатели выше 1 кВ разрешается устанавливать непосредственно в производственных помещениях, соблюдая следующие условия:

1. Электродвигатели, имеющие выводы под статором или требующие специальных устройств для охлаждения, следует устанавливать на фундаменте с камерой (фундаментной ямой).

2. Фундаментная яма электродвигателя должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к камерам ЗРУ выше 1 кВ (см. гл. 4.2).

3. Размеры фундаментной ямы должны быть не менее допускаемых для полупроходных кабельных туннелей (см. 2.3.125).

5.3.29. Кабели и провода, присоединяемые к электродвигателям, установленным на виброизолирующих основаниях, на участке между подвижной и неподвижной частями основания должны иметь гибкие медные жилы.

## КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ

5.3.30. Для группы электродвигателей, служащих для привода одной машины или ряда машин, осуществляющих единый технологический процесс, следует, как правило, применять общий аппарат или комплект коммутационных аппаратов, если это оправдывается требованиями удобства или безопасности эксплуатации. В остальных случаях каждый электродвигатель должен иметь отдельные коммутационные аппараты.

Коммутационные аппараты в цепях электродвигателей должны отключать от сети одновременно все проводники, находящиеся под напряжением. В цепи отдельных электродвигателей допускается иметь аппарат, отключающий не все проводники, если в общей цепи группы таких электродвигателей установлен аппарат, отключающий все проводники.

5.3.31. При наличии дистанционного или автоматического управления электродвигателем какого-либо механизма вблизи последнего должен быть установлен аппарат аварийного отключения, исключающий возможность дистанционного или автоматического пуска электродвигателя до принудительного возврата этого аппарата в исходное положение.

Не требуется устанавливать аппараты аварийного отключения у механизмов:

а) расположенных в пределах видимости с места управления;

б) доступных только квалифицированному обслуживающему персоналу (например, вентиляторы, устанавливаемые на крышах, вентиляторы и насосы, устанавливаемые в отдельных помещениях;

в) конструктивное исполнение которых исключает возможность случайного прикосновения к движущимся и вращающимся частям; около этих механизмов должно быть предусмотрено вывешивание плакатов, предупреждающих о возможности дистанционного или автоматического пуска;

г) имеющих аппарат местного управления с фиксацией команды на отключение.

Целесообразность установки аппаратов местного управления (пуск, останов) вблизи дистанционно или автоматически управляемых механизмов должна определяться при проектировании в зависимости от требований технологии, техники безопасности и организации управления данной установкой.

5.3.32. Цепи управления электродвигателями допускается питать как от главных цепей, так и от других источников электроэнергии, если это вызывается технической необходимостью.

Во избежание внезапных пусков электродвигателя при восстановлении напряжения в главных цепях должна быть предусмотрена блокировочная связь, обеспечивающая автоматическое отключение главной цепи во всех случаях исчезновения напряжения в ней, если не предусматривается самозапуск.

5.3.33. На корпусах аппаратов управления и разъединяющих аппаратах должны быть нанесены четкие знаки, позволяющие легко распознавать включенное и отключенное положения рукоятки управления аппаратом. В случаях, когда оператор не может определить по состоянию аппарата управления, включена или отключена главная цепь электродвигателя, рекомендуется предусматривать световую сигнализацию.

5.3.34. Коммутационные аппараты должны без повреждений и ненормального износа коммутировать наибольшие токи нормальных режимов работы управляемого ими электродвигателя (пусковой, тормозной, реверса, рабочий). Если реверсы и торможения не имеют места в нормальном режиме, но возможны при неправильных операциях, то коммутационные аппараты в главной цепи должны коммутировать эти операции без разрушения.

5.3.35. Коммутационные аппараты должны быть стойкими к расчетным токам КЗ (см. гл. 1.4).

5.3.36. Коммутационные аппараты по своим электрическим и механическим параметрам должны соответствовать характеристикам приводимого механизма во всех режимах его работы в данной установке.

5.3.37. Использование втычных контактных соединителей для управления переносными электродвигателями допускается только при мощности электродвигателя не более 1 кВт.

Втычные контактные соединители, служащие для присоединения передвижных электродвигателей мощностью более 1 кВт, должны иметь блокировку, при которой отключение и включение соединения возможны только при отключенном положении пускового аппарата в главной (силовой) цепи электродвигателя.

5.3.38. Включение обмоток магнитных пускателей, контакторов и автоматических выключателей в сети до 1 кВ с заземленной нейтралью может производиться на междуфазное или фазное напряжение.

При включении обмоток указанных выше аппаратов на фазное напряжение должно быть предусмотрено одновременное отключение всех трех фаз ответвления к электродвигателю автоматическим выключателем, а при защите предохранителями - специальными устройствами, действующими на отключение пускателя или контактора при сгорании предохранителей в одной или любых двух фазах.

При включении обмотки на фазное напряжение ее нулевой вывод должен быть надежно присоединен к нулевому рабочему проводнику питающей линии или отдельному изолированному проводнику, присоединенному к нулевой точке сети.

5.3.39. Коммутационные аппараты электродвигателей, питаемых по схеме блока трансформатор - электродвигатель, следует, как правило, устанавливать на вводе от сети, питающей блок, без установки их на вводе к электродвигателю.

5.3.40. При наличии дистанционного или автоматического управления механизмами должна быть предусмотрена предварительная (перед пуском) сигнализация или звуковое оповещение о предстоящем пуске. Такую сигнализацию и такое оповещение не требуется предусматривать у механизмов, вблизи которых установка аппарата аварийного отключения не требуется (см. 5.3.31).

5.3.41. Провода и кабели, которые соединяют пусковые реостаты с фазными роторами асинхронных электродвигателей, должны выбираться по длительно допустимому току для следующих условий:

работа с замыканием колец электродвигателя накоротко: при пусковом статическом моменте механизма, не превышающем 50% номинального момента электродвигателя (легкий пуск), - 35% номинального тока ротора, в остальных случаях - 50% номинального тока ротора;

работа без замыкания колец электродвигателя накоротко - 100% номинального тока ротора.

5.3.42. Пуск асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором и синхронных электродвигателей должен производиться, как правило, непосредственным включением в сеть (прямой пуск). При невозможности прямого пуска следует применять пуск через реактор, трансформатор или автотрансформатор. В особых случаях допускается применение пуска с подъемом частоты сети с нуля.

### **ЗАЩИТА АСИНХРОННЫХ И СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 КВ**

5.3.43. На электродвигателях должна предусматриваться защита от многофазных замыканий (см. 5.3.46) и в случаях, оговоренных ниже, защита от однофазных замыканий на землю (см. 5.3.48) защита от токов перегрузки (см. 5.3.49) и защита минимального напряжения (см. 5.3.52 и 5.3.53). На синхронных электродвигателях должна, кроме того, предусматриваться защита от асинхронного режима (см. 5.3.50 и 5.3.51), которая может быть совмещена с защитой от токов перегрузки.

Защита электродвигателей с изменяемой частотой вращения должна выполняться для каждой частоты вращения в виде отдельного комплекта, действующего на свой выключатель.

5.3.44. На электродвигателях, имеющих принудительную смазку подшипников, следует устанавливать защиту, действующую на сигнал и отключение электродвигателя при повышении температуры или прекращения действия смазки.

На электродвигателях, имеющих принудительную вентиляцию, следует устанавливать защиту, действующую на сигнал и отключение электродвигателя при повышении температуры или прекращении действия вентиляции.

5.3.45. Электродвигатели с водяным охлаждением обмоток и активной стали статора, а также с встроенными воздухоохладителями, охлаждаемыми водой, должны иметь защиту, действующую на сигнал при уменьшении потока воды ниже заданного значения и на отключение электродвигателя при его прекращении. Кроме того, должна быть предусмотрена сигнализация, действующая при появлении воды в корпусе электродвигателя.

5.3.46. Для защиты электродвигателей от многофазных замыканий в случаях, когда не применяются предохранители, должна предусматриваться:

1. Токовая однорелейная отсечка без выдержки времени, отстроенная от пусковых токов при выведенных пусковых устройствах, с реле прямого или косвенного действия, включенным на разность токов двух фаз, - для электродвигателей мощностью менее 2 МВт.

2. Токовая двухрелейная отсечка без выдержки времени, отстроенная от пусковых токов при выведенных пусковых устройствах, с реле прямого или косвенного действия - для электродвигателей мощностью 2 МВт и более, имеющих действующую на отключение защиту от однофазных замыканий на землю (см. 5.3.48), а также для электродвигателей мощностью менее 2 МВт, когда защита по п. 1 не удовлетворяет требованиям чувствительности или когда двухрелейная отсечка оказывается целесообразной по исполнению комплектной защиты или применяемого привода с реле прямого действия.

При отсутствии защиты от однофазных замыканий на землю токовая отсечка электродвигателей мощностью 2 МВт и более должна выполняться трехрелейной с тремя трансформаторами тока. Допускается защита в двухфазном исполнении с дополнением защиты от двойных замыканий на землю, выполненная с помощью трансформатора тока нулевой последовательности и токового реле.

3. Продольная дифференциальная токовая защита - для электродвигателей мощностью 5 МВт и более, а также менее 5 МВт, если установка токовых отсечек по п. 1 и 2 не обеспечивает выполнения требований чувствительности; продольная дифференциальная защита электродвигателей при наличии на них защиты от замыканий на землю должна иметь двухфазное исполнение, а при отсутствии этой защиты - трехфазное, с тремя трансформаторами тока. Допускается защита в двухфазном исполнении с дополнением защиты от двойных замыканий на землю, выполненной с помощью трансформатора тока нулевой последовательности и токового реле.

Для электродвигателей мощностью 5 МВт и более, выполненных без шести выводов обмотки статора, должна предусматриваться токовая отсечка.

5.3.47. Для блоков трансформатор (автотрансформатор) - электродвигатель должна предусматриваться общая защита от многофазных замыканий:

1. Токовая отсечка без выдержки времени, отстроенная от пусковых токов при выведенных пусковых устройствах (см. также 5.3.46), - для электродвигателей мощностью до 2 МВт. При схеме соединения обмоток трансформатора звезда - треугольник отсечка выполняется из трех токовых реле: двух включенных на фазные токи и одного включенного на сумму этих токов.

При невозможности установки трех реле (например, при ограниченном числе реле прямого действия) допускается схема с двумя реле, включенными на соединенные треугольником вторичные обмотки трех трансформаторов тока.

2. Дифференциальная отсечка в двухрелейном исполнении, отстроенная от бросков тока намагничивания трансформатора, - для электродвигателей мощностью более 2 МВт, а также 2 МВт и менее, если защита по п. 1 не удовлетворяет требованиям чувствительности при междуфазном КЗ на выводах электродвигателя.

3. Продольная дифференциальная токовая защита в двухрелейном исполнении с промежуточными насыщающимися трансформаторами тока - для электродвигателей мощностью более 5 МВт, а также 5 МВт и менее, если установка отсечек по п. 1 и 2 не удовлетворяет требованиям чувствительности.

Оценка чувствительности должна производиться в соответствии с 3.2.19 и 3.2.20 при КЗ на выводах электродвигателя.

Защита должна действовать на отключение выключателя блока, а у синхронных электродвигателей - также на устройство АГП, если оно предусмотрено.

Для блоков с электродвигателями мощностью более 20 МВт, как правило, должна предусматриваться защита от замыкания на землю, охватывающая не менее 85% витков обмотки статора электродвигателя и действующая на сигнал с выдержкой времени.

Указания по выполнению остальных видов защиты трансформаторов (автотрансформаторов) (см. 3.2.51 и 3.2.53) и электродвигателей при работе их отдельно действительны и в том случае, когда они объединены в блок трансформатор (автотрансформатор) - электродвигатель.

5.3.48. Защита электродвигателей мощностью до 2 МВт от однофазных замыканий на землю при отсутствии компенсации должна предусматриваться при токах замыкания на землю 10 А и более, а при наличии компенсации - если остаточный ток в нормальных условиях превышает это значение. Такая защита для электродвигателей мощностью более 2 МВт должна предусматриваться при токах 5 А и более.

Ток срабатывания защит электродвигателей от замыканий на землю должен быть не более: для электродвигателей мощностью до 2 МВт 10 А и для электродвигателей мощностью более 2 МВт 5 А. Рекомендуются меньшие токи срабатывания, если это не усложняет выполнения защиты.

Защиту следует выполнять без выдержки времени (за исключением электродвигателей, для которых требуется замедление защиты по условию отстройки от переходных процессов) с использованием трансформаторов тока нулевой последовательности, установленных, как правило, в РУ. В тех случаях, когда установка трансформаторов тока нулевой последовательности в РУ невозможна или может вызвать увеличение выдержки времени защиты, допускается устанавливать их у выводов электродвигателя в фундаментной яме.

Если защита по условию отстройки от переходных процессов должна иметь выдержку времени, то для обеспечения быстросрабатывающего отключения двойных замыканий на землю в различных точках должно устанавливаться дополнительное токовое реле с первичным током срабатывания около 50-100 А.

Защита должна действовать на отключение электродвигателя, а у синхронных электродвигателей - также на устройство АГП, если оно предусмотрено.

5.3.49. Защита от перегрузки должна предусматриваться на электродвигателях, подверженных перегрузке по технологическим причинам, и на электродвигателях с особо тяжелыми условиями пуска и самозапуска (длительность прямого пуска непосредственно от сети 20 с и более), перегрузка которых возможна при чрезмерном увеличении длительности пускового периода вследствие понижения напряжения в сети.

Защиту от перегрузки следует предусматривать в одной фазе с зависимой или независимой от тока выдержкой времени, отстроенной от длительности пуска электродвигателя в нормальных условиях и самозапуска после действия АВР и АПВ. Выдержка времени защиты от перегрузки синхронных электродвигателей во избежание излишних срабатываний при длительной форсировке возбуждения должна быть по возможности близкой к наибольшей допустимой по тепловой характеристике электродвигателя.

На электродвигателях, подверженных перегрузке по технологическим причинам, защита, как правило, должна выполняться с действием на сигнал и автоматическую разгрузку механизма.

Действие защиты на отключение электродвигателя допускается:

на электродвигателях механизмов, для которых отсутствует возможность своевременной разгрузки без останова, или на электродвигателях, работающих без постоянного дежурства персонала;

на электродвигателях механизмов с тяжелыми условиями запуска или самозапуска.

Для электродвигателей, которые защищаются от токов КЗ предохранителями, не имеющими вспомогательных контактов для сигнализации об их перегорании, должна предусматриваться защита от перегрузки в двух фазах.



5.3.50. Защита синхронных электродвигателей от асинхронного режима может осуществляться при помощи реле, реагирующего на увеличение тока в обмотках статора; она должна быть отстроена по времени от пускового режима и тока при действии форсировки возбуждения.

Защита, как правило, должна выполняться с независимой от тока характеристикой выдержки времени. Допускается применение защиты с зависимой от тока характеристикой на электродвигателях с отношением КЗ более 1.

При выполнении схемы защиты должны приниматься меры по предотвращению отказа защиты при биениях тока асинхронного режима. Допускается применение других способов защиты, обеспечивающих надежное действие защиты при возникновении асинхронного режима.

5.3.51. Защита синхронных электродвигателей от асинхронного режима должна действовать с выдержкой времени на одну из схем, предусматривающих:

1) ресинхронизацию;

2) ресинхронизацию с автоматической кратковременной разгрузкой механизма до такой нагрузки, при которой обеспечивается втягивание электродвигателя в синхронизм (при допустимости кратковременной разгрузки по условиям технологического процесса);

3) отключение электродвигателя и повторный автоматический пуск;

4) отключение электродвигателя (при невозможности его разгрузки или ресинхронизации, при отсутствии необходимости автоматического повторного пуска и ресинхронизации по условиям технологического процесса).

5.3.52. Для облегчения условий восстановления напряжения после отключения КЗ и обеспечения самозапуска электродвигателей ответственных механизмов следует предусматривать отключение защитой минимального напряжения электродвигателей неответственных механизмов суммарной мощностью, определяемой возможностями источника питания и сети по обеспечению самозапуска.

Выдержки времени защиты минимального напряжения должны выбираться в пределах от 0,5 до 1,5 с - на ступень больше времени действия быстродействующих защит от многофазных КЗ, а уставки по напряжению должны быть, как правило, не выше 70% номинального напряжения.

При наличии синхронных электродвигателей, если напряжение на отключенной секции гаснет медленно, в целях ускорения действия АВР и АПВ может быть применено гашение поля синхронных электродвигателей ответственных механизмов с помощью защиты минимальной частоты или других способов, обеспечивающих быструю фиксацию потери питания.

Эти же средства могут быть использованы для отключения неответственных синхронных электродвигателей, а также для предупреждения несинхронного включения отключенных двигателей, если токи выключения превышают допустимые значения.

В электроустановках промышленных предприятий в случаях, когда не может быть осуществлен одновременный самозапуск всех электродвигателей ответственных механизмов (см. 5.3.10), следует применять отключение части таких ответственных механизмов и их автоматический повторный пуск по окончании самозапуска первой группы электродвигателей. Включение последующих групп может быть осуществлено по току, напряжению или времени.

5.3.53. Защита минимального напряжения с выдержкой времени не более 10 с и уставкой по напряжению, как правило, не выше 50% номинального напряжения (кроме случаев, приведенных в 5.3.52) должна устанавливаться на электродвигателях ответственных механизмов также в случаях, когда самозапуск механизмов после останова недопустим по условиям технологического процесса или по условиям безопасности и, кроме того, когда не может быть обеспечен самозапуск всех электродвигателей ответственных механизмов (см. 5.3.52). Кроме указанных случаев эту

защиту следует использовать также для обеспечения надежности пуска АВР электродвигателей взаиморезервируемых механизмов.

На электродвигателях с изменяемой частотой вращения ответственных механизмов, самозапуск которых допустим и целесообразен, защиты минимального напряжения должны производить автоматическое переключение на низшую частоту вращения.

5.3.54. На синхронных электродвигателях должно предусматриваться автоматическое гашение поля. Для электродвигателей мощностью 2 МВт и более АГП осуществляется путем введения сопротивления в цепь обмотки возбуждения. Для электродвигателей мощностью менее 2 МВт допускается осуществлять АГП путем введения сопротивления в цепь обмотки возбуждения возбuditеля. Для синхронных электродвигателей менее 0,5 МВт АГП, как правило, не требуется. На синхронных электродвигателях, которые снабжены системой возбуждения, выполненной на управляемых полупроводниковых элементах, АГП независимо от мощности двигателя может осуществляться инвертированием, если оно обеспечивается схемой питания. В противном случае АГП должно осуществляться введением сопротивления в цепь обмотки возбуждения.

### **ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ (АСИНХРОННЫХ, СИНХРОННЫХ И ПОСТОЯННОГО ТОКА)**

5.3.55. Для электродвигателей переменного тока должна предусматриваться защита от многофазных замыканий (см. 5.3.56), в сетях с глухозаземленной нейтралью - также от однофазных замыканий, а в случаях, предусмотренных в 5.3.57 и 5.3.58, - кроме того, защита от токов перегрузки и защита минимального напряжения. На синхронных электродвигателях (при невозможности втягивания в синхронизм с полной нагрузкой) дополнительно должна предусматриваться защита от асинхронного режима согласно 5.3.59.

Для электродвигателей постоянного тока должны предусматриваться защиты от КЗ. При необходимости дополнительно могут устанавливаться защиты от перегрузки и от чрезмерного повышения частоты вращения.

5.3.56. Для защиты электродвигателей от КЗ должны применяться предохранители или автоматические выключатели.

Номинальные токи плавких вставок предохранителей и расцепителей автоматических выключателей должны выбираться таким образом, чтобы обеспечивалось надежное отключение КЗ на зажимах электродвигателя (см. 1.7.79 и 3.1.8) и вместе с тем чтобы электродвигатели при нормальных для данной электроустановки толчках тока (пиках технологических нагрузок, пусковых токах, токах самозапуска и т. п.) не отключались этой защитой. С этой целью для электродвигателей механизмов с легкими условиями пуска отношение пускового тока электродвигателя к номинальному току плавкой вставки должно быть не более 2,5, а для электродвигателей механизмов с тяжелыми условиями пуска (большая длительность разгона, частые пуски и т.п.) это отношение должно быть равным 2,0-1,6.

Для электродвигателей ответственных механизмов с целью особо надежной отстройки предохранителей от толчков тока допускается принимать это отношение равным 1,6 независимо от условий пуска электродвигателя, если кратность тока КЗ на зажимах электродвигателя составляет не менее указанной в 3.1.8.

Допускается осуществление защиты от КЗ одним общим аппаратом для группы электродвигателей при условии, что эта защита обеспечивает термическую стойкость пусковых аппаратов и аппаратов защиты от перегрузок, примененных в цепи каждого электродвигателя этой группы.

На электростанциях для защиты от КЗ электродвигателей собственных нужд, связанных с основным технологическим процессом, должны применяться автоматические выключатели. При

недостаточной чувствительности электромагнитных расцепителей автоматических выключателей в системе собственных нужд электростанций могут применяться выносные токовые реле с действием на независимый расцепитель выключателя.

Для надежного обеспечения селективности защит в питающей сети собственных нужд электростанций в качестве защиты электродвигателей от КЗ рекомендуется применять электромагнитные расцепители-отсечки.

5.3.57. Защита электродвигателей от перегрузки должна устанавливаться в случаях, когда возможна перегрузка механизма по технологическим причинам, а также когда при особо тяжелых условиях пуска или самозапуска необходимо ограничить длительность пуска при пониженном напряжении. Защита должна выполняться с выдержкой времени и может быть осуществлена тепловым реле или другими устройствами.

Защита от перегрузки должна действовать на отключение, на сигнал или на разгрузку механизма, если разгрузка возможна.

Применение защиты от перегрузки не требуется для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы.

5.3.58. Защита минимального напряжения должна устанавливаться в следующих случаях:

для электродвигателей постоянного тока, которые не допускают непосредственного включения в сеть;

для электродвигателей механизмов, самозапуск которых после останова недопустим по условиям технологического процесса или по условиям безопасности;

для части прочих электродвигателей в соответствии с условиями, приведенными в 5.3.52.

Для ответственных электродвигателей, для которых необходим самозапуск, если их включение производится при помощи контакторов и пускателей с удерживающей обмоткой, должны применяться в цепи управления механические или электрические устройства выдержки времени, обеспечивающие включение электродвигателя при восстановлении напряжения в течение заданного времени. Для таких электродвигателей, если это допустимо по условиям технологического процесса и условиям безопасности, можно также вместо кнопок управления применять выключатели, с тем чтобы цепь удерживающей обмотки оставалась замкнутой помимо вспомогательных контактов пускателя и этим обеспечивалось автоматическое обратное включение при восстановлении напряжения независимо от времени перерыва питания.

5.3.59. Для синхронных электродвигателей защита от асинхронного режима должна, как правило, осуществляться с помощью защиты от перегрузки по току статора.

5.3.60. Защита от КЗ в электродвигателях переменного и постоянного тока должна предусматриваться:

1) в электроустановках с заземленной нейтралью - во всех фазах или полюсах;

2) в электроустановках с изолированной нейтралью:

при защите предохранителями - во всех фазах или полюсах;

при защите автоматическими выключателями - не менее чем в двух фазах или одном полюсе, при этом в пределах одной и той же электроустановки защиту следует осуществлять в одних и тех же фазах или полюсах.

Защита электродвигателей переменного тока от перегрузок должна выполняться:

в двух фазах при защите электродвигателей от КЗ предохранителями;

в одной фазе при защите электродвигателей от КЗ автоматическими выключателями.

Защита электродвигателей постоянного тока от перегрузок должна выполняться в одном полюсе.

5.3.61. Аппараты защиты электродвигателей должны удовлетворять требованиям гл. 3.1. Все виды защиты электродвигателей от КЗ, перегрузки, минимального напряжения допускается осуществлять соответствующими расцепителями, встроенными в один аппарат.

5.3.62. Специальные виды защиты от работы на двух фазах допускается применять в порядке исключения на электродвигателях, не имеющих защиты от перегрузки, для которых существует повышенная вероятность потери одной фазы, ведущая к выходу электродвигателя из строя с тяжелыми последствиями.

## **Глава 5.4. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ КРАНОВ**

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

5.4.1. Настоящая глава Правил распространяется на электрооборудование мостовых, порталных, башенных, кабельных и других кранов напряжением до 10 кВ, устанавливаемых на фундаменте или на рельсовом крановом пути, а также на электрооборудование однорельсовых тележек и электроталей внутри и вне зданий и сооружений. Кроме того, электрооборудование кранов должно отвечать требованиям действующих "Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов" Госгортехнадзора России.

Глава не распространяется на судовые, плавучие, железнодорожные, автомобильные и другие подобные краны.

5.4.2. Электрооборудование кранов\*, устанавливаемых во взрыво- и пожароопасных помещениях и зонах, должно соответствовать кроме требований настоящей главы также требованиям гл. 7.3 и 7.4 соответственно.

\*В тексте настоящей главы под термином "краны" подразумеваются не только собственно краны, но и однорельсовые тележки и электротали.

5.4.3. Главными троллеями называются троллеи, расположенные вне крана.

Троллеями крана называются троллеи, расположенные на кране.

5.4.4. Малогабаритным троллейным токопроводом (шинопроводом) называется закрытое кожухом устройство, состоящее из троллеев, изоляторов и каретки с токосъемниками. При помощи малогабаритного троллейного токопровода могут осуществляться питание крана или его тележки, управление однорельсовыми тележками и электроталиями и т. д.

5.4.5. Ремонтным загоном называется место, где кран устанавливается на время ремонта.

Ремонтным участком главных троллеев называется участок этих троллеев в пределах ремонтного загона.

5.4.6. Секцией главных троллеев называется участок этих троллеев, расположенный вне пределов ремонтных загонов и отделенный изолированным стыком от каждого из соседних участков, в том числе от ремонтных участков.

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

5.4.7. Электроснабжение крана должно осуществляться при помощи:

- 1) главных троллеев, в том числе при помощи малогабаритного троллейного токопровода;
- 2) стационарных питательных пунктов, по токосъемным контактам которых скользят укрепленные на кране отрезки троллеев ("контактные лыжи");
- 3) кольцевого токоподвода;
- 4) гибкого кабеля;
- 5) стационарного токопровода (для кранов, установленных на фундаменте).

5.4.8. Исполнение электрооборудования (электродвигателей, аппаратов и т.п.) кранов должно соответствовать условиям окружающей среды.

5.4.9. Напряжение электродвигателей переменного и постоянного тока и преобразовательных агрегатов (статистических или вращающихся), устанавливаемых на кранах, должно быть не выше 10 кВ. Применение напряжения выше 1 кВ должно быть обосновано расчетами.

5.4.10. На кранах допускается установка трансформаторов напряжением до 10 кВ и конденсаторов для повышения уровня компенсации реактивной мощности. Трансформаторы должны быть сухими или с заполнением негорючим жидким диэлектриком. Конденсаторы должны иметь пропитку из негорючей синтетической жидкости.

5.4.11. Неизолированные токоведущие части электрооборудования крана должны быть ограждены, если их расположение не исключает случайного прикосновения к ним лиц, находящихся в кабине управления, на галереях и площадках крана, а также возле него. В отношении троллеев - см. 5.4.30-5.4.33.

Электрооборудование с неизолированными токоведущими частями (магнитные контроллеры, ящики резисторов и др.), с которого автоматически снимается напряжение при входе в места его расположения, а также электрооборудование, установленное в аппаратных кабинах и других электропомещениях, запертых во время эксплуатации крана, может не ограждаться.

Расстояния от настила моста крана и его тележки до незащищенных изолированных проводов приведены в гл. 2.1, до неизолированных токопроводов - в гл. 2.2 и до светильников - в гл. 6.1.

5.4.12. Аппараты ручного управления в кабинах кранов должны быть размещены так, чтобы машинист крана мог работать сидя. Направление движения рукоятки и маховиков аппаратов должно по возможности соответствовать направлению вызываемых ими движений.

5.4.13. Панели управления, расположенные в кабине управления, должны иметь сплошные или сетчатые ограждения. Ширина проходов обслуживания этих панелей должна быть не менее указанной в 5.4.14. Установка в кабине управления резисторов для электродвигателей не допускается.

5.4.14. В аппаратных кабинах и других электропомещениях проходы обслуживания щитов и отдельных панелей (магнитных контроллеров и др.) должны отвечать следующим требованиям:

1. Ширина проходов, расположенных как с лицевой, так и с задней стороны щитов и панелей, имеющих сплошные или сетчатые ограждения, должна быть не менее 0,6 м.

2. Расстояние от неогражденных неизолированных токоведущих частей, расположенных на высоте менее 2,2 м по одну сторону прохода, до стены и оборудования с изолированными или огражденными токоведущими частями, расположенных по другую сторону прохода, должно быть не менее 0,8 м. Расстояние между неизолированными токоведущими частями, расположенными на высоте менее 2,2 м на разных сторонах прохода, должно быть не менее 1 м.

5.4.15. Электрические отопительные приборы, устанавливаемые в кабине управления крана, должны быть безопасными в пожарном отношении, а их токоведущие части должны быть ограждены. Эти приборы следует присоединять к электрической сети после вводного устройства. Корпус отопительного прибора должен быть заземлен.

5.4.16. В пролетах, где на общих рельсовых крановых путях работают два или более кранов, для каждого из них должен быть предусмотрен свой ремонтный загон. Он должен быть совмещен с местом устройства площадки для посадки на кран обслуживающего персонала.

Допускается совмещение ремонтных загонов двух или более кранов, если это не приводит к недопустимому ограничению технологического процесса во время внепланового ремонта любого крана.

Устройство ремонтных загонов не требуется при питании кранов от гибких главных троллеев (гибкого кабеля).

## **ТРОЛЛЕИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ**

5.4.17. Ремонтный участок главных троллеев должен быть электрически изолирован при помощи изолированных стыков от продолжения тех же троллеев и соединен с ними посредством разъединяющих аппаратов таким образом, чтобы во время нормальной работы этот участок мог быть включен на напряжение, а при остановке крана на ремонт надежно отключен.

Изоляция стыков главных троллеев должна быть выполнена в виде воздушного зазора, ширина которого зависит от конструкции токосъемника, но должна быть при напряжении до 1 кВ не менее 50 мм. Ширина токосъемника должна быть такова, чтобы при нормальной работе крана были исключены перерывы в подаче напряжения и неожиданная его остановка при пересечении токосъемником изолированных стыков троллеев.

Разъединяющие аппараты, служащие для соединения ремонтного участка с продолжением главных троллеев, должны быть закрытого типа и иметь приспособление для запирания на замок в отключенном положении.

5.4.18. Ремонтный участок главных троллеев, расположенный у торца кранового пролета, должен быть оборудован одним изолированным стыком и одним разъединяющим аппаратом.

Ремонтный участок главных троллеев, расположенный в середине пролета, должен быть оборудован двумя изолированными стыками (по одному с каждой стороны) и тремя разъединяющими аппаратами, включенными таким образом, чтобы было возможно осуществлять непрерывное питание троллеев, минуя отключенный ремонтный участок, а также отключать отдельно как ремонтный участок, так и секции троллеев, расположенные по обе его стороны.

5.4.19. Длина ремонтного участка главных троллеев, расположенного у торца кранового пролета, должна быть не менее ширины моста крана плюс 2 м, а длина участка, расположенного в середине пролета, - не менее ширины моста крана плюс 4 м.

Если для ремонта крана установлена электроталь (тельфер), то длину ремонтного участка следует определять в зависимости от крайних положений моста при ремонте:

1. На ремонтном участке у торца кранового пролета должно оставаться не менее 2 м от изолированного стыка до моста, занимающего во время ремонта положение, наиболее удаленное от торца.

2. На ремонтном участке в середине пролета должно быть не менее 2 м от изолированных стыков до моста при всех возможных положениях его во время ремонта.

5.4.20. На главных троллеях, а в случае их секционирования на каждой секции этих троллеев и на каждом их ремонтном участке должна быть предусмотрена возможность установки перемычки, закорачивающей между собой и заземляющей все фазы (полусы) на период осмотра и ремонта самих троллеев или ремонта крана.

5.4.21. Главные троллеи и троллеи крана должны выполняться в соответствии с требованиями гл. 2.2 и настоящей главы.

5.4.22. На малогабаритные троллейные токопроводы требования гл. 2.2, а также 5.4.23, 5.4.24, 5.4.26, 5.4.39 и второго абзаца 5.4.17 не распространяются.

5.4.23. Главные троллеи крана должны выполняться, как правило, из стали. Допускается выполнять эти троллеи из алюминиевых сплавов. Применение меди и биметалла для главных троллеев и троллеев крана должно быть специально обосновано.

5.4.24. Троллеи могут быть жесткими или гибкими; они могут подвешиваться на тросах и располагаться в коробах или каналах. При применении жестких троллеев необходимо предусматривать устройства для компенсации линейных изменений от температуры и осадки здания.

5.4.25. Расстояния между местами крепления троллеев должны быть такими, чтобы исключалась возможность замыкания их между собой и на заземленные части. Это расстояние выбирается с учетом стрелы провеса, а на открытом воздухе - кроме того, с учетом отклонения проводника под действием ветра.

5.4.26. Для кранов напряжением до 660 В, установленных как в помещении, так и на открытом воздухе, расстояния в свету между любыми токоведущими частями троллеев разных фаз (полусов), а также между ними и другими конструкциями, не изолированными от земли, должны быть не менее 30 мм для неподвижных одна относительно другой деталей и 15 мм для деталей, движущихся одна относительно другой. При напряжении выше 660 В эти расстояния должны быть не менее 200 и 125 мм соответственно.

Указанные расстояния должны быть обеспечены для главных троллеев крана при всех возможных передвижениях крана, его тележки и т.п.

5.4.27. Расстояния от главных троллеев и троллеев крана до уровня пола цеха или земли должны быть не менее: при напряжении до 660 В - 3,5 м, а в проезжей части - 6 м; при напряжении выше 660 В - во всех случаях 7 м. Уменьшение указанных расстояний допускается при условии ограждения троллеев (см. 5.4.31-5.4.33).

При гибких троллеях указанные расстояния должны быть обеспечены при наибольшей стреле провеса.

5.4.28. При прокладке троллеев в полу в каналах, закрытых бетонными плитами или металлическими листами, а также в коробах, расположенных на высоте менее 3,5 м, зазор для перемещения кронштейна с токосъемниками не должен находиться в одной вертикальной плоскости с троллеями.

Короба троллеев должны быть выполнены в соответствии с требованиями, приведенными в гл. 2.2.

В каналах, расположенных в полу, необходимо обеспечить отвод почвенных и технологических вод.

5.4.29. Гибкий кабель, используемый для питания электрооборудования крана, в местах, где возможно его повреждение, должен быть соответствующим образом защищен. Выбор марки кабеля должен производиться с учетом условий его работы и возможных механических воздействий.

5.4.30. Главные троллеи крана мостового типа следует размещать со стороны, противоположной расположению кабины управления. Исключения допускаются в случаях, когда главные троллеи недоступны для случайного прикосновения к ним из кабины управления, с посадочных площадок и лестниц.

5.4.31. Главные троллеи и их токосъемники должны быть недоступными для случайного прикосновения к ним с моста крана, лестниц, посадочных площадок и других площадок, где могут находиться люди. Это должно обеспечиваться соответствующим расположением их или ограждением.

5.4.32. В местах возможного соприкосновения грузовых канатов с троллеями данного крана или крана, расположенного ярусом ниже, должны быть установлены соответствующие защитные устройства.

5.4.33. Троллеи крана и их токосъемники, не отключаемые автоматически, должны быть ограждены или расположены между фермами моста крана на расстоянии, недоступном для персонала, обслуживающего кран. Ограждение троллеев должно производиться по всей длине троллеев и с торцов.

5.4.34. В районах, где на открытом воздухе возможно образование на троллеях гололеда, следует предусматривать устройства или мероприятия для предупреждения или устранения гололеда.

5.4.35. Линия, питающая главные троллеи до 1 кВ, должна быть снабжена выключателем закрытого типа, рассчитанным на отключение рабочего тока всех кранов, установленных в одном пролете. Выключатель должен быть установлен в доступном для отключения месте и отключать троллеи только одного пролета.

Если главные троллеи имеют две или более секций, каждая из которых получает питание по отдельной линии, то допускается посекционное отключение троллеев с принятием мер, исключающих возможность попадания напряжения на отключенную секцию от других секций.

Выключатель, а при дистанционном управлении - аппарат управления выключателем должны иметь приспособление для запираения на замок в отключенном положении, а также указатель положения: "Включено", "Отключено".

5.4.36. Для кранов, которые работают в тяжелом и очень тяжелом режимах, линию, питающую главные троллеи до 1 кВ, рекомендуется защищать автоматическим выключателем.

5.4.37. Главные троллеи должны быть оборудованы световой сигнализацией о наличии напряжения, а при секционировании троллеев и наличии ремонтных участков этой сигнализацией должны быть оборудованы каждая секция и каждый ремонтный участок.

Рекомендуется непосредственное присоединение к троллеям сигнализаторов, в которых лампы светятся при наличии напряжения на троллеях и гаснут с его исчезновением. При троллеях трехфазного тока количество ламп сигнализаторов должно быть равно количеству фаз троллеев - по одной лампе, включенной на каждую фазу, а при троллеях постоянного тока сигнализатор должен иметь две лампы, включенные параллельно.

Для обеспечения долговечности ламп должны быть приняты меры (например, включение добавочных резисторов) по снижению напряжения на их зажимах на 10% номинального значения в нормальных условиях.



5.4.38. Присоединение посторонних электроприемников к главным троллеям магнитных кранов, кранов, транспортирующих жидкий металл, а также других кранов, при работе которых исчезновение напряжения может привести к аварии, не допускается.

5.4.39. Главные троллеи жесткого типа должны быть окрашены, за исключением их контактной поверхности. Цвет их окраски должен отличаться от цвета окраски конструкций здания и подкрановых балок, причем, рекомендуется красный цвет. В месте подвода питания на длине 100 мм троллеи должны быть окрашены в соответствии с требованиями гл. 1.1.

5.4.40. Для подачи напряжения на гибкий кабель порталных электрических кранов должны быть установлены колонки, специально предназначенные для этой цели.

## ВЫБОР И ПРОКЛАДКА ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ

5.4.41. Выбор и прокладка проводов и кабелей, применяемых на кранах, должны осуществляться в соответствии с требованиями гл. 2.1, 2.3 и настоящей главы.

5.4.42. Прокладку проводов на кранах рекомендуется выполнять на лотках, в коробах и трубах.

5.4.43. На кранах всех типов могут применяться провода и кабели с медными, алюмомедными или алюминиевыми жилами.

Сечение жил проводов и кабелей вторичных цепей должно быть не менее  $2,5 \text{ мм}^2$  для медных жил и не менее  $4 \text{ мм}^2$  для алюмомедных и алюминиевых жил. Допускается применение проводов с многопроволочными жилами сечением не менее  $1,5 \text{ мм}^2$  для медных жил и не менее  $2,5 \text{ мм}^2$  для алюмомедных и алюминиевых жил, при этом провода не должны нести механической нагрузки (см. 5.4.44).

Для кранов, работающих в тяжелом и весьма тяжелом режимах, а также для кранов, работающих с минеральными удобрениями, рекомендуется для вторичных цепей применять провода и кабели с медными жилами.

Для вторичных цепей напряжением до 60 В разрешается применение проводов и кабелей с медными многопроволочными жилами сечением не менее  $0,5 \text{ мм}^2$  при условии, что присоединение жил выполнено пайкой и провода не несут механической нагрузки.

Вторичные цепи на кранах, работающих с жидким и горячим металлом (разливочные, заливочные и завалочные краны, краны нагревательных колодцев и др.), должны выполняться проводами и кабелями с медными жилами, а вторичные цепи на быстроходных кранах (уборочные краны, перегружатели) - с медными или алюмомедными жилами (см. также 5.4.46).

Алюминиевые и алюмомедные жилы проводов и кабелей в первичных цепях кранов должны быть многопроволочными сечением не менее  $16 \text{ мм}^2$ . Применение проводов и кабелей с однопроволочными алюминиевыми и алюмомедными жилами в первичных цепях кранов не допускается.

5.4.44. На электроталях, работающих как отдельно, так и входящих в состав других грузоподъемных машин, допускается применение защищенных проводов с медными жилами сечением: во вторичных цепях и цепях электромагнита тормоза не менее  $0,75 \text{ мм}^2$ , в цепях электродвигателей не менее  $1,5 \text{ мм}^2$ ; кроме того, в указанных случаях допускается применение защищенных многопроволочных проводов с алюминиевыми жилами сечением  $2,5 \text{ мм}^2$ .

5.4.45. Прокладка проводов и кабелей на кранах, работающих с жидким и горячим металлом, должна выполняться в стальных трубах. На этих кранах не допускается прокладка в одной трубе силовых цепей разных механизмов, цепей управления разных механизмов, силовых цепей и цепей управления одного механизма.

5.4.46. На кранах, работающих с жидким и горячим металлом, должны применяться теплостойкие провода и кабели. Токовые нагрузки на них следует определять, исходя из температуры окружающего воздуха 60°C.

5.4.47. В местах, где изоляция и оболочка проводов и кабелей могут подвергаться воздействию масла, следует применять провода и кабели с маслостойкими изоляцией и оболочкой. В этих местах допускается применение проводов и кабелей с немаслостойкими изоляцией и оболочкой при условии прокладки их в трубах, имеющих герметичные вводы в электродвигатели, аппараты и т. п.

5.4.48. Допустимые длительные нагрузки на провода и кабели должны определяться и соответствии с гл. 1.3.

5.4.49. Напряжение на зажимах электродвигателей и в цепях управления ими при всех режимах работы электрооборудования крана должно быть не ниже 85% номинального.

5.4.50. Жилы проводов и кабелей всех цепей должны иметь маркировку.

## **УПРАВЛЕНИЕ, ЗАЩИТА, СИГНАЛИЗАЦИЯ**

5.4.51. Напряжение цепей управления и автоматики должно быть не выше 400 В переменного и 440 В постоянного тока. На кранах, предназначенных для предприятий с электрической сетью 500 В, допускается применение напряжения 500 В.

5.4.52. Защита электрооборудования кранов должна выполняться в соответствии с требованиями гл. 3.1 и 5.3.

## **ОСВЕЩЕНИЕ**

5.4.53. В сетях до 42 В для питания цепей управления и освещения допускается использование в качестве рабочего провода металлических конструкций крана в соответствии с требованиями гл.2.1.

5.4.54. Номинальное напряжение светильников рабочего освещения крана при переменном токе не должно превышать 220 В. При напряжении сети трехфазного тока 380 В и выше питание светильников следует осуществлять от понижающих трансформаторов. Допускается включать светильники в силовую сеть трехфазного тока 380 В на линейное напряжение, соединяя их в звезду.

Для передвижных кранов, присоединяемых к сети 380/220 В гибким четырехжильным кабелем, питание светильников необходимо осуществлять на напряжении фаза - ноль.

Допускается включать светильники в силовую сеть напряжением до 600 В постоянного тока, соединяя их последовательно.

Для освещения места работы крана он должен быть снабжен светильниками (прожекторами, фонарями).

5.4.55. Для светильников ремонтного освещения должно применяться напряжение не выше 420 В с питанием от трансформатора или аккумулятора, установленных на кране или в пункте ремонта крана; при питании от трансформатора должны быть выполнены требования гл. 6.2.

## **ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАНУЛЕНИЕ**

5.4.56. Заземление и зануление должны быть выполнены в соответствии с требованиями гл. 1.7. Считается достаточным, если части, подлежащие заземлению или занулению, присоединены к металлическим конструкциям крана, при этом должна быть обеспечена непрерывность электрической цепи металлических конструкций. Если электрооборудование крана установлено на его заземленных металлических конструкциях и на опорных поверхностях предусмотрены зачищенные и незакрашенные места для обеспечения электрического контакта, то дополнительного заземления не требуется.

Рельсы кранового пути должны быть надежно соединены на стыках (сваркой, приваркой перемычек достаточного сечения, приваркой к металлическим подкрановым балкам) одна с другой для создания непрерывной электрической цепи. В электроустановках, для которых в качестве защитного мероприятия применяется заземление или зануление, рельсы кранового пути должны быть соответственно заземлены или занулены.

При установке крана на открытом воздухе рельсы кранового пути, кроме того, должны быть соединены между собой и заземлены, при этом для заземления рельсов необходимо предусматривать не менее двух заземлителей, присоединяемых к рельсам в разных местах.

5.4.57. При питании крана кабелем должны быть выполнены кроме требования 5.4.56 также требования гл. 1.7, предъявляемые к передвижным электроустановкам.

5.4.58. Корпус кнопочного аппарата управления крана, управляемого с пола, должен быть выполнен из изоляционного материала или заземлен (занулен) не менее чем двумя проводниками. В качестве одного из проводников может быть использован тросик, на котором подвешен кнопочный аппарат.

## **ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ КРАНОВ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 КВ**

5.4.59. Требования, приведенные в 5.4.60-5.4.69, распространяются на краны напряжением выше 1 кВ и являются дополнительными к требованиям, приведенным выше в настоящей главе.

5.4.60. Электрооборудование выше 1 кВ, расположенное на кранах как открыто, так и в электропомещениях, должно выполняться в соответствии с требованиями гл. 4.2.

5.4.61. Секционирование, устройство ремонтных вагонов и световой сигнализации на главных троллеях кранов не требуются.

5.4.62. Расстояние в свету между главными троллеями и краном должно быть по горизонтали не менее 1,5 м (исключение см. в 5.4.63) и 5.4.64). При расположении главных троллей над площадками крана, на которых при работе или при ремонте крана могут находиться люди, троллеи должны располагаться на высоте не менее 3 м от уровня площадки, а площадка должна быть ограждена сверху сеткой.

5.4.63. Площадка для установки токоъемников главных троллеев должна иметь ограждение с дверью (люком). Расстояние по горизонтали от главных троллеев до этой площадки должно быть не менее 0,7 м.

5.4.64. Конструкция токоъемников главных троллеев должна позволять разъединение их с троллеями, при этом разъединитель перед выключателем (см. 5.4.65) может не устанавливаться. Между троллеями и отведенными от них токоъемниками расстояние должно быть не менее 0,7 м.

Привод токоъемников должен иметь приспособление для запираания на замок, при отведенных токоъемниках, а также указатель: "Включено", "Отключено".

5.4.65. Отключение и включение посредством токоъемников главных троллеев рабочего тока, тока холостого хода трансформатора и электродвигателя напряжением выше 1 кВ не допускаются. На кране должен быть установлен выключатель на стороне высшего напряжения, рассчитанный на отключение рабочего тока.

На стороне высшего напряжения трансформатора допускается установка коммутационного аппарата, рассчитанного на отключение только тока холостого хода трансформатора, при этом перед отключением трансформатора на высшем напряжении должно быть произведено предварительное отключение всей нагрузки.

5.4.66. Дверь (люк) на площадку для установки токоъемников (см. 5.4.63), привод токоъемников (см. 5.4.64) и выключатель (см. 5.4.65) должны иметь блокировки, обеспечивающие следующее:

1. Работа привода токоъемников на отсоединение от троллеев и присоединение к ним должна быть возможной только после отключения выключателя.

2. Открывание двери на площадку для установки токоъемников должно быть возможным только после отведения токоъемников от троллеев в крайнее отключенное положение.

3. Работа привода токоъемников на соединение их с троллеями должна быть возможной только после закрытия двери на площадку для установки токоъемников.

4. Включение выключателя должно быть возможным только после соединения токоъемников с троллеями и после отведения токоъемников от троллеев в крайнее отключенное положение.

5.4.67. Должна быть предусмотрена возможность установки перемычки, соединяющей между собой и заземляющей все фазы токоъемников.

5.4.68. Для производства ремонтных работ должно быть обеспечено электроснабжение крана трехфазным напряжением не выше 380/220 В.

5.4.69. При установке кранов на открытом воздухе следует:

1) главные троллеи защищать от атмосферных перенапряжений и конструкции их заземлять в соответствии с требованиями гл. 2.5;

2) трансформатор и электродвигатели напряжением выше 1 кВ, установленные на кране, защищать от атмосферных перенапряжений.

## **Глава 5.5. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЛИФТОВ**

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

5.5.1. Настоящая глава Правил распространяется на электрооборудование лифтов (подъемников) напряжением до 600 В, грузоподъемностью 50 кг и более, устанавливаемых в жилых и общественных зданиях, в промышленных предприятиях и других сооружениях. В остальном лифты (подъемники) должны отвечать требованиям действующих "Правил устройства и безопасной эксплуатации лифтов" Госгортехнадзора России.

Настоящие Правила не распространяются на лифты (подъемники), устанавливаемые во взрывоопасных помещениях, в шахтах, горной промышленности, на судах и иных плавучих сооружениях, на самолетах и других летательных аппаратах, а также на лифты специального назначения.

5.5.2. Лифтом (подъемником) в настоящих Правилах называется подъемное устройство, предназначенное для перемещения людей и груза в кабине или на платформе, движущихся в жестких вертикальных направляющих при помощи подъемного механизма, приводимого в действие электродвигателем непосредственно или через редуктор, связанный с ним жесткой или упругой муфтой.

5.5.3. Групповой лифтовой установкой в настоящих Правилах называется установка, состоящая из нескольких лифтов, имеющих машинное помещение и связанных между собой общей системой управления.

## **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

5.5.4. Напряжение силовых электрических цепей в машинных помещениях должно быть не выше 660 В, в кабинах, шахтах и на этажных площадках - не выше 380 В, а для цепей управления, освещения и сигнализации во всех помещениях - не выше 220 В (допускается использование фазы и нуля сети 380/220 В). При использовании фазы и нуля должны быть соблюдены следующие требования:

1. Питание цепей управления, освещения и сигнализации должно производиться от одной фазы.

2. Один конец обмотки аппаратов должен быть наглухо присоединен к нулевому проводу.

Напряжение цепи питания переносных ламп должно быть не выше 42 В.

Применение автотрансформаторов с целью понижения напряжения не допускается.

5.5.5. Уровень помех радиоприему от электрических машин, аппаратов и электропроводки, входящих в комплект электрооборудования лифта (подъемника) или групповой лифтовой установки, не должен превышать значений, установленных действующими положениями.

## **ЭЛЕКТРОПРОВОДКА И ТОКОПОДВОД К КАБИНЕ**

5.5.6. Электропроводка в машинном помещении, шахте лифта (подъемника) и кабине должна соответствовать требованиям гл. 2.1 и 3.4, а также следующим требованиям:

1. Электропроводка должна выполняться изолированными проводами или кабелями с резиновой или равноценной ей изоляцией; применение силовых и контрольных кабелей с изоляцией из питающей кабельной бумаги не допускается.

2. Сечение жил кабелей и проводов должно быть не менее  $1,5 \text{ мм}^2$  для медных жил и  $2,5 \text{ мм}^2$  для алюминиевых жил.

На участках цепей управления от этажных рядов зажимов и рядов зажимов на кабине до аппаратов, устанавливаемых в шахте и на кабине, а также на участках цепей управления, обеспечивающих безопасность пользования лифтом или подверженных частым ударам и вибрации, должны применяться провода и кабели с медными жилами. При применении проводов и кабелей с медными многопроволочными жилами сечение их может быть снижено: в цепях присоединения аппаратов безопасности до  $0,5 \text{ мм}^2$ , в остальных цепях до  $0,35 \text{ мм}^2$ .

3. Внутренний монтаж лифтовых аппаратов и комплектных устройств должен выполняться медными проводами.

4. Концы проводов должны иметь маркировку согласно проекту.

5.5.7. Токоподвод к кабине, а также к противовесу в случае установки на нем выключателя-ловителя или других аппаратов должен выполняться гибкими кабелями или гибкими проводами с медными жилами сечением не менее  $0,75 \text{ мм}^2$ , заключенными в общий резиновый или равноценный ему шланг.

В токоподводе должно быть предусмотрено не менее 5% резервных жил от общего числа используемых, но не менее двух жил.

Кабели и шланги должны быть рассчитаны на восприятие нагрузок от собственного веса. Допускается их усиление закреплением к несущему стальному тросу.

5.5.8. Кабели и шланги токоподвода должны быть размещены и укреплены таким образом, чтобы при движении кабины исключалась возможность их зацепления за находящиеся в шахте конструкции и их механического повреждения. При применении для токоподвода нескольких кабелей или шлангов они должны быть скреплены между собой.

## ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ МАШИННОГО ПОМЕЩЕНИЯ

5.5.9. Проходы обслуживания между фундаментами или корпусами электрических машин, между электрическими машинами и частями здания или оборудования в машинных помещениях, кроме помещений для малогрузных (до 160 кг) подъемников, должны быть шириной не менее 1 м в свету. Допускаются местные сужения проходов между выступающими частями машин и строительными конструкциями до 0,6 м.

Допускается не более чем с двух сторон уменьшить до 0,5 м ширину прохода обслуживания электрических машин; со сторон машины, не требующих обслуживания, расстояние не регламентируется.

5.5.10. В машинных помещениях проходы обслуживания должны отвечать следующим требованиям:

1. Ширина (в свету) прохода обслуживания с передней и задней сторон панели управления должны быть не менее 0,75 м. При ширине панели управления не более 1 м и возможности доступа к панели с обеих сторон расстояние от выступающих частей задней стороны панели до стены машинного помещения допускается уменьшить до 0,2 м, а при ширине панели более 1 м или наличии доступа к панели с одной боковой стороны - до 0,5 м.

Панель управления, у которой монтаж и демонтаж электрических аппаратов и подсоединение к ним проводов производятся только с передней стороны, допускается устанавливать вплотную к стене машинного помещения, а также в нишах глубиной не более толщины панели вместе с аппаратурой управления.

2. Расстояние от неогражденных неизолированных токоведущих частей, расположенных на высоте менее 2 м по одну сторону прохода, до стены и оборудования с изолированными или огражденными токоведущими частями, расположенными по другую сторону прохода, должно быть не менее 0,75 м.

3. Расстояние между неогражденными токоведущими частями, расположенными на высоте менее 2 м на разных сторонах прохода, должно быть не менее 1,2 м.

5.5.11. На щите управления каждого лифта должен быть установлен аппарат, отключающий первичную цепь и цепь управления. В машинном помещении непосредственно у входа должен быть установлен вводный аппарат для снятия напряжения со всей лифтовой установки.

5.5.12. В машинном помещении у входа необходимо предусматривать свободный проход шириной не менее 1 м.

## **ЗАЩИТА**

5.5.13. Защита первичных цепей и цепей управления лифта и группы лифтов должна быть выполнена в соответствии с требованиями гл. 3.1.

Лифты с электромашинными преобразовательными агрегатами должны иметь защиту от длительной перегрузки и от КЗ электродвигателя преобразовательного агрегата.

## **ОСВЕЩЕНИЕ**

5.5.14. Кабина и шахта при сплошном ее ограждении для лифтов (подъемников) всех типов, за исключением малых грузовых, а также машинное помещение, помещение верхних блоков, площадки перед дверями, шахты, проходы и коридоры, ведущие к лифту, к помещению верхних блоков и к приямку, должны быть оборудованы стационарным электрическим освещением. Питание электрического освещения, кроме освещения кабины, должно производиться от сети внутреннего освещения здания. Освещение глухих шахт подъемников с автоматическими дверями допускается осуществлять путем установки одной лампы на кабине и одной лампы под кабиной подъемника.

Освещенность в шахтах должна составлять не менее 5 лк.

В остекленных или огражденных сетками шахтах выполнение стационарного освещения является необязательным, если наружное освещение обеспечивает достаточную освещенность внутри шахты.

5.5.15. В машинном помещении, в помещении верхних блоков и на крыше кабины должно быть установлено по одной или более розеток для переносной лампы напряжением не выше 42 В.

5.5.16. Лампы освещения кабины и шахты при питании освещения от первичной цепи электродвигателя должны быть включены в сеть до вводного рубильника или автоматического выключателя электродвигателя лифта (подъемника).

При наличии в кабине резервного освещения до 42 В допускается включение основного освещения кабины после вводного рубильника или автоматического выключателя.

5.5.17. Выключатель для включения освещения кабины и шахты должен устанавливаться в машинном помещении. Освещение кабины пассажирского лифта с подвижным полом допускается выполнять так, чтобы оно включалось при открытой двери шахты и отключалось после выхода из кабины всех пассажиров и закрытия дверей шахты. Допускается также использовать для включения освещения кабины переключатель, предназначенный для дистанционного включения лифта в работу, при этом освещение кабины должно включаться одновременно с включением лифта в работу. Этот переключатель должен устанавливаться в запортом шкафу на основном посадочном этаже.

### **ЗАЗЕМЛЕНИЕ (ЗАНУЛЕНИЕ)**

5.5.18. Заземление лифтов (подъемников) должно отвечать требованиям гл. 1.7, а также следующим требованиям:

1. Заземление электрических машин и аппаратов, установленных на звуко- и виброизолирующих опорах, должно быть выполнено гибким проводом.

2. Для заземления кабины следует использовать одну из жил кабеля или один из проводов токопровода. Рекомендуется использовать в качестве дополнительного заземляющего проводника экранирующие оболочки и несущие тросы кабелей, а также стальные несущие тросы кабины.

3. Металлические направляющие кабины и противовеса, а также металлические конструкции ограждения шахты должны быть заземлены.

### **УСТАНОВКИ С БЕСКОНТАКТНОЙ АППАРАТУРОЙ УПРАВЛЕНИЯ**

5.5.19. При применении бесконтактной аппаратуры для управления лифтами должны быть соблюдены условия, оговоренные в 5.5.20-5.5.28.

5.5.20. Сложные системы управления группой лифтов должны состоять из отдельных групп блоков управления, при этом:

1) каждый лифт должен управляться отдельной группой блоков, допускающей работу этого лифта независимо от состояния других лифтов и их блоков;

2) должна быть предусмотрена возможность легкого отсоединения блоков лифта без нарушения работы остальных лифтов.

5.5.21. Блоки питания системы управления с логическими элементами должны иметь защиту от КЗ, перегрузок и снижения выходных напряжений с сигнализацией о ее срабатывании. Защита должна быть построена так, чтобы при КЗ, перегрузке или снижении напряжения в одной выходной цепи отключались все выходные цепи блока питания.

5.5.22. Если общая точка системы управления с логическими элементами не заземлена, в блоке питания необходимо предусмотреть контроль замыкания на землю каждой выходной цепи с соответствующей сигнализацией.

5.5.23. Блоки питания должны допускать дистанционное включение и отключение.



5.5.24. Станции управления лифтами, собираемые из отдельных блоков, должны быть снабжены аппаратурой, указывающей прохождение основных сигналов, или гнездами, позволяющими присоединять измерительную аппаратуру для контроля этих сигналов.

5.5.25. Конструкции станций управления и комплектных устройств должны обеспечивать свободный доступ к проводам, кабелям и входным рядам зажимов.

5.5.26. При установке станций управления в шкафах не рекомендуется устанавливать какую-либо аппаратуру, кроме сигнальной, на дверях шкафов.

5.5.27. Цепи кнопок, ключей управления, путевых и конечных выключателей должны быть гальванически разделены. Разделение может быть произведено с помощью входных согласующих элементов или с помощью реле, контакты которых предназначены для работы в цепях с малыми токами.

5.5.28. Цепи напряжением 220 В и выше должны прокладываться отдельно от цепей напряжением ниже 220 В бесконтактных элементов и присоединяться к отдельным, специально выделенным рядам зажимов или разъемным контактными соединителям.

## **Глава 5.6. КОНДЕНСАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ**

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

5.6.1. Настоящая глава Правил распространяется на конденсаторные установки до 500 кВ (вне зависимости от их исполнения), присоединяемые параллельно индуктивным элементам электрических систем переменного тока частотой 50 Гц и предназначенные для компенсации реактивной мощности электроустановок и регулирования напряжения. Глава не распространяется на конденсаторные установки для продольной компенсации, фильтровые и специальные.

Конденсаторные установки напряжением до 1 кВ и выше должны также удовлетворять соответственно требованиям гл. 4-1 и 4.2.

5.6.2. Конденсаторной установкой называется электроустановка, состоящая из конденсаторов, относящегося к ним вспомогательного электрооборудования (выключателей, разъединителей, разрядных резисторов, устройств регулирования, защиты и т. п.) и ошиновки.

Конденсаторная установка может состоять из одной или нескольких конденсаторных батарей или из одного или нескольких отдельно установленных единичных конденсаторов, присоединенных к сети через коммутационные аппараты.

5.6.3. Конденсаторной батареей называется группа единичных конденсаторов, электрически соединенных между собой.

5.6.4. Единичным конденсатором называется конструктивное соединение одного или нескольких конденсаторных элементов в общем корпусе с наружными выводами.

Термин "конденсатор" используется тогда, когда нет необходимости подчеркивать различные значения терминов "единичный конденсатор" и "конденсаторная батарея".

5.6.5. Конденсаторным элементом (секцией) называется неделимая часть конденсатора, состоящая из токопроводящих обкладок (электродов), разделенных диэлектриком.

5.6.6. Последовательным рядом при параллельно-последовательном соединении конденсаторов в фазе батареи называется часть батареи, состоящая из параллельно включенных конденсаторов.

## **СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ, ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ**

5.6.7. Конденсаторные установки могут присоединяться к сети через отдельный аппарат, предназначенный для включения и отключения только конденсаторов, или через общий аппарат с силовым трансформатором, асинхронным электродвигателем или другим электроприемником. Эти схемы могут применяться при любом напряжении конденсаторной установки.

5.6.8. Конденсаторные батареи на напряжение выше 10 кВ собираются из однофазных конденсаторов путем их параллельно-последовательного соединения. Число последовательных рядов конденсаторов выбирается так, чтобы в нормальных режимах работы токовая нагрузка на конденсаторы не превышала номинального значения. Число конденсаторов в ряду должно быть таким, чтобы при отключении одного из них из-за перегорания предохранителя напряжение на оставшихся конденсаторах ряда не превышало 110% номинального.

5.6.9. Конденсаторные батареи на напряжение 10 кВ и ниже должны собираться, как правило, из конденсаторов с номинальным напряжением, равным номинальному напряжению сети. При этом допускается длительная работа единичных конденсаторов с напряжением не более 110% номинального.

5.6.10. В трехфазных батареях однофазные конденсаторы соединяются в треугольник или звезду. Может применяться также последовательное или параллельно-последовательное соединение однофазных конденсаторов в каждой фазе трехфазной батареи.

5.6.11. При выборе выключателя конденсаторной батареи должно учитываться наличие параллельно включенных (например, на общие шины) конденсаторных батарей. При необходимости должны быть выполнены устройства, обеспечивающие снижение толчков тока в момент включения батареи.

5.6.12. Разъединитель конденсаторной батареи должен иметь заземляющие ножи со стороны батареи, заблокированные со своим разъединителем. Разъединители конденсаторной батареи должны быть заблокированы с выключателем батареи.

5.6.13. Конденсаторы должны иметь разрядные устройства.

Единичные конденсаторы для конденсаторных батарей рекомендуется применять со встроенными разрядными резисторами. Допускается установка конденсаторов без встроенных разрядных резисторов, если на выводы единичного конденсатора или последовательного ряда конденсаторов постоянно подключено разрядное устройство. Разрядные устройства могут не устанавливаться на батареях до 1 кВ, если они присоединены к сети через трансформатор и между батареями и трансформатором отсутствуют коммутационные аппараты.

В качестве разрядных устройств могут применяться:

трансформаторы напряжения или устройства с активно-индуктивным сопротивлением - для конденсаторных установок выше 1 кВ;

устройства с активным или активно-индуктивным сопротивлением - для конденсаторных установок до 1 кВ.

5.6.14. Для достижения наиболее экономичного режима работы электрических сетей с переменным графиком реактивной нагрузки следует применять автоматическое регулирование

мощности конденсаторной установки путем включения и отключения ее в целом или отдельных ее частей.

5.6.15. Аппараты и токоведущие части в цепи конденсаторной батареи должны допускать длительное прохождение тока, составляющего 130% номинального тока батареи.

## ЗАЩИТА

5.6.16. Конденсаторные установки в целом должны иметь, защиту от токов КЗ, действующую на отключение без выдержки времени. Защита должна быть отстроена от токов включения установки и толчков тока при перенапряжениях.

5.6.17. Конденсаторная установка в целом должна иметь защиту от повышения напряжения, отключающую батарею при повышении действующего значения напряжения сверх допустимого. Отключение установки следует производить с выдержкой времени 3-5 мин. Повторное включение конденсаторной установки допускается после снижения напряжения в сети до номинального значения, но не ранее чем через 5 мин после ее отключения. Защита не требуется, если батарея выбрана с учетом максимально возможного значения напряжения цепи, т. е. так, что при повышении напряжения к единичному конденсатору не может быть длительно приложено напряжение более 110% номинального.

5.6.18. В случаях, когда возможна перегрузка конденсаторов токами высших гармоник, должна быть предусмотрена релейная защита, отключающая конденсаторную установку с выдержкой времени при действующем значении тока для единичных конденсаторов, превышающем 130% номинального.

5.6.19. Для конденсаторной батареи, имеющей две или более параллельные ветви, рекомендуется применять защиту, срабатывающую при нарушении равенства токов ветвей.

5.6.20. На батареях с параллельно-последовательным включением конденсаторов каждый конденсатор выше 1,05 кВ должен быть защищен внешним предохранителем, срабатывающим при пробое конденсатора. Конденсаторы 1,05 кВ и ниже должны иметь встроенные внутрь корпуса плавкие предохранители по одному на каждую секцию, срабатывающие при пробое секции.

5.6.21. На батареях, собранных по схеме электрических соединений с несколькими секциями, должна применяться защита каждой секции от токов КЗ независимо от защиты конденсаторной установки в целом. Такая защита секции необязательна, если каждый единичный конденсатор защищен отдельным внешним или встроенным предохранителем. Защита секции должна обеспечивать ее надежное отключение при наименьших и наибольших значениях тока КЗ в данной точке сети.

5.6.22. Схема электрических соединений конденсаторных батарей и предохранители должны выбираться такими, чтобы повреждение изоляции отдельных конденсаторов не приводило к разрушению их корпусов, повышению напряжения выше длительно допустимого на оставшихся в работе конденсаторах и отключению батареи в целом.

Для защиты конденсаторов выше 1 кВ должны применяться предохранители, ограничивающие значение тока КЗ.

Внешние предохранители конденсаторов должны иметь указатели их перегорания.

5.6.23. Защита конденсаторных установок от грозových перенапряжений должна предусматриваться в тех случаях и теми же средствами, какие предусмотрены в гл. 4.2.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

5.6.24. Емкости фаз конденсаторной установки должны контролироваться стационарными устройствами измерения тока в каждой фазе.

Для конденсаторных установок мощностью до 400 квар допускается измерение тока только в одной фазе.

5.6.25. Реактивная энергия, выданная в сеть конденсаторами, должна учитываться согласно требованиям гл. 1.5.

## УСТАНОВКА КОНДЕНСАТОРОВ

5.6.26. Конструкция конденсаторной установки должна соответствовать условиям окружающей среды.

5.6.27. Конденсаторные установки с общей массой масла более 600 кг в каждой должны быть расположены в отдельном помещении, отвечающем требованиям огнестойкости, приведенным в 4.2.76, с выходом наружу или в общее помещение.

Конденсаторные установки с общей массой масла до 600 кг в каждой, а также конденсаторные установки, состоящие из конденсаторов с негорючей жидкостью, могут размещаться в помещениях РУ до 1 кВ и выше или в основных и вспомогательных помещениях производств, отнесенных к категориям Г и Д по противопожарным требованиям СНиП Госстроя России.

5.6.28. При расположении внутри помещения конденсаторной установки выше 1 кВ с общей массой масла более 600 кг под установкой должен быть устроен маслоприемник, рассчитанный на 20% общей массы масла во всех конденсаторах и выполненный в соответствии с требованиями, приведенными в 4.2.101. При наружном расположении устройство маслоприемников под конденсаторами не требуется.

5.6.29. Конденсаторные установки, размещенные в общем помещении, должны иметь сетчатые ограждения или защитные кожухи. Должны быть также выполнены устройства, предотвращающие растекание синтетической жидкости по кабельным каналам и полу помещения при нарушении герметичности корпусов конденсаторов и обеспечивающие удаление паров жидкости из помещения.

5.6.30. Расстояние между единичными конденсаторами должно быть не менее 50 мм и должно выбираться по условиям охлаждения конденсаторов и обеспечения изоляционных расстояний.

5.6.31. Указатели перегорания внешних предохранителей конденсатора должны быть доступны для осмотра при работе батареи.

5.6.32. Температура окружающего конденсаторы воздуха не должна выходить за верхний и нижний пределы, установленные ГОСТ или техническими условиями на конденсаторы соответствующего типа.

Помещение или шкафы конденсаторной установки должны иметь отдельную систему естественной вентиляции; если она не обеспечивает снижения температуры воздуха в помещении до наибольшей допустимой, необходимо применять искусственную вентиляцию.

5.6.33. Для конденсаторов, устанавливаемых на открытом воздухе, должно учитываться наличие солнечного излучения. Конденсаторы на открытом воздухе рекомендуется

устанавливать так, чтобы отрицательное воздействие на них солнечной радиации было наименьшим.

5.6.34. Соединение выводов конденсаторов между собой и присоединение их к шинам должны выполняться гибкими перемычками.

5.6.35. Конструкции, на которых устанавливаются конденсаторы, должны выполняться из негорючих материалов. При выборе способа крепления конденсаторов необходимо учитывать тепловое расширение корпуса конденсатора.

5.6.36. При наружной установке расстояния от конденсаторов, заполненных маслом, до другого оборудования, а также противопожарные расстояния от них до зданий и сооружений должны приниматься по 4.2.67 и 4.2.68.

5.6.37. При наружной установке маслонаполненные конденсаторы должны устанавливаться согласно противопожарным требованиям группами мощностью не более 30 Мвар каждая. Расстояние в свету между группами одной конденсаторной установки должно быть не менее 4 м, а между группами разных конденсаторных установок - не менее 6 м.

5.6.38. В одном помещении с конденсаторами допускается установка относящихся к ним разрядных резисторов, разъединителей, выключателей нагрузки, малообъемных выключателей и измерительных трансформаторов.

5.6.39. При разделении конденсаторной батареи на части рекомендуется располагать их таким образом, чтобы была обеспечена безопасность работ на каждой из частей при включенных остальных.

5.6.40. На конденсаторной установке должны предусматриваться приспособления для заземления несущих металлических конструкций, которые могут находиться под напряжением при работе установки.

## РАЗДЕЛ 6. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

УТВЕРЖДЕНЫ Министерством топлива и энергетики Российской Федерации В.И. Калужным 06.10.99.

РАЗРАБОТАНЫ - ОАО «ВНИПИ Тяжпромэлектропроект»

СОГЛАСОВАНЫ: Госстрой России - письмо от 28.01.99 № 30/09;

ГУГПС МВД России - письмо от 04.06.00 № 20/2.2/1610;

РАО «ЕЭС России» - письмо от 13.07.99 № 6-2;

АО «ВНИИЭ» - письмо от 16.09.98 № 01-6в-858.

ПОДГОТОВЛЕННЫ к утверждению Департаментом государственного энергетического надзора Минтопэнерго России.

### Предисловие

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) седьмого издания в связи с длительным сроком переработки (не менее двух лет) будет выпускаться и вводиться в действие отдельными разделами и главами по мере завершения работ по их пересмотру, согласованию и утверждению.

Настоящее издание включает разделы и главы седьмого издания, подготовленные ОАО «ВНИПИ Тяжпромэлектропроект» совместно с Ассоциацией «Росэлектромонтаж»:

Раздел 6 Электрическое освещение, в составе:

- глава 6.1. Общая часть;
- глава 6.2. Внутреннее освещение;
- глава 6.3. Наружное освещение;
- глава 6.4. Световая реклама, знаки и иллюминация;
- глава 6.5. Управление освещением;
- глава 6.6. Осветительные приборы и электроустановочные устройства.

Раздел 7. Электрооборудование специальных установок:

- глава 7.1. Электроустановки жилых, общественных, административных и бытовых зданий;
- глава 7.2. Электроустановки зрелищных предприятий, клубных учреждений и спортивных сооружений.

При подготовке указанных глав ПУЭ учтены требования государственных стандартов (в частности ГОСТ Р 50571), строительных норм и правил, рекомендации научно-технических советов ведущих электроэнергетических организаций. Проект рассмотрен рабочими группами Координационного Совета по пересмотру ПУЭ.

Раздел 6, главы 7.1. и 7.2. согласованы с Госстроем России, ГУГПС МВД России, РАО «ЕЭС России», АО «ВНИИЭ» и представлены к утверждению Департаментом государственного энергетического надзора и энергосбережения Минтопэнерго России.

Требования Правил устройства электроустановок являются обязательными для всех ведомств независимо от их организационно-правовой формы, а также для лиц, занимающихся предпринимательской деятельностью без образования юридического лица.

С 01.07.2000 утрачивают силу раздел 6, раздел 7, глава 7.1 и глава 7.2 Правил устройства электроустановок шестого издания.

Издание разделов и глав Правил устройства электроустановок седьмого издания может производиться только по разрешению Госэнергонадзора.

*Замечания и предложения по содержанию глав седьмого издания Правил устройства электроустановок следует направлять в Госэнергонадзор - 103074, г. Москва, Китай-городский пр., 7*

### Глава 6.1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

## Область применения. Определения

**6.1.1.** Настоящий раздел Правил распространяется на установки электрического освещения зданий, помещений и сооружений наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов, территорий предприятий и учреждений, на установки оздоровительного ультрафиолетового облучения длительного действия, установки световой рекламы, световые знаки и иллюминационные установки.

**6.1.2.** Электрическое освещение специальных установок (жилых и общественных зданий, зрелищных предприятий, клубных учреждений, спортивных сооружений, взрывоопасных и пожароопасных зон) кроме требований настоящего раздела должно удовлетворять также требованиям соответствующих глав раздела 7.

**6.1.3.** Питающая осветительная сеть — сеть от распределительного устройства подстанции или ответвления от воздушных линий электропередачи до ВУ, ВРУ, ГРЩ.

**6.1.4.** Распределительная сеть — сеть от ВУ, ВРУ, ГРЩ до распределительных пунктов, щитков и пунктов питания наружного освещения.

**6.1.5.** Групповая сеть — сеть от щитков до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников.

**6.1.6.** Пункт питания наружного освещения — электрическое распределительное устройство для присоединения групповой сети наружного освещения к источнику питания.

**6.1.7.** Фаза ночного режима — фаза питающей или распределительной сети наружного освещения, не отключаемая в ночные часы.

**6.1.8.** Каскадная система управления наружным освещением — система, осуществляющая последовательное включение (отключение) участков групповой сети наружного освещения.

**6.1.9.** Провода зарядки светильника — провода, прокладываемые внутри светильника от установленных в нем контактных зажимов или штепсельных разъемов для присоединения к сети (для светильника, не имеющего внутри контактных зажимов или штепсельного разъема — провода или кабеля от места присоединения светильника к сети) до установленных в светильнике аппаратов и ламповых патронов.

## Общие требования

**6.1.10.** Нормы освещенности, ограничения слепящего действия светильников, пульсаций освещенности и другие качественные показатели осветительных установок, виды и системы освещения должны приниматься согласно требованиям СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение" и другим нормативным документам, утвержденным или согласованным с Госстроем (Минстроем) РФ и министерствами и ведомствами Российской Федерации в установленном порядке.

Светильники должны соответствовать требованиям норм пожарной безопасности НПБ 249-97 "Светильники. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний".

**6.1.11.** Для электрического освещения следует, как правило, применять разрядные лампы низкого давления (например, люминесцентные), лампы высокого давления (например, металлогалогенные типа ДРИ, ДРИЗ, натриевые типа ДНаТ, ксеноновые типов ДКсТ, ДКсТЛ, ртутно-вольфрамовые, ртутные типа ДРЛ). Допускается использование и ламп накаливания.

Применение для внутреннего освещения ксеноновых ламп типа ДКсТ (кроме ДКсТЛ) допускается с разрешения Госсанинспекции и при условии, что горизонтальная освещенность на уровнях, где возможно длительное пребывание людей, не превышает 150 лк, а места нахождения крановщиков экранированы от прямого света ламп.

При применении люминесцентных ламп в осветительных установках должны соблюдаться следующие условия для обычного исполнения светильников:

1. Температура окружающей среды не должна быть ниже плюс 5°C.
2. Напряжение у осветительных приборов должно быть не менее 90% номинального.

**6.1.12.** Для аварийного освещения рекомендуется применять светильники с лампами накаливания или люминесцентными.

Разрядные лампы высокого давления допускается использовать при обеспечении их мгновенного зажигания и перезажигания.

**6.1.13.** Для питания осветительных приборов общего внутреннего и наружного освещения, как правило, должно применяться напряжение не выше 220 В переменного или постоянного тока. В помещениях без повышенной опасности напряжение 220 В может применяться для всех стационарно установленных осветительных приборов вне зависимости от высоты их установки.

Напряжение 380 В для питания осветительных приборов общего внутреннего и наружного освещения может использоваться при соблюдении следующих условий:

1. Ввод в осветительный прибор и независимый, не встроены в прибор, пускорегулирующий аппарат выполняется проводами или кабелем с изоляцией на напряжение не менее 660 В.

2. Ввод в осветительный прибор двух или трех проводов разных фаз системы 660/380 В не допускается.

**6.1.14.** В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при высоте установки светильников общего освещения над полом или площадкой обслуживания менее 2,5 м применение светильников класса защиты 0 запрещается, необходимо применять светильники класса защиты 2 или 3. Допускается использование светильников класса защиты 1, в этом случае цепь должна быть защищена УЗО с током срабатывания до 30 мА.

Указанные требования не распространяются на светильники, обслуживаемые с кранов. При этом расстояние от светильников до настила моста крана должно быть не менее 1,8 м или светильники должны быть подвешены не ниже нижнего пояса ферм перекрытия, а обслуживание этих светильников с кранов должно выполняться с соблюдением требований техники безопасности.

**6.1.15.** В установках освещения фасадов зданий, скульптур, монументов, подсвета зелени с использованием осветительных приборов, установленных ниже 2,5 м от поверхности земли или площадки обслуживания, может применяться напряжение до 380 В при степени защиты осветительных приборов не ниже IP54.

В установках освещения фонтанов и бассейнов номинальное напряжение питания погружаемых в воду осветительных приборов должно быть не более 12 В.

**6.1.16.** Для питания светильников местного стационарного освещения с лампами накаливания должны применяться напряжения: в помещениях без повышенной опасности — не выше 220 В и в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных — не выше 50 В. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных допускается напряжение до 220 В для светильников, в этом случае должно быть предусмотрено или защитное отключение линии при токе утечки до 30 мА, или питание каждого светильника через разделяющий трансформатор (разделяющий трансформатор может иметь несколько электрически несвязанных вторичных обмоток).

Для питания светильников местного освещения с люминесцентными лампами может применяться напряжение не выше 220 В. При этом в помещениях сырых, особо сырых, жарких и с химически активной средой применение люминесцентных ламп для местного освещения допускается только в арматуре специальной конструкции.

Лампы ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ и ДНаТ могут применяться для местного освещения при напряжении не выше 220 В в арматуре, специально предназначенной для местного освещения.

**6.1.17.** Для питания переносных светильников в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных должно применяться напряжение не выше 50 В.

При наличии особо неблагоприятных условий, а именно когда опасность поражения электрическим током усугубляется теснотой, неудобным положением работающего, соприкосновением с большими металлическими, хорошо заземленными поверхностями (например, работа в котлах), и в наружных установках для питания ручных светильников должно применяться напряжение не выше 12 В.

Переносные светильники, предназначенные для подвешивания, настольные, напольные и т. п. приравниваются при выборе напряжения к стационарным светильникам местного стационарного освещения (6.1.16).

Для переносных светильников, устанавливаемых на переставных стойках на высоте 2,5 м и более, допускается применять напряжение до 380 В.

**6.1.18.** Питание светильников напряжением до 50 В должно производиться от разделяющих трансформаторов или автономных источников питания.

**6.1.19.** Допустимые отклонения и колебания напряжения у осветительных приборов не должны превышать указанных в ГОСТ 13109 "Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения".

**6.1.20.** Питание силовых и осветительных электроприемников при напряжении 380/220 В рекомендуется производить от общих трансформаторов при условии соблюдения требований 6.1.19.



**6.1.21.** Аварийное освещение разделяется на освещение безопасности и эвакуационное. Освещение безопасности предназначено для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения.

Светильники рабочего освещения и светильники освещения безопасности в производственных и общественных зданиях и на открытых пространствах должны питаться от независимых источников.

**6.1.22.** Светильники и световые указатели эвакуационного освещения в производственных зданиях с естественным освещением и в общественных и жилых зданиях должны быть присоединены к сети, не связанной с сетью рабочего освещения, начиная от щита подстанции (распределительного пункта освещения), или при наличии только одного ввода, начиная от вводного распределительного устройства.

**6.1.23.** Питание светильников и световых указателей эвакуационного освещения в производственных зданиях без естественного освещения следует выполнять аналогично питанию светильников освещения безопасности (6.1.21).

В производственных зданиях без естественного света в помещениях, где может одновременно находиться 20 и более человек, независимо от наличия освещения безопасности должно предусматриваться эвакуационное освещение по основным проходам и световые указатели "выход", автоматически переключаемые при прекращении их питания на третий независимый внешний или местный источник (аккумуляторная батарея, дизель-генераторная установка и т. п.), не используемый в нормальном режиме для питания рабочего освещения, освещения безопасности и эвакуационного освещения, или светильники эвакуационного освещения и указатели "выход" должны иметь автономный источник питания.

**6.1.24.** При отнесении всех или части светильников освещения безопасности и эвакуационного освещения к особой группе первой категории по надежности электроснабжения должно предусматриваться дополнительное питание этих светильников от третьего независимого источника.

**6.1.25.** Светильники эвакуационного освещения, световые указатели эвакуационных и (или) запасных выходов в зданиях любого назначения, снабженные автономными источниками питания, в нормальном режиме могут питаться от сетей любого вида освещения, не отключаемых во время функционирования зданий.

**6.1.26.** Для помещений, в которых постоянно находятся люди или которые предназначены для постоянного прохода персонала или посторонних лиц и в которых требуется освещение безопасности или эвакуационное освещение, должна быть обеспечена возможность включения указанных видов освещения в течение всего времени, когда включено рабочее освещение, или освещение безопасности и эвакуационное освещение должно включаться автоматически при аварийном погасании рабочего освещения.

**6.1.27.** Применение для рабочего освещения, освещения безопасности и (или) эвакуационного освещения общих групповых щитков, а также установка аппаратов управления рабочим освещением, освещением безопасности и (или) эвакуационным освещением, за исключением аппаратов вспомогательных цепей (например, сигнальных ламп, ключей управления), в общих шкафах не допускается.

Разрешается питание освещения безопасности и эвакуационного освещения от общих щитков.

**6.1.28.** Использование сетей, питающих силовые электроприемники, для питания освещения безопасности и эвакуационного освещения в производственных зданиях без естественного освещения не допускается.

**6.1.29.** Допускается применение ручных осветительных приборов с аккумуляторами или сухими элементами для освещения безопасности и эвакуационного освещения взамен стационарных светильников (здания и помещения без постоянного пребывания людей, здания площадью застройки не более 250 м<sup>2</sup>).

### **Выполнение и защита осветительных сетей**

**6.1.30.** Осветительные сети должны быть выполнены в соответствии с требованиями глав 2.1—2.4, а также дополнительными требованиями, приведенными в главах 6.2—6.4 и 7.1—7.4.

**6.1.31.** Сечение нулевых рабочих проводников трехфазных питающих и групповых линий с лампами люминесцентными, ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ при одновременном отключении всех фазных проводов линии должно выбираться:

1. Для участков сети, по которым протекает ток от ламп с компенсированными пускорегулирующими аппаратами, равным фазному независимо от сечения.
2. Для участков сети, по которым протекает ток от ламп с некомпенсированными пускорегулирующими аппаратами, равным фазному при сечении фазных проводников менее или равном  $16 \text{ мм}^2$  для медных и  $25 \text{ мм}^2$  для алюминиевых проводов и не менее 50 % сечения фазных проводников при больших сечениях, но не менее  $16 \text{ мм}^2$  для медных и  $25 \text{ мм}^2$  для алюминиевых проводов.

**6.1.32.** При защите трехфазных осветительных питающих и групповых линий предохранителями или однополюсными автоматическими выключателями при любых источниках света сечение нулевых рабочих проводников следует принимать равным сечению фазных проводников.

**6.1.33.** Защита осветительных сетей должна выполняться в соответствии с требованиями гл. 3.1 с дополнениями, приведенными в 6.1.34—6.1.35, 6.2.9 — 6.2.11, 6.3.40, 6.4.10.

При выборе токов аппаратов защиты должны учитываться пусковые токи при включении мощных ламп накаливания и ламп ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ.

Аппараты защиты следует располагать по возможности группами в доступных для обслуживания местах. Рассредоточенная установка аппаратов защиты допускается при питании освещения от шинопроводов (6.2.7).

**6.1.34.** Аппараты защиты независимо от требований 6.2.7 и 6.2.8 в питающей осветительной сети следует устанавливать на вводах в здания.

**6.1.35.** Трансформаторы, используемые для питания светильников до 50 В, должны быть защищены со стороны высшего напряжения. Защита должна быть предусмотрена также на отходящих линиях низшего напряжения.

Если трансформаторы питаются отдельными группами от щитков и аппарат защиты на щитке обслуживает не более трех трансформаторов, то установка дополнительных аппаратов защиты со стороны высшего напряжения каждого трансформатора необязательна.

**6.1.36.** Установка предохранителей, автоматических и неавтоматических однополюсных выключателей в нулевых рабочих проводах в сетях с заземленной нейтралью запрещается.

### Защитные меры безопасности

**6.1.37.** Защитное заземление установок электрического освещения должно выполняться согласно требованиям главы 1.7, а также дополнительным требованиям, приведенным в 6.1.38—6.1.47, 6.4.9 и главах 7.1—7.4.

**6.1.38.** Защитное заземление металлических корпусов светильников общего освещения с лампами накаливания и с лампами люминесцентными, ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, натриевыми со встроенными внутрь светильника пускорегулирующими аппаратами следует осуществлять:

1. В сетях с заземленной нейтралью — присоединением к заземляющему винту корпуса светильника РЕ проводника.

Заземление корпуса светильника ответвлением от нулевого рабочего провода внутри светильника запрещается.

2. В сетях с изолированной нейтралью, а также в сетях, переключаемых на питание от аккумуляторной батареи — присоединением к заземляющему винту корпуса светильника защитного проводника.

При вводе в светильник проводов, не имеющих механической защиты, защитный проводник должен быть гибким.

**6.1.39.** Защитное заземление корпусов светильников общего освещения с лампами ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ и люминесцентными с вынесенными пускорегулирующими аппаратами следует осуществлять при помощи перемычки между заземляющим винтом заземленного пускорегулирующего аппарата и заземляющим винтом светильника.

**6.1.40.** Металлические отражатели светильников с корпусами из изолирующих материалов заземлять не требуется.

**6.1.41.** Защитное заземление металлических корпусов светильников местного освещения на напряжение выше 50 В должно удовлетворять следующим требованиям:

1. Если защитные проводники присоединяются не к корпусу светильника, а к металлической конструкции, на которой светильник установлен, то между этой конструкцией, кронштейном и корпусом светильника должно быть надежное электрическое соединение.

2. Если между кронштейном и корпусом светильника нет надежного электрического соединения, то оно должно быть осуществлено при помощи специально предназначенного для этой цели защитного проводника.

**6.1.42.** Защитное заземление металлических корпусов светильников общего освещения с любыми источниками света в помещениях как без повышенной опасности, так и с повышенной опасностью и особо опасных, во вновь строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях, а также в административно-конторских, бытовых, проектно-конструкторских, лабораторных и т. п. помещениях промышленных предприятий (приближающихся по своему характеру к помещениям общественных зданий) следует осуществлять в соответствии с требованиями главы 7.1.

**6.1.43.** В помещениях без повышенной опасности производственных, жилых и общественных зданий при напряжении выше 50 В должны применяться переносные светильники класса I по ГОСТ 12.2.007.0.

Групповые линии, питающие штепсельные розетки, должны выполняться в соответствии с требованиями главы 7.1, при этом в сетях с изолированной нейтралью защитный проводник следует подключать к заземлителю.

**6.1.44.** Защитные проводники в сетях с заземленной нейтралью в групповых линиях, питающих светильники общего освещения и штепсельные розетки (6.1.42, 6.1.43), нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не допускается подключать под общий контактный зажим.

**6.1.45.** При выполнении защитного заземления осветительных приборов наружного освещения должно выполняться также подключение железобетонных и металлических опор, а также тросов к заземлителю в сетях с изолированной нейтралью и к РЕ (PEN)-проводнику в сетях с заземленной нейтралью.

**6.1.46.** При установке осветительных приборов наружного освещения на железобетонных и металлических опорах электрифицированного городского транспорта в сетях с изолированной нейтралью осветительные приборы и опоры заземлять не допускается, в сетях с заземленной нейтралью осветительные приборы и опоры должны быть подсоединены к PEN-проводнику линии.

**6.1.47.** При питании наружного освещения воздушными линиями должна выполняться защита от атмосферных перенапряжений в соответствии с гл. 2.4.

**6.1.48.** При выполнении схем питания светильников и штепсельных розеток следует выполнять требования по установке УЗО, изложенные в главах 7.1 и 7.2.

**6.1.49.** Для установок наружного освещения: освещения фасадов зданий, монументов и т. п., наружной световой рекламы и указателей в сетях TN-S или TN-C-S рекомендуется установка УЗО с током срабатывания до 30 мА, при этом фоновое значение токов утечки должно быть, по крайней мере, в три раза меньше уставки срабатывания УЗО по дифференциальному току.

## Глава 6.2 ВНУТРЕННЕЕ ОСВЕЩЕНИЕ

### Общие требования

**6.2.1.** Светильники с люминесцентными лампами должны применяться с пускорегулирующими аппаратами, обеспечивающими коэффициент мощности не ниже 0,9 при светильниках на две лампы и более и 0,85 при одноламповых светильниках.

Для ламп типа ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ может применяться как групповая, так и индивидуальная компенсация реактивной мощности. При наличии технико-экономических обоснований допускается применение указанных ламп без устройства компенсации реактивной мощности. При групповой компенсации должны отключаться компенсирующие устройства одновременно с отключением ламп.

**6.2.2.** Питание светильника местного освещения (без понижающего трансформатора или через понижающий трансформатор) может осуществляться при помощи отщепления от силовой цепи механизма или станка, для которого предназначен светильник.

При этом может не устанавливаться отдельный защитный аппарат в осветительной цепи, если защитный аппарат силовой цепи имеет ток уставки не более 25 А.

Отщепление к светильникам местного освещения при напряжении более 50 В в пределах рабочего места должно выполняться в выполненных из негорючих материалов трубах и коробах и других механически прочных конструкциях.

**6.2.3.** Питание установок оздоровительного ультрафиолетового облучения должно производиться:

установок длительного действия — по отдельным групповым линиям от щитков рабочего освещения или самостоятельных групповых щитков;

установок кратковременного действия (фотариев) — по отдельным линиям от электросиловой сети или питающей сети рабочего освещения.

### **Питающая осветительная сеть**

**6.2.4.** Рабочее освещение рекомендуется питать по самостоятельным линиям от распределительных устройств подстанций, щитов, шкафов, распределительных пунктов, магистральных и распределительных шинопроводов.

**6.2.5.** Рабочее освещение, освещение безопасности и эвакуационное освещение допускается питать от общих линий с электросиловыми установками или от силовых распределительных пунктов (исключение 6.1.28). При этом должны соблюдаться требования к допустимым отклонениям и колебаниям напряжения в осветительной сети в соответствии с ГОСТ 13109-87.

**6.2.6.** Линии питающей сети рабочего освещения, освещения безопасности и эвакуационного освещения, а также линии, питающие иллюминационные установки и световую рекламу, должны иметь в распределительных устройствах, от которых эти линии отходят, самостоятельные аппараты защиты и управления для каждой линии.

Допускается устанавливать общий аппарат управления для нескольких линий одного вида освещения или установок, отходящих от распределительного устройства.

**6.2.7.** При использовании шинопроводов в качестве линий питающей осветительной сети вместо групповых щитков могут применяться присоединяемые к шинопроводу отдельные аппараты защиты и управления для питания групп светильников. При этом должен быть обеспечен удобный и безопасный доступ к указанным аппаратам.

**6.2.8.** В местах присоединения линий питающей осветительной сети к линии питания электросиловых установок или к силовым распределительным пунктам (6.2.5) должны устанавливаться аппараты защиты и управления.

При питании осветительной сети от силовых распределительных пунктов, к которым присоединены непосредственно силовые электроприемники, осветительная сеть должна подключаться к вводным зажимам этих пунктов.

### **Групповая сеть**

**6.2.9.** Линии групповой сети внутреннего освещения должны быть защищены предохранителями или автоматическими выключателями.

**6.2.10.** Каждая групповая линия, как правило, должна содержать на фазу не более 20 ламп накаливания, ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ, в это число включаются также штепсельные розетки.

В производственных, общественных и жилых зданиях на однофазные группы освещения лестниц, этажных коридоров, холлов, технических подполий и чердаков допускается присоединять до 60 ламп накаливания каждая мощностью до 60 Вт.

Для групповых линий, питающих световые карнизы, световые потолки и т. п. с лампами накаливания, а также светильники с люминесцентными лампами мощностью до 80 Вт, рекомендуется присоединять до 60 ламп на фазу; для линий, питающих светильники с люминесцентными лампами мощностью до 40 Вт включительно, может присоединяться до 75 ламп на фазу и мощностью до 20 Вт включительно — до 100 ламп на фазу.

Для групповых линий, питающих многоламповые люстры, число ламп любого типа на фазу не ограничивается.

В групповых линиях, питающих лампы мощностью 10 кВт и больше, каждая лампа должна иметь самостоятельный аппарат защиты.

**6.2.11.** В начале каждой групповой линии, в том числе питаемой от шинопроводов, должны быть установлены аппараты защиты на всех фазных проводниках. Установка аппаратов защиты в нулевых защитных проводниках запрещается.

**6.2.12.** Рабочие нулевые проводники групповых линий должны прокладываться при применении металлических труб совместно с фазными проводниками в одной трубе, а при прокладке кабелями или многожильными проводами должны быть заключены в общую оболочку с фазными проводами.

**6.2.13.** Совместная прокладка проводов и кабелей групповых линий рабочего освещения с групповыми линиями освещения безопасности и эвакуационного освещения не рекомендуется.

Допускается их совместная прокладка на одном монтажном профиле, в одном коробе, лотке при условии, что приняты специальные меры, исключающие возможность повреждения проводов освещения безопасности и эвакуационного при неисправности проводов рабочего освещения, в корпусах и штангах светильников.

**6.2.14.** Светильники рабочего освещения, освещения безопасности или эвакуационного освещения допускается питать от разных фаз одного трехфазного шинпровода при условии прокладки к шинпроводу самостоятельных линий для рабочего освещения и освещения безопасности или эвакуационного освещения.

**6.2.15.** Светильники, устанавливаемые в подвесные потолки из горючих материалов, должны иметь между местами их примыкания к конструкции потолка прокладку из негорючих теплоустойчивых материалов в соответствии с требованиями НПБ 249-97.

## Глава 6.3. НАРУЖНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

### Источники света, установка осветительных приборов и опор

**6.3.1.** Для наружного освещения могут применяться любые источники света (см. 6.1.11).

Для охранного освещения территорий предприятий применение разрядных ламп не допускается в случаях, когда охранное освещение нормально не включено и включается автоматически от действия охранной сигнализации.

**6.3.2.** Осветительные приборы наружного освещения (светильники, прожекторы) могут устанавливаться на специально предназначенных для наружного освещения опорах, опорах воздушных линий до 1 кВ, опорах контактной сети электрифицированного городского транспорта всех видов токов напряжением до 600 В, стенах и перекрытиях зданий и сооружений, мачтах (в том числе мачтах отдельно стоящих молниеотводов), технологических эстакадах, площадках технологических установок и дымовых труб, парапетах и ограждениях мостов и транспортных эстакад, на металлических, железобетонных и других конструкциях зданий и сооружений независимо от отметки их расположения, могут быть подвешены на тросах, укрепленных на стенах зданий и опорах, а также установлены на уровне земли и ниже.

**6.3.3.** Установка светильников наружного освещения на опорах ВЛ до 1 кВ должна выполняться:

1. При обслуживании светильников с телескопической вышки с изолирующим звеном, как правило, выше проводов ВЛ или на уровне нижних проводов ВЛ при размещении светильников и проводов ВЛ с разных сторон опоры. Расстояние по горизонтали от светильника до ближайшего провода ВЛ должно быть не менее 0,6 м.

2. При обслуживании светильников иными способами — ниже проводов ВЛ. Расстояние по вертикали от светильника до провода ВЛ (в свету) должно быть не менее 0,2 м, расстояние по горизонтали от светильника до опоры (в свету) должно быть не более 0,4 м.

**6.3.4.** При подвеске светильников на тросах должны приниматься меры по исключению раскачивания светильников от воздействия ветра.

**6.3.5.** Над проезжей частью улиц, дорог и площадей светильники должны устанавливаться на высоте не менее 6,5 м.

При установке светильников над контактной сетью трамвая высота установки светильника должна быть не менее 8 м до головки рельса. При расположении светильников над контактной сетью троллейбуса — не менее 9 м от уровня проезжей части. Расстояние по вертикали от проводов линий уличного освещения до поперечин контактной сети или до подвешенных к поперечинам иллюминационных гирлянд должно быть не менее 0,5 м.

**6.3.6.** Над бульварами и пешеходными дорогами светильники должны устанавливаться на высоте не менее 3 м.

Наименьшая высота установки осветительных приборов для освещения газонов и фасадов зданий и сооружений и для декоративного освещения не ограничивается при условии соблюдения требований 6.1.15.

Установка осветительных приборов в приямках ниже уровня земли разрешается при наличии дренажных или других аналогичных устройств по удалению воды из приямков.

**6.3.7.** Для освещения транспортных развязок, городских и других площадей светильники могут устанавливаться на опорах высотой 20 м и более при условии обеспечения безопасности

их обслуживания (например, опускание светильников, устройство площадок, использование вышек и т. п.).

Допускается размещать светильники в парапетах и ограждениях мостов и эстакад из несгораемых материалов на высоте 0,9—1,3 м над проезжей частью при условии защиты от прикосновений к токоведущим частям светильников.

**6.3.8.** Опоры установок освещения площадей, улиц, дорог должны располагаться на расстоянии не менее 1 м от лицевой грани бортового камня до внешней поверхности цоколя опоры на магистральных улицах и дорогах с интенсивным транспортным движением и не менее 0,6 м на других улицах, дорогах и площадях. Это расстояние разрешается уменьшать до 0,3 м при условии отсутствия маршрутов городского транспорта и грузовых машин. При отсутствии бортового камня расстояние от кромки проезжей части до внешней поверхности цоколя опоры должно быть не менее 1,75 м.

На территориях промышленных предприятий расстояние от опоры наружного освещения до проезжей части рекомендуется принимать не менее 1 м. Допускается уменьшение этого расстояния до 0,6 м.

**6.3.9.** Опоры освещения улиц и дорог, имеющих разделительные полосы шириной 4 м и более, могут устанавливаться по центру разделительных полос.

**6.3.10.** На улицах и дорогах, имеющих кюветы, допускается устанавливать опоры за кюветом, если расстояние от опоры до ближайшей границы проезжей части не превышает 4 м.

Опора не должна находиться между пожарным гидрантом и проезжей частью.

**6.3.11.** Опоры на пересечениях и примыканиях улиц и дорог рекомендуется устанавливать на расстоянии не менее 1,5 м от начала закругления тротуаров, не нарушая линии установки опор.

**6.3.12.** Опоры наружного освещения на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах, транспортных эстакадах и т. п.) следует устанавливать в створе ограждений в стальных станинах или на фланцах, прикрепляемых к несущим элементам инженерного сооружения.

**6.3.13.** Опоры для светильников освещения аллей и пешеходных дорог должны располагаться вне пешеходной части.

**6.3.14.** Светильники на улицах и дорогах с рядовой посадкой деревьев должны устанавливаться вне крон деревьев на удлиненных кронштейнах, обращенных в сторону проезжей части улицы, или следует применять тросовую подвеску светильников.

### **Питание установок наружного освещения**

**6.3.15.** Питание установок наружного освещения может выполняться непосредственно от трансформаторных подстанций, распределительных пунктов и вводно-распределительных устройств (ВРУ).

**6.3.16.** Для питания светильников уличного освещения, а также наружного освещения промышленных предприятий должны прокладываться, как правило, самостоятельные линии.

Питание светильников допускается выполнять от дополнительно прокладываемых для этого фазных и общего нулевого провода воздушной электрической сети города, населенного пункта, промышленного предприятия.

**6.3.17.** Осветительные установки городских транспортных и пешеходных тоннелей, осветительные установки улиц, дорог и площадей категории А по надежности электроснабжения относятся ко второй категории, остальные наружные осветительные установки — к третьей категории.

**6.3.18.** Питание светильников освещения территорий микрорайонов следует осуществлять непосредственно от пунктов питания наружного освещения или от проходящих вблизи сетей уличного освещения, исключая сети улиц категории А, в зависимости от принятой в населенном пункте системы эксплуатации. Светильники наружного освещения территорий детских яслей-садов, общеобразовательных школ, школ-интернатов, больниц, госпиталей, санаториев, пансионатов, домов отдыха, пионерлагерей могут питаться как от вводных устройств этих зданий или от трансформаторных подстанций, так и от ближайших распределительных сетей наружного освещения при условии соблюдения требований 6.5.27.

**6.3.19.** Освещение открытых технологических установок, открытых площадок производства работ, открытых эстакад, складов и других открытых объектов при производственных зданиях может питаться от сетей внутреннего освещения зданий, к которым эти объекты относятся.

**6.3.20.** Охранное освещение рекомендуется питать, как правило, по самостоятельным линиям.

**6.3.21.** Питание осветительных приборов подъездов к противопожарным водоисточникам (гидрантам, водоемам и др.) следует осуществлять от фаз ночного режима сети наружного освещения.

**6.3.22.** Светильники, установленные у входов в здания, рекомендуется присоединять к групповой сети внутреннего освещения и, в первую очередь, к сети освещения безопасности или эвакуационного освещения, которые включаются одновременно с рабочим освещением.

**6.3.23.** В установках наружного освещения светильники с разрядными источниками должны иметь индивидуальную компенсацию реактивной мощности. Коэффициент мощности должен быть не ниже 0,85.

**6.3.24.** При применении прожекторов с разрядными источниками света допускается групповая компенсация реактивной мощности.

При групповой компенсации необходимо обеспечивать отключение компенсирующих устройств одновременно с отключением компенсируемых ими установок.

### **Выполнение и защита сетей наружного освещения**

**6.3.25.** Сети наружного освещения рекомендуется выполнять кабельными или воздушными с использованием самонесущих изолированных проводов. В обоснованных случаях для воздушных распределительных сетей освещения улиц, дорог, площадей, территорий микрорайонов и населенных пунктов допускается использование неизолированных проводов.

**6.3.26.** По опорам контактной сети электрифицированного транспорта напряжением до 600 В постоянного тока разрешается прокладка кабельных линий для питания установленных на опорах осветительных приборов наружного освещения, допускается использование самонесущих изолированных проводов.

**6.3.27.** Воздушные линии наружного освещения должны выполняться согласно требованиям гл. 2.4.

Пересечения линий с улицами и дорогами при пролетах не более 40 м допускается выполнять без применения анкерных опор и двойного крепления проводов.

**6.3.28.** Нулевые проводники сети общего пользования, выполненные неизолированными проводами, при использовании их для наружного освещения следует располагать ниже фазных проводов сети общего пользования и фазных проводов сети наружного освещения.

При использовании существующих опор, принадлежащих электросетевым организациям, не занимающимся эксплуатацией наружного освещения, допускается располагать фазные провода сети наружного освещения ниже нулевых проводников сети общего пользования.

**6.3.29.** В местах перехода кабельных линий к воздушным рекомендуется предусматривать отключающие устройства, установленные на опорах на высоте не менее 2,5 м. Установка отключающих устройств не требуется в местах кабельных выходов из пунктов питания наружного освещения на опоры, а также переходов дорог и обходов препятствий, выполняемых кабелем.

**6.3.30.** В целях резервирования распределительных кабельных линий или линий, выполненных самонесущими изолированными проводами, между крайними светильниками соседних участков для магистральных улиц городов рекомендуется предусматривать нормально отключаемые перемычки (резервные кабельные линии).

При использовании указанных перемычек, в отступление от 6.1.19, снижение напряжения у осветительных приборов допускается увеличивать до 10 % от номинального.

**6.3.31.** Воздушные линии наружного освещения должны выполняться без учета резервирования, а провода их могут быть разного сечения по длине линии.

**6.3.32.** Ответвления к светильникам от кабельных линий наружного освещения рекомендуется, как правило, выполнять без разрезания жил кабеля.

При прокладке указанных кабельных линий на инженерных сооружениях следует предусматривать меры для удобной разделки ответвлений от кабеля к опоре и возможность замены кабеля участками.

**6.3.33.** Ввод кабеля в опоры должен ограничиваться цоколем опоры. Цоколи должны иметь размеры, достаточные для размещения в них кабельных разделок и предохранителей или автоматических выключателей, устанавливаемых на ответвлениях к осветительным приборам, и дверцу с замком для эксплуатационного обслуживания.

Допускается использовать специальные ящики ввода, устанавливаемые на опорах.

**6.3.34.** Электропроводка внутри опор наружного освещения должна выполняться изолированными проводами в защитной оболочке или кабелями. Внутри совмещенных опор

наружного освещения и контактных сетей электрифицированного городского транспорта должны применяться кабели с изоляцией на напряжение не менее 660 В.

**6.3.35.** Линии питающие светильники, подвешенные на тросах, должны выполняться кабелями, проложенными по тросу, самонесущими изолированными проводами или неизолированными проводами, проложенными на изоляторах при условии соблюдения требований раздела 2.

**6.3.36.** Тросы для подвески светильников и питающих линий сети допускается крепить к конструкциям зданий. При этом тросы должны иметь амортизаторы.

**6.3.37.** В сетях наружного освещения, питающих осветительные приборы с разрядными лампами, в однофазных цепях сечение нулевых рабочих проводников должно быть равным фазному.

В трехфазных сетях при одновременном отключении всех фазных проводов линии сечение нулевых рабочих проводников должно выбираться:

1. Для участков сети, по которым протекает ток от ламп с компенсированными пускорегулирующими аппаратами, равным фазному независимо от сечения.

2. Для участков сети, по которым протекает ток от ламп с некомпенсированными пускорегулирующими аппаратами, равным фазному при сечении фазных проводников менее или равным 16 мм<sup>2</sup> для медных и 25 мм<sup>2</sup> для алюминиевых проводов и не менее 50 % сечения фазных проводников при больших сечениях, но не менее 16 мм<sup>2</sup> для медных и 25 мм<sup>2</sup> для алюминиевых проводов.

**6.3.38.** Прокладку линий, питающих прожекторы, светильники и другое электрооборудование, устанавливаемое на конструкциях с молниеотводами открытых распределительных устройств напряжением выше 1 кВ, следует выполнять согласно требованиям гл. 4.2.

**6.3.39.** Коэффициент спроса при расчете сети наружного освещения следует принимать равным 1,0.

**6.3.40.** На линиях наружного освещения, имеющих более 20 светильников на фазу, ответвления к каждому светильнику должны защищаться индивидуальными предохранителями или автоматическими выключателями.

## **Глава 6.4 СВЕТОВАЯ РЕКЛАМА, ЗНАКИ И ИЛЛЮМИНАЦИЯ**

**6.4.1.** Для питания газосветных трубок должны применяться сухие трансформаторы в металлическом кожухе, имеющие вторичное напряжение не выше 15 кВ. Трансформаторы должны длительно выдерживать работу при коротком замыкании в цепи вторичной обмотки.

Открытые токоведущие части открыто установленных трансформаторов должны быть удалены от сгораемых материалов и конструкций не менее, чем на 50 мм.

**6.4.2.** Трансформаторы для питания газосветных трубок должны быть установлены по возможности в непосредственной близости от питаемых ими трубок в местах, недоступных для посторонних лиц, или в металлических ящиках, сконструированных таким образом, чтобы при открытии ящика трансформатор отключался со стороны первичного напряжения. Рекомендуется использование указанных ящиков в качестве конструктивной части самих трансформаторов.

**6.4.3.** В общем ящике с трансформатором допускается установка блокировочных и компенсирующих устройств, а также аппаратов первичного напряжения при условии надежного автоматического отключения трансформатора от сети при помощи блокировочного устройства, действующего при открытии ящика.

**6.4.4.** Магазинные и подобные им витрины, в которых смонтированы части высшего напряжения газосветных установок, должны быть оборудованы блокировкой, действующей только на отключение установки со стороны первичного напряжения при открывании витрин, т. е. подача напряжения на установку должна осуществляться персоналом вручную при закрытой витрине.

**6.4.5.** Все части газосветной установки, расположенные вне витрин, снабженных блокировкой, должны находиться на высоте не менее 3 м над уровнем земли и не менее 0,5 м над поверхностью площадок обслуживания, крыш и других строительных конструкций.

**6.4.6.** Доступные для посторонних лиц и находящиеся под напряжением части газосветной установки должны быть ограждены в соответствии с гл. 4.2 и снабжены предупредительными плакатами.



**6.4.7.** Открытые токоведущие части газосветных трубок должны отстоять от металлических конструкций или частей здания на расстоянии не менее 20 мм, а изолированные токоведущие части — не менее 10 мм.

**6.4.8.** Расстояние между открытыми токоведущими частями газосветных трубок, не находящимися под одинаковым потенциалом, должно быть не менее 50 мм.

**6.4.9.** Открытые проводящие части газосветной установки на стороне высшего напряжения, а также один из выводов или средняя точка вторичной обмотки трансформаторов, питающих газосветные трубки, должны быть заземлены.

**6.4.10.** Трансформаторы или группа трансформаторов, питающие газосветные трубки, должны отключаться со стороны первичного напряжения во всех полюсах аппаратом с видимым разрывом, а также защищаться аппаратом, рассчитанным на номинальный ток трансформатора.

Для отключения трансформаторов допускается применять пакетные выключатели с фиксированным положением рукоятки (головки).

**6.4.11.** Электроды газосветных трубок в местах присоединения проводов не должны испытывать натяжения.

**6.4.12.** Сеть на стороне высшего напряжения установок рекламного освещения должна выполняться изолированными проводами, имеющими испытательное напряжение не менее 15 кВ.

В местах, доступных для механических воздействий или прикосновения, эти провода следует прокладывать в стальных трубах, коробах и других механически прочных несгораемых конструкциях.

Для перемычек между отдельными электродами, имеющих длину не более 0,4 м, допускается применение голых проводов при условии соблюдения расстояний, приведенных в 6.4.7.

**6.4.13.** Рекламные установки на улицах, дорогах и площадях, совпадающие по своей форме и цвету с формой и цветом сигналов светофоров, следует размещать на высоте не менее 8 м от поверхности дороги.

**6.4.14.** В пешеходных тоннелях длиной более 80 м или имеющих ответвления световые указатели направления движения должны размещаться на стенах или колоннах на высоте не менее 1,8 м от пола.

**6.4.15.** Световые указатели, светящиеся дорожные знаки, светильники подсвета дорожных знаков и светильники для освещения лестничных сходов и зон выходов пешеходных тоннелей должны быть присоединены к фазам ночного режима наружного освещения (исключение 6.4.17).

Информационные световые табло и указатели направления движения пешеходов в пешеходных тоннелях должны быть включены круглосуточно.

**6.4.16.** Питание световых указателей расположения пожарных водосточников (гидрантов, водоемов и др.) следует осуществлять от фаз ночного режима сети наружного освещения или от сети ближайших зданий.

**6.4.17.** Присоединение к сетям освещения улиц, дорог и площадей, номерных знаков зданий и витрин не допускается (см. 7.1.20).

**6.4.18.** Установки световой рекламы, архитектурного освещения зданий следует, как правило, питать по самостоятельным линиям — распределительным или от сети зданий. Допускаемая мощность указанных установок не более 2 кВт на фазу при наличии резерва мощности сети.

Для линии должна предусматриваться защита от сверхтока и токов утечки (УЗО).

## **Глава 6.5 УПРАВЛЕНИЕ ОСВЕЩЕНИЕМ**

### **Общие требования**

**6.5.1.** Управление наружным освещением должно выполняться независимо от управления внутренним освещением.

**6.5.2.** В городах и населенных пунктах, на промышленных предприятиях должно предусматриваться централизованное управление наружным освещением (см. также 6.5.24, 6.5.27, 6.5.28).

Централизованное управление рекомендуется также для общего освещения больших производственных помещений (площадью несколько тысяч квадратных метров) и некоторых помещений общественных зданий.

Способы и технические средства для систем централизованного управления наружным и внутренним освещением должны определяться технико-экономическими обоснованиями.

**6.5.3.** При использовании в системах централизованного управления наружным и внутренним освещением средств телемеханики должны соблюдаться требования гл. 3.3.

**6.5.4.** Централизованное управление освещением рекомендуется производить: наружным освещением промышленных предприятий — из пункта управления электроснабжением предприятия, а при его отсутствии — с места, где находится обслуживающий персонал; наружным освещением городов и населенных пунктов — из пункта управления наружным освещением; внутренним освещением — из помещения, в котором находится обслуживающий персонал.

**6.5.5.** Питание устройств централизованного управления наружным и внутренним освещением рекомендуется предусматривать от двух независимых источников.

Питание децентрализованных устройств управления допускается выполнять от линий, питающих осветительные установки.

**6.5.6.** В системах централизованного управления наружным и внутренним освещением должно предусматриваться автоматическое включение освещения в случаях аварийного отключения питания основной цепи или цепи управления и последующего восстановления питания.

**6.5.7.** При выполнении автоматического управления наружным и внутренним освещением, например, в зависимости от освещенности, создаваемой естественным светом, должна предусматриваться возможность ручного управления освещением без использования средств автоматики.

**6.5.8.** Для управления внутренним и наружным освещением могут использоваться аппараты управления, установленные в распределительных устройствах подстанций, распределительных пунктах питания, вводных распределительных устройствах, групповых щитках.

**6.5.9.** При централизованном управлении внутренним и наружным освещением должен предусматриваться контроль положения коммутационных аппаратов (включено, отключено), установленных в цепи питания освещения.

В каскадных схемах централизованного управления наружным освещением рекомендуется предусматривать контроль включенного (отключенного) состояния коммутационных аппаратов, установленных в цепи питания освещения.

В каскадных контролируемых схемах централизованного управления наружным освещением (6.1.8, 6.5.29) допускается не более двух неконтролируемых пунктов питания.

### **Управление внутренним освещением**

**6.5.10.** При питании освещения зданий от подстанций и сетей, расположенных вне этих зданий, на каждом вводном устройстве в здание должен устанавливаться аппарат управления.

**6.5.11.** При питании от одной линии четырех и более групповых щитков с числом групп 6 и более на вводе в каждый щиток рекомендуется устанавливать аппарат управления.

**6.5.12.** В помещениях, имеющих зоны с разными условиями естественного освещения и различными режимами работы, должно предусматриваться раздельное управление освещением зон.

**6.5.13.** Выключатели светильников, устанавливаемых в помещениях с неблагоприятными условиями среды, рекомендуется выносить в смежные помещения с лучшими условиями среды.

Выключатели светильников душевых и раздевалок при них, горячих цехов столовых должны устанавливаться вне этих помещений.

**6.5.14.** В протяженных помещениях с несколькими входами, посещаемых обслуживающим персоналом (например, кабельные, теплофикационные, водопроводные тоннели), рекомендуется предусматривать управление освещением от каждого входа или части входов.

**6.5.15.** В помещениях с четырьмя и более светильниками рабочего освещения, не имеющих освещения безопасности и эвакуационного освещения, светильники рекомендуется распределять не менее, чем на две самостоятельно управляемые группы.

**6.5.16.** Управление освещением безопасности и эвакуационным освещением можно производить: непосредственно из помещения; с групповых щитков; с распределительных

пунктов; с вводных распределительных устройств; с распределительных устройств подстанций; централизованно из пунктов управления освещением с использованием системы централизованного управления, при этом доступ к аппаратам управления должен быть возможен только обслуживающему персоналу.

**6.5.17.** Управление установками искусственного ультрафиолетового облучения длительного действия должно предусматриваться независимым от управления общим освещением помещений.

**6.5.18.** Светильники местного освещения должны управляться индивидуальными выключателями, являющимися конструктивной частью светильника или располагаемыми в стационарной части электропроводки. При напряжении до 50 В для управления светильниками допускается использовать штепсельные розетки.

### Управление наружным освещением

**6.5.19.** Система управления наружным освещением должна обеспечивать его отключение в течение не более 3 мин.

Управление наружным освещением рекомендуется осуществлять из ограниченного числа мест.

**6.5.20.** Для небольших промышленных предприятий и населенных пунктов допускается предусматривать управление наружным освещением коммутационными аппаратами, установленными на линиях питания освещением, при условии доступа к этим аппаратам обслуживающего персонала.

**6.5.21.** Централизованное управление наружным освещением городов и населенных пунктов рекомендуется выполнять:

телемеханическим — при количестве жителей более 50 тысяч;

телемеханическим или дистанционным — при количестве жителей от 20 до 50 тысяч;

дистанционным — при количестве жителей до 20 тысяч.

**6.5.22.** При централизованном управлении наружным освещением промышленных предприятий должна обеспечиваться возможность местного управления освещением.

**6.5.23.** Управление освещением открытых технологических установок, открытых складов и других открытых объектов при производственных зданиях, освещение которых питается от сетей внутреннего освещения, рекомендуется производить из этих зданий или централизованно.

**6.5.24.** Управление наружным освещением города должно осуществляться от одного центрального диспетчерского пункта. В крупнейших городах, территории которых разобщены водными, лесными или естественными преградами рельефа местности, могут предусматриваться районные диспетчерские пункты.

Между центральным и районным диспетчерским пунктом должна выполняться прямая телефонная связь.

**6.5.25.** Для снижения освещения улиц и площадей городов в ночное время допускается предусматривать возможность отключения части светильников. При этом не допускается отключение двух смежных светильников.

**6.5.26.** Для пешеходных и транспортных тоннелей должно предусматриваться раздельное управление светильниками дневного, вечернего и ночного режима работы тоннелей. Для пешеходных тоннелей, кроме того, должна быть обеспечена возможность местного управления.

**6.5.27.** Управление освещением территорий школ-интернатов, гостиниц, больниц, госпиталей, санаториев, пансионатов, домов отдыха, парков, садов, стадионов и выставок и т. п. рекомендуется осуществлять от системы управления наружным освещением населенного пункта. При этом должна быть обеспечена возможность местного управления.

При питании освещения указанных объектов от сетей внутреннего освещения зданий управление наружным освещением может производиться из этих зданий.

**6.5.28.** Управление световым ограждением высотных сооружений (мачты, дымовые трубы и т.п.) рекомендуется предусматривать из объектов, к которым эти сооружения относятся.

**6.5.29.** Централизованное управление сетями наружного освещения городов, населенных пунктов и промышленных предприятий должно осуществляться путем использования коммутационных аппаратов, устанавливаемых в пунктах питания наружного освещения.

Управление коммутационными аппаратами в сетях наружного освещения городов и населенных пунктов рекомендуется производить, как правило, путем каскадного (последовательного) их включения.

В воздушно-кабельных сетях в один каскад допускается включение до 10 пунктов питания, а в кабельных — до 15 пунктов питания сети уличного освещения.

## Глава 6.6 ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ЭЛЕКТРОУСТАНОВОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

### Осветительные приборы

**6.6.1.** Осветительные приборы должны устанавливаться так, чтобы они были доступны для их монтажа и безопасного обслуживания с использованием при необходимости инвентарных технических средств.

В производственных помещениях, оборудованных мостовыми кранами, участвующими в непрерывном производственном процессе, а также в бескрановых пролетах, в которых доступ к светильникам с помощью напольных и других передвижных средств невозможен или затруднен, установка светильников и другого оборудования и прокладка электрических сетей может производиться на специальных стационарных мостиках, выполненных из негорюемых материалов. Ширина мостиков должна быть не менее 0,6 м, они должны иметь ограждения высотой не менее 1 м.

В общественных зданиях допускается сооружение таких мостиков при отсутствии возможности использования других средств и способов доступа к светильникам.

**6.6.2.** Светильники, обслуживаемые со стремянок или приставных лестниц, должны устанавливаться на высоте не более 5 м (до низа светильника) над уровнем пола. При этом расположение светильников над крупным оборудованием, прямыми и в других местах, где невозможна установка лестниц или стремянок, не допускается.

**6.6.3.** Светильники, применяемые в установках, подверженных вибрациям и сотрясениям, должны иметь конструкцию, не допускающую самоотвинчивания ламп или их выпадения. Допускается установка светильников с применением амортизирующих устройств.

**6.6.4.** Для подвесных светильников общего освещения рекомендуется иметь свесы длиной не более 1,5 м. При большей длине свеса должны приниматься меры по ограничению раскачивания светильников под воздействием потоков воздуха.

**6.6.5.** Во взрывоопасных зонах все стационарно установленные осветительные приборы должны быть жестко укреплены для исключения раскачивания.

При применении во взрывоопасных зонах щелевых световодов должны соблюдаться требования гл. 7.3.

Для помещений, отнесенных к пожароопасным зонам П-Па, должны быть использованы светильники с негорючими рассеивателями в виде сплошного силикатного стекла.

**6.6.6.** Для обеспечения возможности обслуживания осветительных приборов допускается их установка на поворотных устройствах при условии их жесткого крепления к этим устройствам и подводки питания гибким кабелем с медными жилами.

**6.6.7.** Для освещения транспортных тоннелей в городах и на автомобильных дорогах рекомендуется применять светильники со степенью защиты IP65.

**6.6.8.** Светильники местного освещения должны быть укреплены жестко или так, чтобы после перемещения они устойчиво сохранили свое положение.

**6.6.9.** Приспособления для подвешивания светильников должны выдерживать в течение 10 мин без повреждения и остаточных деформаций приложенную к ним нагрузку, равную пятикратной массе светильника, а для сложных многоламповых люстр с массой 25 кг и более — нагрузку, равную двукратной массе люстры плюс 80 кг.

**6.6.10.** У стационарно установленных светильников винтовые токоведущие гильзы патронов для ламп с винтовыми цоколями в сетях с заземленной нейтралью должны быть присоединены к нулевому рабочему проводнику.

Если патрон имеет нетоковедущую винтовую гильзу, нулевой рабочий проводник должен присоединяться к контакту патрона, с которым соединяется винтовой цоколь лампы.

**6.6.11.** В магазинных витринах допускается применение патронов с лампами накаливания мощностью не более 100 Вт при условии установки их на негорюемых основаниях. Допускается установка патронов на сгораемых, например деревянных, основаниях, обшитых листовой сталью по асбесту.

**6.6.12.** Провода должны вводиться в осветительную арматуру таким образом, чтобы в месте ввода они не подвергались механическим повреждениям, а контакты патронов были разгружены от механических усилий.

**6.6.13.** Соединение проводов внутри кронштейнов, подвесов или труб, при помощи которых устанавливается осветительная арматура, не допускается. Соединения проводов следует выполнять в местах, доступных для контроля, например в основаниях кронштейнов, в местах ввода проводов в светильники.

**6.6.14.** Осветительную арматуру допускается подвешивать на питающих проводах, если они предназначены для этой цели и изготавливаются по специальным техническим условиям.

**6.6.15.** Осветительная арматура общего освещения, имеющая клеммные зажимы для присоединения питающих проводников, должна допускать подсоединение проводов и кабелей как с медными, так и с алюминиевыми жилами.

Для осветительной арматуры, не имеющей клеммных зажимов, когда вводимые в арматуру проводники непосредственно присоединяются к контактным зажимам ламповых патронов, должны применяться провода или кабели с медными жилами сечением не менее 0,5 мм<sup>2</sup> внутри зданий и 1 мм<sup>2</sup> вне зданий. При этом в арматуре для ламп накаливания мощностью 100 Вт и выше, ламп ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ должны применяться провода с изоляцией, допускающей температуру нагрева их не менее 100 °С.

Вводимые в свободно подвешиваемые светильники незащищенные провода должны иметь медные жилы.

Провода, прокладываемые внутри осветительной арматуры, должны иметь изоляцию, соответствующую номинальному напряжению сети (см. также 6.3.34).

**6.6.16.** Ответвления от распределительных сетей к светильникам наружного освещения должны выполняться гибкими проводами с медными жилами сечением не менее 1,5 мм<sup>2</sup> для подвесных светильников и не менее 1 мм<sup>2</sup> для консольных. Ответвления от воздушных линий рекомендуется выполнять с использованием специальных переходных ответвленных зажимов.

**6.6.17.** Для присоединения к сети настольных, переносных и ручных светильников, а также подвешиваемых на проводах светильников местного освещения должны применяться шнуры и провода с гибкими медными жилами сечением не менее 0,75 мм<sup>2</sup>.

**6.6.18.** Для зарядки стационарных светильников местного освещения должны применяться гибкие провода с медными жилами сечением не менее 1 мм<sup>2</sup> для подвижных конструкций и 0,5 мм<sup>2</sup> для неподвижных.

Изоляция проводов должна соответствовать номинальному напряжению сети.

**6.6.19.** Зарядка кронштейнов осветительной арматуры местного освещения должна соответствовать следующим требованиям:

1. Провода необходимо заводить внутрь кронштейна или защищать иным путем от механических повреждений; при напряжении не выше 50 В это требование не является обязательным.
2. При наличии шарниров провода внутри шарнирных частей не должны подвергаться натяжению или перетиранию.
3. Отверстия для проводов в кронштейнах должны иметь диаметр не менее 8 мм с допуском местных сужений до 6 мм; в местах вводов проводов должны применяться изолирующие втулки.
4. В подвижных конструкциях осветительной арматуры должна быть исключена возможность самопроизвольного перемещения или раскачивания арматуры.

**6.6.20.** Присоединение прожекторов к сети должно выполняться гибким кабелем с медными жилами сечением не менее 1 мм<sup>2</sup> длиной не менее 1,5 м. Защитное заземление прожекторов должно выполняться отдельной жилой.

### Электроустановочные устройства

**6.6.21.** Требования, приведенные в 6.6.22—6.6.31, распространяются на устройства (выключатели, переключатели и штепсельные розетки) для номинального тока до 16 А и напряжения до 250 В, а также на штепсельные соединения с защитным контактом для номинального тока до 63 А и напряжения до 380 В.

**6.6.22.** Устройства, устанавливаемые скрыто, должны быть заключены в коробки, специальные кожухи или размещаться в отверстиях железобетонных панелей, образованных при изготовлении панелей на заводах стройиндустрии. Применение сгораемых материалов для изготовления крышек, закрывающих отверстия, в панелях не допускается.

**6.6.23.** Штепсельные розетки, устанавливаемые в запираемых складских помещениях, содержащих горючие материалы или материалы в горючей упаковке, должны иметь степень защиты в соответствии с требованиями гл. 7.4.

**6.6.24.** Штепсельные розетки для переносных электроприемников с частями, подлежащими защитному заземлению, должны быть снабжены защитным контактом для присоединения РЕ проводника. При этом конструкция розетки должна исключать возможность использования токоведущих контактов в качестве контактов, предназначенных для защитного заземления.

Соединение между заземляющими контактами вилки и розетки должно устанавливаться до того, как войдут в соприкосновение токоведущие контакты; порядок отключения должен быть обратным. Заземляющие контакты штепсельных розеток и вилок должны быть электрически соединены с их корпусами, если корпуса выполнены из токопроводящих материалов.

**6.6.25.** Вилки штепсельных соединителей должны быть выполнены таким образом, чтобы их нельзя было включать в розетки сети с более высоким номинальным напряжением, чем номинальное напряжение вилки. Конструкция розеток и вилок не должна допускать включения в розетку только одного полюса двухполюсной вилки, а также одного или двух полюсов трехполюсной вилки.

**6.6.26.** Конструкция вилок штепсельных соединителей должна исключать натяжение или излом присоединяемых к ним проводов в местах присоединения.

**6.6.27.** Выключатели и переключатели переносных электроприемников должны, как правило, устанавливаться на самих электроприемниках или в электропроводке, проложенной неподвижно. На подвижных проводах допускается устанавливать выключатели только специальной конструкции, предназначенные для этой цели.

**6.6.28.** В трех- или двухпроводных однофазных линиях сетей с заземленной нейтралью могут использоваться однополюсные выключатели, которые должны устанавливаться в цепи фазного провода, или двухполюсные, при этом должна исключаться возможность отключения одного нулевого рабочего проводника без отключения фазного.

**6.6.29.** В трех- или двухпроводных групповых линиях сетей с изолированной нейтралью или без изолированной нейтрали при напряжении выше 50 В, а также в трех- или двухпроводных двухфазных групповых линиях в сети 220/127 В с заземленной нейтралью в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных должны устанавливаться двухполюсные выключатели.

**6.6.30.** Штепсельные розетки должны устанавливаться:

1. В производственных помещениях, как правило, на высоте 0,8—1 м; при подводе проводов сверху допускается установка на высоте до 1,5 м.

2. В административно-конторских, лабораторных, жилых и других помещениях на высоте, удобной для присоединения к ним электрических приборов, в зависимости от назначения помещений и оформления интерьера, но не выше 1 м. Допускается установка штепсельных розеток в (или на) специально приспособленных для этого плинтусах, выполненных из негорючих материалов.

3. В школах и детских учреждениях (в помещениях для пребывания детей) на высоте 1,8 м.

**6.6.31.** Выключатели для светильников общего освещения должны устанавливаться на высоте от 0,8 до 1,7 м от пола, а в школах, детских яслях и садах в помещениях для пребывания детей — на высоте 1,8 м от пола. Допускается установка выключателей под потолком с управлением при помощи шнура.

## Раздел 7. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Главы 7.1, 7.2 приведены в редакции седьмого издания (1999 г.)

Главы 7.5, 7.6, 7.10 приведены в редакции седьмого издания (2002 г.)

### УТВЕРЖДЕНО

Министерством топлива и  
энергетики  
Российской Федерации

Приказ от 6 октября 1999г.

*Вводится в действие  
с 1 июля 2000 г.*

## Глава 7.1 ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ЖИЛЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ, АДМИНИСТРАТИВНЫХ И БЫТОВЫХ ЗДАНИЙ

### Область применения. Определения

**7.1.1.** Настоящая глава Правил распространяется на электроустановки: жилых зданий, перечисленных в СНиП 2.08.01-89 «Жилые здания»; общественных зданий, перечисленных в СНиП 2.08.02-89 «Общественные здания и сооружения» (за исключением зданий и помещений, перечисленных в гл. 7.2); административных и бытовых зданий, перечисленных в СНиП 2.09.04-87 «Административные и бытовые здания»; к электроустановкам уникальных и других специальных зданий, не вошедших в вышеуказанный список, могут предъявляться дополнительные требования.

Далее по тексту, если нет уточнения, под словом «здания» понимаются все типы зданий, на которые распространяется данная глава.

Требования настоящей главы не распространяются на специальные электроустановки в лечебно-профилактических учреждениях, организациях и учреждениях науки и научного обслуживания, на системы диспетчеризации и связи, а также на электроустановки, которые по своему характеру должны быть отнесены к электроустановкам промышленных предприятий (мастерские, котельные, тепловые пункты, насосные, фабрики-прачечные, фабрики-химчистки и т.п.).

\* Требования настоящей главы являются взаимосвязанными. Следует иметь в виду, что частичное выполнение комплекса требований к электроустановкам зданий может привести к снижению уровня электробезопасности.

**7.1.2.** Электроустановки зданий, кроме требований настоящей главы, должны удовлетворять требованиям глав разд. 1-6 ПУЭ в той мере, в какой они не изменены настоящей главой.

**7.1.3.** Вводное устройство (ВУ) — совокупность конструкций, аппаратов и приборов, устанавливаемых на вводе питающей линии в здание или в его обособленную часть. Вводное устройство, включающее в себя также аппараты и приборы отходящих линий, называется вводно-распределительным (ВРУ).

**7.1.4.** Главный распределительный щит (ГРЩ) — распределительный щит, через который снабжается электроэнергией все здание или его обособленная часть. Роль ГРЩ может выполнять ВРУ или щит низкого напряжения подстанции.

**7.1.5.** Распределительный пункт (РП) — устройство, в котором установлены аппараты защиты и коммутационные аппараты (или только аппараты защиты) для отдельных электроприемников или их групп (электродвигателей, групповых щитков).

**7.1.6.** Групповой щиток — устройство, в котором установлены аппараты защиты и коммутационные аппараты (или только аппараты защиты) для отдельных групп светильников, штепсельных розеток и стационарных электроприемников.

- 7.1.7.** Квартирный щиток — групповой щиток, установленный в квартире и предназначенный для присоединения сети, питающей светильники, штепсельные розетки и стационарные электроприемники квартиры.
- 7.1.8.** Этажный распределительный щиток — щиток, установленный на этажах жилых домов и предназначенный для питания квартир или квартирных щитков.
- 7.1.9.** Электрощитовое помещение — помещение, доступное только для обслуживающего квалифицированного персонала, в котором устанавливаются ВУ, ВРУ, ГРЩ и другие распределительные устройства.
- 7.1.10.** Питающая сеть — сеть от распределительного устройства подстанции или ответвления от воздушных линий электропередачи до ВУ, ВРУ, ГРЩ.
- 7.1.11.** Распределительная сеть — сеть от ВУ, ВРУ, ГРЩ до распределительных пунктов и щитков.
- 7.1.12.** Групповая сеть — сеть от щитков и распределительных пунктов до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников.

### **Общие требования. Электроснабжение**

- 7.1.13.** Питание электроприемников должно выполняться от сети 380/220 В с системой заземления TN-S или TN-C-S.  
При реконструкции жилых и общественных зданий, имеющих напряжение сети 220/127 В или 3 х 220 В, следует предусматривать перевод сети на напряжение 380/220 В с системой заземления TN-S или TN-C-S.
- 7.1.14.** Внешнее электроснабжение зданий должно удовлетворять требованиям гл.1.2.
- 7.1.15.** В спальных корпусах различных учреждений, в школьных и других учебных заведениях и т.п. сооружение встроенных и пристроенных подстанций не допускается.  
В жилых зданиях в исключительных случаях допускается размещение встроенных и пристроенных подстанций с использованием сухих трансформаторов по согласованию с органами государственного надзора, при этом в полном объеме должны быть выполнены санитарные требования по ограничению уровня шума и вибрации в соответствии с действующими стандартами.  
Устройство и размещение встроенных, пристроенных и отдельно стоящих подстанций должно выполняться в соответствии с требованиями глав разд. 4.
- 7.1.16.** Питание силовых и осветительных электроприемников рекомендуется выполнять от одних и тех же трансформаторов.
- 7.1.17.** Расположение и компоновка трансформаторных подстанций должны предусматривать возможность круглосуточного беспрепятственного доступа в них персонала энергоснабжающей организации.
- 7.1.18.** Питание освещения безопасности и эвакуационного освещения должно выполняться согласно требованиям гл. 6.1 и 6.2, а также СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».
- 7.1.19.** При наличии в здании лифтов, предназначенных также для транспортирования пожарных подразделений, должно быть обеспечено их питание в соответствии с требованиями гл. 7.8.
- 7.1.20.** Электрические сети зданий должны быть рассчитаны на питание освещения рекламного, витрин, фасадов, иллюминационного, наружного, противопожарных устройств, систем диспетчеризации, локальных телевизионных сетей, световых указателей пожарных гидрантов, знаков безопасности, звонковой и другой сигнализации, огней светового ограждения и др., в соответствии с заданием на проектирование.
- 7.1.21.** При питании однофазных потребителей зданий от многофазной распределительной сети допускается для разных групп однофазных потребителей иметь общие N и PE проводники (пятипроводная сеть), проложенные непосредственно от ВРУ, объединение N и PE проводников (четырёхпроводная сеть с PEN проводником) не допускается.  
При питании однофазных потребителей от многофазной питающей сети ответвлениями от воздушных линий, когда PEN проводник воздушной линии является общим для групп однофазных потребителей, питающихся от разных фаз, рекомендуется предусматривать защитное отключение потребителей при превышении напряжения выше допустимого, возникающего из-за несимметрии нагрузки при обрыве PEN проводника. Отключение должно производиться на вводе в здание, например воздействием на независимый расцепитель вводного автоматического выключателя посредством реле максимального напряжения, при этом должны отключаться как фазный (L), так и нулевой рабочий (N) проводники.



При выборе аппаратов и приборов, устанавливаемых на вводе, предпочтение, при прочих равных условиях, должно отдаваться аппаратам и приборам, сохраняющим работоспособность при превышении напряжения выше допустимого, возникающего из-за несимметрии нагрузки при обрыве PEN или N проводника, при этом их коммутационные и другие рабочие характеристики могут не выполняться.

Во всех случаях в цепях PE и PEN проводников запрещается иметь коммутирующие контактные и бесконтактные элементы.

Допускаются соединения, которые могут быть разобраны при помощи инструмента, а также специально предназначенные для этих целей соединители.

### **Вводные устройства, распределительные щиты, распределительные пункты, групповые щитки**

**7.1.22.** На вводе в здание должно быть установлено ВУ или ВРУ. В здании может устанавливаться одно или несколько ВУ или ВРУ.

При наличии в здании нескольких обособленных в хозяйственном отношении потребителей у каждого из них рекомендуется устанавливать самостоятельное ВУ или ВРУ.

От ВРУ допускается также питание потребителей, расположенных в других зданиях, при условии, что эти потребители связаны функционально.

При ответвлениях от ВЛ с расчетным током до 25 А ВУ или ВРУ на вводах в здание могут не устанавливаться, если расстояние от ответвления до группового щитка, выполняющего в этом случае функции ВУ, не более 3 м. Данный участок сети должен выполняться гибким медным кабелем с сечением жил не менее 4 мм<sup>2</sup>, не распространяющим горение, проложенным в стальной трубе, при этом должны быть выполнены требования по обеспечению надежного контактного соединения с проводами ответвления.

При воздушном вводе должны устанавливаться ограничители импульсных перенапряжений.

**7.1.23.** Перед вводами в здания не допускается устанавливать дополнительные кабельные ящики для разделения сферы обслуживания наружных питающих сетей и сетей внутри здания. Такое разделение должно быть выполнено во ВРУ или ГРЩ.

**7.1.24.** ВУ, ВРУ, ГРЩ должны иметь аппараты защиты на всех вводах питающих линий и на всех отходящих линиях.

**7.1.25.** На вводе питающих линий в ВУ, ВРУ, ГРЩ должны устанавливаться аппараты управления. На отходящих линиях аппараты управления могут быть установлены либо на каждой линии, либо быть общими для нескольких линий.

Автоматический выключатель следует рассматривать как аппарат защиты и управления.

**7.1.26.** Аппараты управления, независимо от их наличия в начале питающей линии, должны быть установлены на вводах питающих линий в торговых помещениях, коммунальных предприятиях, административных помещениях и т.п., а также в помещениях потребителей, обособленных в административно-хозяйственном отношении.

**7.1.27.** Этажный щиток должен устанавливаться на расстоянии не более 3 м по длине электропроводки от питающего стояка с учетом требований гл. 3.1.

**7.1.28.** ВУ, ВРУ, ГРЩ, как правило, следует устанавливать в электрощитовых помещениях, доступных только для обслуживающего персонала. В районах, подверженных затоплению, они должны устанавливаться выше уровня затопления.

ВУ, ВРУ, ГРЩ могут размещаться в помещениях, выделенных в эксплуатируемых сухих подвалах, при условии, что эти помещения доступны для обслуживающего персонала и отделены от других помещений перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

При размещении ВУ, ВРУ, ГРЩ, распределительных пунктов и групповых щитков вне электрощитовых помещений они должны устанавливаться в удобных и доступных для обслуживания местах, в шкафах со степенью защиты оболочки не ниже IP31.

Расстояние от трубопроводов (водопровод, отопление, канализация, внутренние водостоки), газопроводов и газовых счетчиков до места установки должно быть не менее 1 м.

**7.1.29.** Электрощитовые помещения, а также ВУ, ВРУ, ГРЩ не допускается располагать под санузлами, ванными комнатами, душевыми, кухнями (кроме кухонь квартир), мойками, моечными и парильными помещениями бань и другими помещениями, связанными с мокрыми технологическими процессами, за исключением случаев, когда приняты специальные меры по надежной гидроизоляции, предотвращающие попадание влаги в помещения, где установлены распределительные устройства.

Трубопроводы (водопровод, отопление) прокладывают через электрощитовые помещения не рекомендуется.

Трубопроводы (водопровод, отопление), вентиляционные и прочие короба, прокладываемые через электрощитовые помещения, не должны иметь ответвлений в пределах помещения (за исключением ответвления к отопительному прибору самого щитового помещения), а также люков, задвижек, фланцев, вентиля и т.п.

Прокладка через эти помещения газо- и трубопроводов с горючими жидкостями, канализации и внутренних водостоков не допускается.

Двери электрощитовых помещений должны открываться наружу.

**7.1.30.** Помещения, в которых установлены ВРУ, ГРЩ, должны иметь естественную вентиляцию, электрическое освещение. Температура помещения не должна быть ниже +5°C.

**7.1.31.** Электрические цепи в пределах ВУ, ВРУ, ГРЩ, распределительных пунктов, групповых щитков следует выполнять проводами с медными жилами.

### Электропроводки и кабельные линии

**7.1.32.** Внутренние электропроводки должны выполняться с учетом следующего:

1. Электроустановки разных организаций, обособленных в административно-хозяйственном отношении, расположенные в одном здании, могут быть присоединены ответвлениями к общей питающей линии или питаться отдельными линиями от ВРУ или ГРЩ.
2. К одной линии разрешается присоединять несколько стояков. На ответвлениях к каждому стояку, питающему квартиры жилых домов, имеющих более 5 этажей, следует устанавливать аппарат управления, совмещенный с аппаратом защиты.
3. В жилых зданиях светильники лестничных клеток, вестибюлей, холлов, поэтажных коридоров и других внутридомовых помещений вне квартир должны питаться по самостоятельным линиям от ВРУ или отдельных групповых щитков, питаемых от ВРУ. Присоединение этих светильников к этажным и квартирным щиткам не допускается.
4. Для лестничных клеток и коридоров, имеющих естественное освещение, рекомендуется предусматривать автоматическое управление электрическим освещением в зависимости от освещенности, создаваемой естественным светом.
5. Питание электроустановок нежилого фонда рекомендуется выполнять отдельными линиями.

**7.1.33.** Питающие сети от подстанций до ВУ, ВРУ, ГРЩ должны быть защищены от токов КЗ.

**7.1.34.** В зданиях следует применять кабели и провода с медными жилами\*.

Питающие и распределительные сети, как правило, должны выполняться кабелями и проводами с алюминиевыми жилами, если их расчетное сечение равно 16 мм<sup>2</sup> и более.

Питание отдельных электроприемников, относящихся к инженерному оборудованию зданий (насосы, вентиляторы, калориферы, установки кондиционирования воздуха и т.п.), может выполняться проводами или кабелем с алюминиевыми жилами сечением не менее 2,5 мм<sup>2</sup>.

В музеях, картинных галереях, выставочных помещениях разрешается использование осветительных шинопроводов со степенью защиты IP20, у которых ответвительные устройства к светильникам имеют разъемные контактные соединения, находящиеся внутри короба шинопровода в момент коммутации, и шинопроводов со степенью защиты IP44, у которых ответвления к светильникам выполняются с помощью штепсельных разъемов, обеспечивающих разрыв цепи ответвления до момента извлечения вилки из розетки.

В указанных помещениях осветительные шинопроводы должны питаться от распределительных пунктов самостоятельными линиями.

В жилых зданиях сечения медных проводников должны соответствовать расчетным значениям, но быть не менее указанных в таблице 7.1.1.

\*До 2001 г. по имеющемуся заделу строительства допускается использование проводов и кабелей с алюминиевыми жилами.

**7.1.35.** В жилых зданиях прокладка вертикальных участков распределительной сети внутри квартир не допускается.

Запрещается прокладка от этажного щитка в общей трубе, общем коробе или канале проводов и кабелей, питающих линии разных квартир.

Допускается не распространяющая горение прокладка в общей трубе, общем коробе или канале строительных конструкций, выполненных из негорючих материалов, проводов и кабелей

питающих линий квартир вместе с проводами и кабелями групповых линий рабочего освещения лестничных клеток, поэтажных коридоров и других внутридомовых помещений.

**Таблица 7.1.1.** Наименьшие допустимые сечения кабелей и проводов электрических сетей в жилых зданиях

Наименование линий	Наименьшее сечение кабелей и проводов с медными жилами, мм <sup>2</sup>
Линии групповых сетей	1,5
Линии от этажных до квартирных щитков и к расчетному счетчику	2,5
Линии распределительной сети (стояки) для питания квартир	4

**7.1.36.** Во всех зданиях линии групповой сети, прокладываемые от групповых, этажных и квартирных щитков до светильников общего освещения, штепсельных розеток и стационарных электроприемников, должны выполняться трехпроводными (фазный — L, нулевой рабочий — N и нулевой защитный — PE проводники).

Не допускается объединение нулевых рабочих и нулевых защитных проводников различных групповых линий.

Нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не допускается подключать на щитках под общий контактный зажим.

Сечения проводников должны отвечать требованиям п. 7.1.45.

**7.1.37.** Электропроводку в помещениях следует выполнять сменяемой: скрыто — в каналах строительных конструкций, замоноличенных трубах; открыто — в электротехнических плинтусах, коробах и т.п.

В технических этажах, подпольях, неотапливаемых подвалах, чердаках, вентиляционных камерах, сырых и особо сырых помещениях электропроводку рекомендуется выполнять открыто.

В зданиях со строительными конструкциями, выполненными из негорючих материалов, допускается несменяемая замоноличенная прокладка групповых сетей в бороздах стен, перегородок, перекрытий, под штукатуркой, в слое подготовки пола или в пустотах строительных конструкций, выполняемая кабелем или изолированными проводами в защитной оболочке. Применение несменяемой замоноличенной прокладки проводов в панелях стен, перегородок и перекрытий, выполненной при их изготовлении на заводах стройиндустрии или выполняемой в монтажных стыках панелей при монтаже зданий, не допускается.

**7.1.38.** Электрические сети, прокладываемые за непроходными подвесными потолками и в перегородках, рассматриваются как скрытые электропроводки и их следует выполнять: за потолками и в пустотах перегородок из горючих материалов в металлических трубах, обладающих локализационной способностью, и в закрытых коробах; за потолками и в перегородках из негорючих материалов\* — в выполненных из негорючих материалов трубах и коробах, а также кабелями, не распространяющими горение. При этом должна быть обеспечена возможность замены проводов и кабелей.

\*Под подвесными потолками из негорючих материалов понимают такие потолки, которые выполнены из негорючих материалов, при этом другие строительные конструкции, расположенные над подвесными потолками, включая междуэтажные перекрытия, также выполнены из негорючих материалов.

**7.1.39.** В помещениях для приготовления и приема пищи, за исключением кухонь квартир, допускается открытая прокладка кабелей. Открытая прокладка проводов в этих помещениях не допускается.

В кухнях квартир могут применяться те же виды электропроводок, что и в жилых комнатах и коридорах.

**7.1.40.** В саунах, ванных комнатах, санузлах, душевых, как правило, должна применяться скрытая электропроводка. Допускается открытая прокладка кабелей.

В саунах, ванных комнатах, санузлах, душевых не допускается прокладка проводов с металлическими оболочками, в металлических трубах и металлических рукавах.

В саунах для зон 3 и 4 по ГОСТ Р 50571.12-96 «Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 703. Помещения, содержащие нагреватели для саун» должна использоваться электропроводка с допустимой температурой изоляции 170 °С.

**7.1.41.** Электропроводка на чердаках должна выполняться в соответствии с требованиями разд. 2.

**7.1.42.** Через подвалы и технические подполья секций здания допускается прокладка силовых кабелей напряжением до 1 кВ, питающих электроприемники других секций здания. Указанные кабели не рассматриваются как транзитные, прокладка транзитных кабелей через подвалы и технические подполья зданий запрещается.

**7.1.43.** Открытая прокладка транзитных кабелей и проводов через кладовые и складские помещения не допускается.

**7.1.44.** Линии, питающие холодильные установки предприятий торговли и общественного питания, должны быть проложены от ВРУ или ГРЩ этих предприятий.

**7.1.45.** Выбор сечения проводников следует проводить согласно требованиям соответствующих глав ПУЭ.

Однофазные двух- и трехпроводные линии, а также трехфазные четырех- и пятипроводные линии при питании однофазных нагрузок, должны иметь сечение нулевых рабочих (N) проводников, равное сечению фазных проводников.

Трехфазные четырех- и пятипроводные линии при питании трехфазных симметричных нагрузок должны иметь сечение нулевых рабочих (N) проводников, равное сечению фазных проводников, если фазные проводники имеют сечение до 16 мм<sup>2</sup> по меди и 25 мм<sup>2</sup> по алюминию, а при больших сечениях — не менее 50% сечения фазных проводников.

Сечение PEN проводников должно быть не менее сечения N проводников и не менее 10 мм<sup>2</sup> по меди и 16 мм<sup>2</sup> по алюминию независимо от сечения фазных проводников.

Сечение PE проводников должно равняться сечению фазных при сечении последних до 16 мм<sup>2</sup>, 16 мм<sup>2</sup> при сечении фазных проводников от 16 до 35 мм<sup>2</sup> и 50% сечения фазных проводников при больших сечениях.

Сечение PE проводников, не входящих в состав кабеля, должно быть не менее 2,5 мм<sup>2</sup> — при наличии механической защиты и 4 мм<sup>2</sup> — при ее отсутствии.

### Внутреннее электрооборудование

**7.1.46.** В помещениях для приготовления пищи, кроме кухонь квартир, светильники с лампами накаливания, устанавливаемые над рабочими местами (плитами, столами и т.п.), должны иметь снизу защитное стекло. Светильники с люминесцентными лампами должны иметь решетки или сетки либо ламподержатели, исключающие выпадение ламп.

**7.1.47.** В ванных комнатах, душевых и санузлах должно использоваться только то электрооборудование, которое специально предназначено для установки в соответствующих зонах указанных помещений по ГОСТ Р 50571.11-96 «Электроустановки зданий. Часть 7.

Требования к специальным электроустановкам. Раздел 701. Ванные и душевые помещения», при этом должны выполняться следующие требования:

- электрооборудование должно иметь степень защиты по воде не ниже чем:

в зоне 0 — IPX7;

в зоне 1 — IPX5;

в зоне 2 — IPX4 (IPX5 — в ваннах общего пользования);

в зоне 3 — IPX1 (IPX5 — в ваннах общего пользования);

- в зоне 0 могут использоваться электроприборы напряжением до 12 В, предназначенные для применения в ванне, причем источник питания должен размещаться за пределами этой зоны;

- в зоне 1 могут устанавливаться только водонагреватели;

- в зоне 2 могут устанавливаться водонагреватели и светильники класса защиты 2;

- в зонах 0,1 и 2 не допускается установка соединительных коробок, распределительных устройств управления.

**7.1.48.** Установка штепсельных розеток в ванных комнатах, душевых, мыльных помещениях бань, помещениях, содержащих нагреватели для саун (далее по тексту «сауна»), а также в стиральных помещениях прачечных не допускается, за исключением ванных комнат квартир и номеров гостиниц.

В ванных комнатах квартир и номеров гостиниц допускается установка штепсельных розеток в зоне 3 по ГОСТ Р 50571.11-96, присоединяемых к сети через разделительные трансформаторы или защищенных устройством защитного отключения, реагирующим на дифференциальный ток, не превышающий 30 мА.

Любые выключатели и штепсельные розетки должны находиться на расстоянии не менее 0,6 м от дверного проема душевой кабины.

**7.1.49.** В зданиях при трехпроводной сети (см. п. 7.1.36) должны устанавливаться штепсельные розетки на ток не менее 10 А с защитным контактом.

Штепсельные розетки, устанавливаемые в квартирах, жилых комнатах общежития, а также в помещениях для пребывания детей в детских учреждениях (садах, яслях, школах и т.п.), должны иметь защитное устройство, автоматически закрывающее гнезда штепсельной розетки при вынужденной вынуде.

**7.1.50.** Минимальное расстояние от выключателей, штепсельных розеток и элементов электроустановок до газопроводов должно быть не менее 0,5 м.

**7.1.51.** Выключатели рекомендуется устанавливать на стене со стороны дверной ручки на высоте до 1 м, допускается устанавливать их под потолком с управлением при помощи шнура. В помещениях для пребывания детей в детских учреждениях (садах, яслях, школах и т.п.) выключатели следует устанавливать на высоте 1,8 м от пола.

**7.1.52.** В саунах, ванных комнатах, санузлах, мыльных помещениях бань, парилках, стиральных помещениях прачечных и т.п. установка распределительных устройств и устройств управления не допускается.

В помещениях умывальников и зонах 1 и 2 (ГОСТ Р 50571.11-96) ванных и душевых помещений допускается установка выключателей, приводимых в действие шнуром.

**7.1.53.** Отключающие аппараты сети освещения чердаков, имеющих элементы строительных конструкций (кровлю, фермы, стропила, балки и т.п.) из горючих материалов, должны быть установлены вне чердака.

**7.1.54.** Выключатели светильников рабочего, безопасности и эвакуационного освещения помещений, предназначенных для пребывания большого количества людей (например, торговых помещений магазинов, столовых, вестибюлей гостиниц и т.п.), должны быть доступны только для обслуживающего персонала.

**7.1.55.** Над каждым входом в здание должен быть установлен светильник.

**7.1.56.** Домовые номерные знаки и указатели пожарных гидрантов, установленные на наружных стенах зданий, должны быть освещены. Питание электрических источников света номерных знаков и указателей гидрантов должно осуществляться от сети внутреннего освещения здания, а указателей пожарных гидрантов, установленных на опорах наружного освещения, — от сети наружного освещения.

**7.1.57.** Противопожарные устройства и охранная сигнализация, независимо от категории по надежности электроснабжения здания, должны питаться от двух вводов, а при их отсутствии — двумя линиями от одного ввода. Переключение с одной линии на другую должно осуществляться автоматически.

**7.1.58.** Устанавливаемые на чердаке электродвигатели, распределительные пункты, отдельно устанавливаемые коммутационные аппараты и аппараты защиты должны иметь степень защиты не ниже IP44.

### Учет электроэнергии

**7.1.59.** В жилых зданиях следует устанавливать один одно- или трехфазный расчетный счетчик (при трехфазном вводе) на каждую квартиру.

**7.1.60.** Расчетные счетчики в общественных зданиях, в которых размещено несколько потребителей электроэнергии, должны предусматриваться для каждого потребителя, обособленного в административно-хозяйственном отношении (ателье, магазины, мастерские, склады, жилищно-эксплуатационные конторы и т.п.).

**7.1.61.** В общественных зданиях расчетные счетчики электроэнергии должны устанавливаться на ВРУ (ГРЩ) в точках балансового разграничения с энергоснабжающей организацией. При наличии встроенных или пристроенных трансформаторных подстанций, мощность которых полностью используется потребителями данного здания, расчетные счетчики должны устанавливаться на выводах низшего напряжения силовых трансформаторов на совмещенных щитах низкого напряжения, являющихся одновременно ВРУ здания.

ВРУ и приборы учета разных абонентов, размещенных в одном здании, допускается устанавливать в одном общем помещении. По согласованию с энергоснабжающей организацией расчетные счетчики могут устанавливаться у одного из потребителей, от ВРУ которого питаются прочие потребители, размещенные в данном здании. При этом на вводах питающих линий в помещениях этих прочих потребителей следует устанавливать контрольные счетчики для расчета с основным абонентом.

- 7.1.62.** Расчетные счетчики для общедомовой нагрузки жилых зданий (освещение лестничных клеток, контор домоуправлений, дворовое освещение и т.п.) рекомендуется устанавливать в шкафах ВРУ или на панелях ГРЩ.
- 7.1.63.** Расчетные квартирные счетчики рекомендуется размещать совместно с аппаратами защиты (автоматическими выключателями, предохранителями).  
При установке квартирных щитков в прихожих квартир счетчики, как правило, должны устанавливаться на этих щитках, допускается установка счетчиков на этажных щитках.
- 7.1.64.** Для безопасной замены счетчика, непосредственно включаемого в сеть, перед каждым счетчиком должен предусматриваться коммутационный аппарат для снятия напряжения со всех фаз, присоединенных к счетчику.  
Отключающие аппараты для снятия напряжения с расчетных счетчиков, расположенных в квартирах, должны размещаться за пределами квартиры.
- 7.1.65.** После счетчика, включенного непосредственно в сеть, должен быть установлен аппарат защиты. Если после счетчика отходит несколько линий, снабженных аппаратами защиты, установка общего аппарата защиты не требуется.
- 7.1.66.** Рекомендуется оснащение жилых зданий системами дистанционного съема показаний счетчиков.

### Защитные меры безопасности

- 7.1.67.** Заземление и защитные меры безопасности электроустановок зданий должны выполняться в соответствии с требованиями гл. 1.7 и дополнительными требованиями, приведенными в данном разделе.
- 7.1.68.** Во всех помещениях необходимо присоединять открытые проводящие части светильников общего освещения и стационарных электроприемников (электрических плит, кипятильников, бытовых кондиционеров, электрополотенц и т.п.) к нулевому защитному проводнику.
- 7.1.69.** В помещениях зданий металлические корпуса однофазных переносных электроприборов и настольных средств оргтехники класса I по ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» должны присоединяться к защитным проводникам трехпроводной групповой линии (см. п. 7.1.36).  
К защитным проводникам должны подсоединяться металлические каркасы перегородок, дверей и рам, используемых для прокладки кабелей.
- 7.1.70.** В помещениях без повышенной опасности допускается применение подвесных светильников, не оснащенных зажимами для подключения защитных проводников, при условии, что крюк для их подвески изолирован. Требования данного пункта не отменяют требований п. 7.1.36 и не являются основанием для выполнения электропроводок двухпроводными.
- 7.1.71.** Для защиты групповых линий, питающих штепсельные розетки для переносных электрических приборов, рекомендуется предусматривать устройства защитного отключения (УЗО).
- 7.1.72.** Если устройство защиты от сверхтока (автоматический выключатель, предохранитель) не обеспечивает время автоматического отключения 0,4 с при номинальном напряжении 220 В из-за низких значений токов короткого замыкания и установка (квартира) не охвачена системой уравнивания потенциалов, установка УЗО является обязательной.
- 7.1.73.** При установке УЗО последовательно должны выполняться требования селективности. При двух- и многоступенчатой схемах УЗО, расположенное ближе к источнику питания, должно иметь уставку и время срабатывания не менее чем в 3 раза большие, чем у УЗО, расположенного ближе к потребителю.
- 7.1.74.** В зоне действия УЗО нулевой рабочий проводник не должен иметь соединений с заземленными элементами и нулевым защитным проводником.
- 7.1.75.** Во всех случаях применения УЗО должно обеспечивать надежную коммутацию цепей нагрузки с учетом возможных перегрузок.
- 7.1.76.** Рекомендуется использовать УЗО, представляющее собой единый аппарат с автоматическим выключателем, обеспечивающим защиту от сверхтока.  
Не допускается использовать УЗО в групповых линиях, не имеющих защиты от сверхтока, без дополнительного аппарата, обеспечивающего эту защиту.

При использовании УЗО, не имеющих защиты от сверхтока, необходима их расчетная проверка в режимах сверхтока с учетом защитных характеристик вышестоящего аппарата, обеспечивающего защиту от сверхтока.

**7.1.77.** В жилых зданиях не допускается применять УЗО, автоматически отключающие потребителя от сети при исчезновении или недопустимом падении напряжения сети. При этом УЗО должно сохранять работоспособность на время не менее 5 с при снижении напряжения до 50% номинального.

**7.1.78.** В зданиях могут применяться УЗО типа «А», реагирующие как на переменные, так и на пульсирующие токи повреждений, или «АС», реагирующие только на переменные токи утечки. Источником пульсирующего тока являются, например, стиральные машины с регуляторами скорости, регулируемые источники света, телевизоры, видеомагнитофоны, персональные компьютеры и др.

**7.1.79.** В групповых сетях, питающих штепсельные розетки, следует применять УЗО с номинальным током срабатывания не более 30 мА.

Допускается присоединение к одному УЗО нескольких групповых линий через отдельные автоматические выключатели (предохранители).

Установка УЗО в линиях, питающих стационарное оборудование и светильники, а также в общих осветительных сетях, как правило, не требуется.

**7.1.80.** В жилых зданиях УЗО рекомендуется устанавливать на квартирных щитках, допускается их установка на этажных щитках.

**7.1.81.** Установка УЗО запрещается для электроприемников, отключение которых может привести к ситуациям, опасным для потребителей (отключению пожарной сигнализации и т.п.).

**7.1.82.** Обязательной является установка УЗО с номинальным током срабатывания не более 30 мА для групповых линий, питающих розеточные сети, находящиеся вне помещений и в помещениях особо опасных и с повышенной опасностью, например в зоне 3 ванных и душевых помещений квартир и номеров гостиниц.

**7.1.83.** Суммарный ток утечки сети с учетом присоединяемых стационарных и переносных электроприемников в нормальном режиме работы не должен превосходить 1/3 номинального тока УЗО. При отсутствии данных ток утечки электроприемников следует принимать из расчета 0,4 мА на 1 А тока нагрузки, а ток утечки сети — из расчета 10 мкА на 1 м длины фазного проводника.

**7.1.84.** Для повышения уровня защиты от возгорания при замыканиях на заземленные части, когда величина тока недостаточна для срабатывания максимальной токовой защиты, на вводе в квартиру, индивидуальный дом и т.п. рекомендуется установка УЗО с током срабатывания до 300 мА.

**7.1.85.** Для жилых зданий при выполнении требований п. 7.1.83 функции УЗО по пп. 7.1.79 и 7.1.84 могут выполняться одним аппаратом с током срабатывания не более 30 мА.

**7.1.86.** Если УЗО предназначено для защиты от поражения электрическим током и возгорания или только для защиты от возгорания, то оно должно отключать как фазный, так и нулевой рабочие проводники, защита от сверхтока в нулевом рабочем проводнике не требуется.

**7.1.87.** На вводе в здание должна быть выполнена система уравнивания потенциалов путем объединения следующих проводящих частей:

- основной (магистральный) защитный проводник;
- основной (магистральный) заземляющий проводник или основной заземляющий зажим;
- стальные трубы коммуникаций зданий и между зданиями;
- металлические части строительных конструкций, молниезащиты, системы центрального отопления, вентиляции и кондиционирования. Такие проводящие части должны быть соединены между собой на вводе в здание.

Рекомендуется по ходу передачи электроэнергии повторно выполнять дополнительные системы уравнивания потенциалов.

**7.1.88.** К дополнительной системе уравнивания потенциалов должны быть подключены все доступные прикосновению открытые проводящие части стационарных электроустановок, сторонние проводящие части и нулевые защитные проводники всего электрооборудования (в том числе штепсельных розеток).

Для ванных и душевых помещений дополнительная система уравнивания потенциалов является обязательной и должна предусматривать, в том числе, подключение сторонних проводящих частей, выходящих за пределы помещений. Если отсутствует электрооборудование с подключенными к системе уравнивания потенциалов нулевыми защитными проводниками, то систему уравнивания потенциалов следует подключить к РЕ шине (зажиму) на вводе.

Нагревательные элементы, замоноличенные в пол, должны быть покрыты заземленной

металлической сеткой или заземленной металлической оболочкой, подсоединенными к системе уравнивания потенциалов. В качестве дополнительной защиты для нагревательных элементов рекомендуется использовать УЗО на ток до 30 мА.

Не допускается использовать для саун, ванных и душевых помещений системы местного уравнивания потенциалов.

#### **УТВЕРЖДЕНО**

Министерством топлива и  
энергетики  
Российской Федерации

Приказ от 6 октября 2002г.

*Вводится в действие  
с 1 января 2000 г.*

## **Глава 7.2. ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ЗРЕЛИЩНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, КЛУБНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ И СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

### **Область применения. Определения**

**7.2.1.** Настоящая глава Правил распространяется на электроустановки, расположенные в зданиях зрелищных предприятий со зрительными залами: театров, цирков, кинотеатров, концертных залов, клубов, центров творчества детей и подростков, крытых спортивных сооружений, дворцов спорта, спортивных залов и т.п.

**7.2.2.** Электроустановки зрелищных предприятий, кроме требований настоящей главы, должны удовлетворять требованиям глав разд. 1-6 и гл. 7.1 в той мере, в какой они не изменены настоящей главой.

**7.2.3.** Сцена — специально оборудованная часть здания, предназначенная для показа спектаклей различных жанров.

В состав сцены входят: основная игровая часть (планшет сцены), сообщающаяся со зрительным залом порталным проемом, авансцена, аръерсцена и боковые карманы, объединенные проемами в стенах с основной игровой частью сцены, а также трюм и надколосниковое пространство.

**7.2.4.** Эстрада—часть зрительного зала, предназначенная для эстрадных и концертных выступлений. Эстрада может быть отделена от зрительного зала порталной стеной с открытым проемом или находиться в общем объеме со зрительным залом.

**7.2.5.** Манеж — часть зрительного зала, предназначенная для цирковых представлений.

**7.2.6.** Сценический подъем — механизм, предназначенный для подъема и спуска декораций, софитов, занавесов и другого сценического оборудования.

**7.2.7.** Постановочное освещение — освещение, предназначенное для светового оформления театральных постановок, концертов, эстрадных и цирковых представлений.

**7.2.8.** Технические аппаратные —помещения, в которых размещаются осветительные и проекционные приборы, устройства управления постановочным освещением, аппаратура связи, электроакустические и кинотехнологические устройства, электроустановки питания и управления электроприводами механизмов сцены (эстрады, манежа).

### **Общие требования. Электроснабжение**

**7.2.9.** Питание электроприемников должно осуществляться от сети 380/220 В с системой заземления TN-S или TN-C-S.

При реконструкции зрелищных предприятий, имеющих напряжение сети 220/127 или 3x220 В, следует предусматривать перевод сети на напряжение 380/220 В с системой заземления TN-S или TN-C-S.



**7.2.10.** Выбор нестандартного напряжения для электроприемников постановочного освещения и электроустановок механизмов сцены, питаемых от отдельных трансформаторов, выпрямителей или преобразователей, должен осуществляться при проектировании.

**7.2.11.** Все помещения, входящие в состав сцены (эстрады), а также сейфы декораций, склады (декораций, костюмов, реквизитов, бутафории, мебели и материальные), мастерские (живописные, постижерные, бутафорские, столярные, художника, макетные, графаретные, объемных декораций, пошивочные, обувные), кладовые (красок, хозяйственные, машиниста и электрика сцены, бельевые), гардеробные для актеров и костюмерные следует относить к пожароопасным зонам класса П-Па, если указанные помещения по условиям эксплуатации и характеристикам примененного оборудования не отнесены к более высокому классу по взрывопожарной опасности.

**Таблица 7.2.1.** Категории электроприемников зрелищных предприятий по надежности электроснабжения

Наименование электроприемника	Категория по надежности электроснабжения при суммарной вместимости зрительных залов, чел.	
	менее 800	800 и более
1. Электродвигатели пожарных насосов, автоматическая пожарная сигнализация и пожаротушение, системы противодымной защиты, оповещения о пожаре, противопожарного занавеса, освещения безопасности и эвакуационного	I	I
2. Электроприемники постановочного освещения	III	II
3. Электроприемники сценических механизмов	III	II
4. Электроприемники технических аппаратных и систем звукофикации	III	II
5. Остальные электроприемники, не указанные в пп. 1-4, а также комплексы электроприемников зданий с залами вместимостью 300 мест и менее	III	III

**7.2.12.** Категории электроприемников по надежности электроснабжения приведены в табл. 7.2.1.

**7.2.13.** Питание электроустановок зрелищных предприятий может осуществляться как от собственной (абонентской) ТП (встроенной, пристроенной или отдельно стоящей), так и от ТП общего пользования.

К линиям 0,4 кВ, питающим зрелищное предприятие от ТП общего пользования, не допускается присоединение электроустановок других потребителей. Допускается осуществлять питание электроустановок других потребителей от собственной (абонентской) ТП зрелищного предприятия.

**7.2.14.** Электроснабжение зрелищного предприятия с суммарным (при нескольких зрительных залах в одном здании) количеством мест в зрительных залах 800 и более и детских зрелищных предприятий независимо от количества мест должно удовлетворять следующим требованиям:

1. Питание электроприемников рекомендуется выполнять от двух трансформаторов собственной (абонентской) ТП. При целесообразности сооружения собственной ТП питание электроприемников следует осуществлять от двух трансформаторов ТП общего пользования.

2. Трансформаторы должны получать питание, как правило, от двух независимых источников 6-10 кВ.

3. При отключении одного трансформатора оставшийся в работе трансформатор должен обеспечить питание всех электроприемников зрелищного предприятия.

4. ГРЩ должен иметь две секции шин 380/220 В с устройствами АВР на шинах. Питание секций ГРЩ от трансформаторов следует выполнять взаимно резервируемыми линиями. При совмещении ГРЩ со щитом ТП или КТП АВР устанавливается на щите ТП или КТП.

**7.2.15.** Электроснабжение зрелищного предприятия с суммарным количеством мест в зрительных залах менее 800 должно удовлетворять следующим требованиям:

1. Питание электроприемников следует выполнять, как правило, от двух трансформаторов ТП общего пользования. Допускается осуществлять питание ГРЩ (ВРУ) зрелищного предприятия от одного трансформатора при условии прокладки от ТП до ГРЩ (ВРУ) двух взаимно резервируемых линий.

2. При отключении одного трансформатора оставшийся в работе трансформатор должен обеспечивать питание основных электроприемников зрелищного предприятия.
3. ГРЩ (ВРУ) должен иметь две секции шин 380/220 В. Питание секций следует предусматривать отдельными взаимно резервируемыми линиями от ТП. Переключение питания на секциях ГРЩ (ВРУ) должно осуществляться, как правило, вручную.
4. Для электроприемников I категории по надежности электроснабжения должен быть предусмотрен второй независимый источник питания.

**7.2.16.** Электроснабжение зрелищного предприятия с суммарным количеством мест в зрительных залах до 300 может осуществляться от одного трансформатора ТП общего пользования.

**7.2.17.** При размещении зрелищного предприятия с суммарным количеством мест до 300, за исключением детских зрелищных предприятий (см. п. 7.2.14), в здании другого назначения питание электроприемников зрелищного предприятия допускается осуществлять от общего ГРЩ (ВРУ).

**7.2.18.** Пристроенные или встроенные ТП с трансформаторами, имеющими масляное заполнение, должны удовлетворять требованиям гл. 4.2, а также следующим требованиям:

1. Каждый трансформатор должен быть установлен в отдельной камере, имеющей выход только наружу. При применении КТП разрешается установка в одном помещении одной КТП с двумя трансформаторами. Помещения ТП и КТП должны размещаться на первом этаже.
2. Двери трансформаторных камер или помещений КТП должны быть расположены на расстоянии не менее 5 м от ближайшей двери для прохода зрителей или эвакуационного выхода.
3. Предусматривать выходы (двери) из помещений ТП и КТП непосредственно на пути эвакуации не допускается.

**7.2.19.** Комплектные трансформаторные подстанции с трансформаторами, не имеющими масляного заполнения, могут располагаться внутри здания в отдельном помещении. При этом должна быть обеспечена возможность транспортировки оборудования КТП для замены и ремонта.

**7.2.20.** В помещениях ТП, КТП могут размещаться РУ и вращающиеся преобразователи до 1 кВ для питания электроприводов механизмов сцены, шкафы с аккумуляторными батареями и тиристорные регуляторы постановочного освещения при условии обслуживания всего электрооборудования, расположенного в помещении, персоналом объекта.

**7.2.21.** Распределительное устройство ТП выше 1 кВ должно размещаться в отдельном помещении с самостоятельными запирающимися входами для обслуживания персоналом энергоснабжающей организации.

Размещение РУ до 1 кВ и выше в одном помещении допускается только при условии их эксплуатации персоналом одной организации.

Требование о размещении РУ до 1 кВ и выше в разных помещениях не распространяется на КТП. Высоковольтная часть КТП в необходимых случаях пломбируется организацией, в ведении которой она находится.

**7.2.22.** К линиям, питающим электроакустические и кинотехнические устройства, подключение других электроприемников не допускается.

**7.2.23.** Питание освещения безопасности и эвакуационного освещения должно выполняться в соответствии с требованиями гл. 6.1 и учетом дополнительных требований, приведенных в пп. 7.2.24 и 7.2.25.

**7.2.24.** Для питания в аварийных режимах освещения безопасности, эвакуационного освещения и пожарной сигнализации в зрелищных предприятиях рекомендуется установка аккумуляторных батарей.

Установку аккумуляторных батарей для указанных целей в обязательном порядке необходимо предусматривать:

1. В детских зрелищных предприятиях независимо от количества мест и числа источников питания.
2. В зрелищных предприятиях (кроме кинотеатров) с суммарным количеством мест в зрительных залах 800 и более независимо от числа источников питания.
3. При наличии одного источника питания:
  - в клубных учреждениях при суммарном количестве мест в зрительных залах более 500;
  - в остальных зрелищных предприятиях при суммарном количестве мест в зрительных залах более 300.

При наличии двух источников питания для указанных в п. 3 зрелищных предприятий аккумуляторные батареи могут не устанавливаться.

Аккумуляторные батареи также могут не устанавливаться:

- в кинотеатрах при суммарном количестве мест в зрительных залах менее 800;
- в клубных учреждениях при суммарном количестве мест 500 и менее;
- в остальных зрелищных предприятиях при количестве мест в зрительных залах 300 и менее.

**7.2.25.** Шкафы с переносными аккумуляторными батареями разрешается устанавливать внутри любых помещений, за исключением помещений для зрителей и артистов. Переносные аккумуляторные батареи напряжением до 48 В емкостью до 150 А·ч для питания аварийного освещения и пожарной сигнализации, устанавливаемые в металлических шкафах с естественной вытяжной вентиляцией наружу здания, могут заряжаться на месте их установки. При этом класс помещения по взрыво- и пожароопасности не меняется.

Емкость аккумуляторных батарей должна быть выбрана из расчета непрерывной работы светильников аварийного освещения в течение 1 ч.

Кислотные аккумуляторные установки на напряжение выше 48 В и емкостью более 150 А·ч следует выполнять в соответствии с требованиями гл. 5.5.

### Электрическое освещение

**7.2.26.** Допустимые отклонения напряжения у осветительных приборов должны соответствовать требованиям ГОСТ 13109-87 «Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения».

**7.2.27.** Осветительные приборы постановочного освещения должны иметь предохранительные сетки, исключающие выпадение светофильтров, линз, ламп, других внутренних частей световых приборов и осколков стекла или кварца в случае разрыва лампы.

**7.2.28.** Постановочное освещение, освещение попитров оркестра должны иметь плавное регулирование яркости источников света. Для клубных учреждений при количестве мест в зрительном зале до 500 допускается иметь нерегулируемое освещение.

**7.2.29.** В зрительных залах вместимостью более 500 мест рекомендуется предусматривать плавное регулирование яркости источников света.

**7.2.30.** В помещениях для зрителей должно быть предусмотрено дежурное освещение, обеспечивающее пониженную освещенность не менее 15% нормируемой в этих помещениях.

Допускается использовать в качестве части дежурного освещения аварийное или эвакуационное освещение.

**7.2.31.** В зрительных залах со стационарными киноустановками в случае аварийного прекращения кинопроекции должно предусматриваться автоматическое включение светильников, обеспечивающих не менее 15% нормируемой освещенности для режима освещения зала в перерывах между киносеансами.

**7.2.32.** Управление рабочим и дежурным освещением должно быть предусмотрено:

- для зрительного зала — из аппаратной управления постановочным освещением, из кинопроекционной, с поста главного билетера или от входа в зрительный зал;
- для сцены, эстрады — из аппаратной управления постановочным освещением, с пульта на сцене (эстраде);

- для вестибюлей, фойе, кулуаров, гардеробов, буфетов, санузлов, курительных и других помещений для зрителей — централизованное управление рабочим освещением с поста главного билетера или от входа в зрительный зал, а дежурным освещением, кроме того, из помещения пожарного поста (при его наличии) или ГРЩ.

**7.2.33.** Освещение безопасности должно выполняться в помещениях сцены (эстрады), касс, администратора, гардероба, постов охраны, пожарного поста, технических аппаратных, здравпунктов, ТП, КТП, ГРЩ, телефонной станции и в помещениях для животных в цирках. Эвакуационное освещение должно быть предусмотрено во всех помещениях, где возможно пребывание более 50 чел., а также на всех лестницах, проходах и других путях эвакуации.

**7.2.34.** Световые указатели должны быть размещены над дверями по путям эвакуации из зрительного зала, со сцены (эстрады, манежа) и из других помещений в направлении выхода из здания и иметь окраску в соответствии с НПБ 160-97 «Цвета сигнальные. Знаки пожарной безопасности. Виды, размеры, общие технические требования».

Световые указатели должны присоединяться к источнику питания освещения безопасности или эвакуационного освещения или автоматически на него переключаться при исчезновении напряжения на питающих их основных источниках. Световые указатели должны быть включены в течение всего времени пребывания зрителей в здании.

**7.2.35.** Управление освещением безопасности и эвакуационным освещением должно предусматриваться из помещения пожарного поста, из щитовой аварийного освещения или с ГРЩ (ВРУ).

**7.2.36.** Для освещения безопасности и эвакуационного освещения, включаемого или переключаемого на питание от аккумуляторной установки, должны применяться лампы накаливания.

Люминесцентные лампы могут применяться при питании светильников от аккумуляторной установки через преобразователи постоянного тока в переменный.

**7.2.37.** Освещение пропитров оркестрантов в оркестровой яме должно производиться светильниками, присоединенными к штепсельным розеткам.

**7.2.38.** В зрелищных предприятиях должна предусматриваться возможность присоединения иллюминационных и рекламных установок.

### Силовое электрооборудование

**7.2.39.** Питание электродвигателей пожарных насосов, систем противодымной защиты, пожарной сигнализации и пожаротушения, оповещения о пожаре следует предусматривать по самостоятельным линиям от подстанций, ГРЩ или ВРУ.

**7.2.40.** Включение электродвигателей пожарных насосов и систем противодымной защиты и установок противопожарной автоматики должно сопровождаться автоматическим отключением электроприемников систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Допускается автоматическое отключение и другого силового электрооборудования, за исключением электродвигателей противопожарного занавеса, циркуляционных насосов и лифтов.

**7.2.41.** Пуск электродвигателей пожарных насосов следует выполнять:

- дистанционно от кнопок у пожарных кранов — при отсутствии спринклерных и дренчерных устройств;

- автоматически — при наличии спринклерных и дренчерных устройств с дистанционным дублированием (для пуска и останова) из помещений пожарного поста и насосной.

Пуск электродвигателей пожарных насосов должен контролироваться в помещении пожарного поста световым и звуковым сигналами.

**7.2.42.** Электроприводы механизмов сцены должны автоматически отключаться по достижении механизмами крайних положений.

Электроприводы механизмов сценических подъемов, противопожарного занавеса, подъемно-спускных площадок и подъемно-транспортных устройств (кроме тельферных) должны иметь аварийное автоматическое отключение переспуска и переподъема непосредственно в силовой цепи, после срабатывания которого должен быть исключен пуск электроприводов аппаратами ручного или автоматического управления.

**7.2.43.** При количестве сценических подъемов более десяти следует предусматривать на пульте механизмов сцены, а при его отсутствии — на пульте помощника режиссера, аппарат управления, обеспечивающий одновременное отключение всех сценических подъемов.

**7.2.44.** Для аварийной остановки всех механизмов, обслуживающих сцену (эстраду, манеж), должны предусматриваться отключающие аппараты, располагаемые не менее чем в двух местах, откуда хорошо просматривается работа этих механизмов.

**7.2.45.** Двери в ограждениях вращающейся части сцены (эстрады), подъемно-спускных площадок сцены и оркестра, софитов, технологических подъемников должны быть снабжены блокировочными устройствами, отключающими электродвигатели при открывании дверей и исключающими пуск механизмов после закрывания дверей без дополнительных действий (поворот ключа, нажатие кнопки и т.п.).

**7.2.46.** Механизмы, имеющие кроме электрического привода механический ручной привод, должны быть снабжены блокировкой, отключающей электропривод при переходе на ручное управление.

**7.2.47.** Контакты приборов и аппаратов, предназначенные для обеспечения безопасности, должны работать на размыкание соответствующей цепи при исчезновении питания катушки данного прибора или аппарата.

**7.2.48.** Противопожарный занавес должен быть снабжен блокировками, автоматически отключающими электродвигатель при ослаблении тяговых тросов и гравитационном спуске занавеса. Движение противопожарного занавеса должно сопровождаться световой и звуковой сигнализацией на планшете сцены и в помещении пожарного поста.

**7.2.49.** Управление дымовыми люками должно предусматривать возможность как одновременного открытия всех люков, так и отдельного открытия и закрытия каждого люка. Допускается предусматривать закрытие дымовых люков вручную. Управление лебедкой дымовых люков должно предусматриваться с планшета сцены, из помещения пожарного поста-диспетчерской и помещения лебедки.

### **Прокладка кабелей и проводов**

**7.2.50.** В дополнение к требованиям гл. 3.1 должны быть защищены от перегрузки силовые сети в пределах сцены (эстрады, манежа).

**7.2.51.** Кабели и провода должны приниматься с медными жилами, электропроводки не должны распространять горение:

- в зрительных залах, в том числе в пространстве над залами и за подвесными потолками;
- на сцене, в чердачных помещениях с горючими конструкциями;
- для цепей управления противопожарными устройствами, а также линий пожарной и охранной сигнализации, звукофикации, линий постановочного освещения и электроприводов сценических механизмов.

В остальных помещениях для питающих и распределительных сетей допускается применение кабелей и проводов с алюминиевыми жилами сечением не менее 16 мм<sup>2</sup>.

**7.2.52.** В зрительных залах, фойе, буфетах и других помещениях для зрителей электропроводку рекомендуется выполнять скрытой сменяемой.

**7.2.53.** Кабели и провода должны прокладываться в стальных трубах в пределах сцены (эстрады, манежа), а также в зрительных залах независимо от количества мест.

**7.2.54.** Для линий постановочного освещения допускается прокладка в одной стальной трубе до 24 проводов при условии, что температура не будет превышать нормированную для изоляции проводов.

**7.2.55.** Линии, питающие осветительные приборы постановочного освещения, размещаемые на передвижных конструкциях, следует выполнять гибким медным кабелем.

**7.2.56.** Электропроводки, питающие переносные и передвижные электроприемники и электроприемники на виброизолирующих основаниях, следует предусматривать в соответствии с требованиями гл. 2.1.

**7.2.57.** Переходы от стационарной электропроводки к подвижной следует выполнять через электрические соединители (или коробки зажимов), устанавливаемые в доступных для обслуживания местах.

### **Защитные меры безопасности**

**7.2.58.** Заземление и защитные меры безопасности электроустановок следует выполнять в соответствии с требованиями гл. 1.7, 7.1 и дополнительными требованиями, приведенными в данном разделе.

**7.2.59.** Подвижные металлические конструкции сцены (эстрады, манежа), предназначенные для установки осветительных и силовых электроприемников (софитные фермы, порталные кулисы и т.п.), должны быть подключены к защитному заземлению посредством отдельного гибкого медного провода или жилы кабеля, которые не должны одновременно служить проводниками рабочего тока.

Подключение вращающейся части сцены и аппаратуры, размещаемой на ней, допускается осуществлять через кольцевой контакт с двойным токосъемом.

**7.2.60.** Металлические корпуса и конструкции кинотехнологических устройств, а также распределительных систем и сетей электроакустики, телевидения, связи и сигнализации должны присоединяться к защитному заземлению.

Электротехнические и звуковоспроизводящие кинотехнологические установки, а также оборудование связи и телевидения, требующие пониженного уровня шумов, должны подключаться, как правило, к самостоятельному заземляющему устройству, заземлители которого должны находиться на расстоянии не менее 20 м от других заземлителей, а заземляющие проводники должны быть изолированы от проводников защитного заземления электроустановок.

Сопrotивление самостоятельного заземляющего устройства должно соответствовать требованиям предприятия — изготовителя аппаратуры или ведомственным нормам, но не должно превышать 4 Ом.

## Глава 7.3. ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ

### ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

**7.3.1.** Настоящая глава Правил распространяется на электроустановки, размещаемые во взрывоопасных зонах внутри и вне помещений. Эти электроустановки должны удовлетворять также требованиям других разделов Правил в той мере, в какой они не изменены настоящей главой.

Выбор и установка электрооборудования (машин, аппаратов, устройств), электропроводок и кабельных линий для взрывоопасных зон производится в соответствии с настоящей главой Правил на основе классификации взрывоопасных зон и взрывоопасных смесей.

Требования к аккумуляторным установкам приведены в гл. 4.4.

Указания настоящей главы не распространяются на подземные установки в шахтах и на предприятия, взрывоопасность установок которых является следствием применения, производства или хранения взрывчатых веществ, а также на электрооборудование, расположенное внутри технологических аппаратов.

### ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**7.3.2.** Взрыв - быстрое преобразование веществ (взрывное горение), сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить работу.

**7.3.3.** Вспышка - быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов.

**7.3.4.** Тление - горение без свечения, обычно опознаваемое по появлению дыма.

**7.3.5.** Электрическое искрение - искровые, дуговые и тлеющие электрические разряды.

**7.3.6.** Искробезопасная электрическая цепь - электрическая цепь, выполненная так, что электрический разряд или ее нагрев не может воспламенить взрывоопасную среду при предписанных условиях испытания.

**7.3.7.** Температура вспышки - самая низкая (в условиях специальных испытаний) температура горючего вещества, при которой над его поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для последующего горения.

**7.3.8.** Температура воспламенения - температура горючего вещества, при которой оно выделяет горючие пары или газы с такой скоростью, что после воспламенения их от источника зажигания возникает устойчивое горение.

**7.3.9.** Температура самовоспламенения - самая низкая температура горючего вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся возникновением пламенного горения.

**7.3.10.** Температура тления - самая низкая температура вещества (материалов, смеси), при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся возникновением тления.

**7.3.11.** Легковоспламеняющаяся жидкость (в дальнейшем ЛВЖ) - жидкость, способная самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющая температуру вспышки не выше 61 °С.

К взрывоопасным относятся ЛВЖ, у которых температура вспышки не превышает 61 °С, а давление паров при температуре 20°С составляет менее 100 кПа (около 1 ат).

**7.3.12.** Горючая жидкость-жидкость, способная самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющая температуру вспышки выше 61 °С.

Горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С относятся к пожароопасным, но, нагретые в условиях производства до температуры вспышки и выше, относятся к взрывоопасным.

**7.3.13.** Легкий газ - газ, который при температуре окружающей среды 20 °С и давлении 100 кПа имеет плотность 0,8 или менее по отношению к плотности воздуха.

**7.3.14.** Тяжелый газ - газ, который при тех же условиях, что и в 7.3.13, имеет плотность более 0,8 по отношению к плотности воздуха.

**7.3.15.** Сжиженный газ - газ, который при температуре окружающей среды ниже 20 °С, или давлении выше 100 кПа, или при совместном действии обоих этих условий обращается в жидкость.

**7.3.16.** Горючие газы относятся к взрывоопасным при любых температурах окружающей среды.

**7.3.17.** Горючие пыль и волокна относятся к взрывоопасным, если их нижний концентрационный предел воспламенения не превышает 65 г/м<sup>3</sup>.

**7.3.18.** Взрывоопасная смесь-смесь с воздухом горючих газов, паров ЛВЖ, горючих пыли или волокон с нижним концентрационным пределом воспламенения не более 65 г/м<sup>3</sup> при переходе их во взвешенное состояние, которая при определенной концентрации способна взорваться при возникновении источника инициирования взрыва.

К взрывоопасным относится также смесь горючих газов и паров ЛВЖ с кислородом или другим окислителем (например, хлором).

Концентрация в воздухе горючих газов и паров ЛВЖ принята в процентах к объему воздуха, концентрация пыли и волокон - в граммах на кубический метр к объему воздуха.

**7.3.19.** Верхний и нижний концентрационные пределы воспламенения - соответственно максимальная и минимальная концентрации горючих газов, паров ЛВЖ, пыли или волокон в воздухе, выше и ниже которых взрыва не произойдет даже при возникновении источника инициирования взрыва.

**7.3.20.** Помещение - пространство, огражденное со всех сторон стенами (в том числе с окнами и дверями), с покрытием (перекрытием) и полом. Пространство под навесом и пространство, ограниченное сетчатыми или решетчатыми ограждающими конструкциями, не являются помещениями.

**7.3.21.** Наружная установка - установка, расположенная вне помещения (снаружи) открыто или под навесом либо за сетчатыми или решетчатыми ограждающими конструкциями.

**7.3.22.** Взрывоопасная зона - помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в котором имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси.

**7.3.23.** Взрывозащищенное электрооборудование - электрооборудование, в котором предусмотрены конструктивные меры по устранению или затруднению возможности воспламенения окружающей его взрывоопасной среды вследствие эксплуатации этого электрооборудования.

**7.3.24.** Электрооборудование общего назначения - электрооборудование, выполненное без учета требований, специфических для определенного назначения, определенных условий эксплуатации.

**7.3.25.** Безопасный экспериментальный максимальный зазор (БЭМЗ) - максимальный зазор между фланцами оболочки, через который не проходит передача взрыва из оболочки в окружающую среду при любой концентрации смеси в воздухе.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ СМЕСЕЙ ПО ГОСТ 12.1.011-78

**7.3.26.** Взрывоопасные смеси газов и паров с воздухом в зависимости от размера БЭМЗ подразделяются на категории согласно табл. 7.3.1.

**7.3.27.** Взрывоопасные смеси газов и паров с воздухом в зависимости от температуры самовоспламенения подразделяются на шесть групп согласно табл. 7.3.2.

**7.3.28.** Распределение взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом по категориям и группам приведено в табл. 7.3.3.

Таблица 7.3.1

### Категории взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом

Категория смеси	Наименование смеси	БЭМЗ, мм
I	Рудничный метан	Более 1,0
II	Промышленные газы и пары	-
IIА		Более 0,9
IIВ		Более 0,5 до 0,9
IIС		До 0,5

Примечание. Указанные в таблице значения БЭМЗ не могут служить для контроля ширины зазора оболочки в эксплуатации.

Таблица 7.3.2

**Группы взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом по температуре самовоспламенения**

Группа	Температура самовоспламенения смеси, °С	Группа	Температура самовоспламенения смеси, °С
T1	Выше 450	T4	Выше 135 до 200
T2	" 300 до 450	T5	" 100 до 135
T3	" 200 до 300	T6	" 85 до 100

**7.3.29.** Нижний концентрационный предел воспламенения некоторых взрывоопасных пылей, а также их температуры тления, воспламенения и самовоспламенения приведены в табл. 7.3.4.

**7.3.30.** Категории и группы взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом, а также температуры тления, воспламенения и самовоспламенения пыли, не включенных в табл. 7.3.3 и 7.3.4, определяются испытательными организациями в соответствии с их перечнем по ГОСТ 12.2.021-76.

**КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО ГОСТ 12.2.020-76\***

**7.3.31.** Взрывозащищенное электрооборудование подразделяется по уровням и видам взрывозащиты, группам и температурным классам.

**7.3.32.** Установлены следующие уровни взрывозащиты электрооборудования:

"электрооборудование повышенной надежности против взрыва", "взрывобезопасное электрооборудование" и "особовзрывобезопасное электрооборудование".

Уровень "электрооборудование повышенной надежности против взрыва" - взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается только в признанном нормальном режиме работы. Знак уровня - 2.

Уровень "взрывобезопасное электрооборудование" - взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при признанных вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждений средств взрывозащиты. Знак уровня - 1.

Уровень "особовзрывобезопасное электрооборудование" - взрывозащищенное электрооборудование, в котором по отношению к взрывобезопасному электрооборудованию приняты дополнительные средства взрывозащиты, предусмотренные стандартами на виды взрывозащиты. Знак уровня - 0.

**7.3.33.** Взрывозащищенное электрооборудование может иметь следующие виды взрывозащиты:

Взрывонепроницаемая оболочка	d
Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением защитным газом	p
Искробезопасная электрическая цепь	i
Кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями	q
Масляное заполнение оболочки с токоведущими частями	o
Специальный вид взрывозащиты	s
Защита вида "е"	e

Таблица 7.3.3

**Распределение взрывоопасных смесей по категориям и группам**

Категория смеси	Группа смеси	Вещества, образующие с воздухом взрывоопасную смесь
I	T1	Метан (рудничный)*
IIА	T1	Аммиак, аллил хлоридный, ацетон, ацетонитрил, бензол, бензотрифторид, винил хлористый, винилиден хлористый, 1,2-дихлорпропан, дихлорэтан, диэтиламин, диизопропиловый эфир, доменный газ, изобутилен, изобутан,



	T2	<p>изопропилбензол, кислота уксусная, ксилол, метан (промышленный)** , метилацетат, α-метилстирол, метил хлористый, метилизоцианат, метил-хлорформиат, метилциклопропил-кетон, метилэтилкетон, окись углерода, пропан, пиридин, растворители Р-4, Р-5 и РС-1, разбавитель РЭ-1, сольвент нефтяной, стирол, спирт диацетоновый, толуол, трифторхлорпропан, трифторпропен, трифторэтан, трифторхлорэтилен, триэтиламин, хлорбензол, циклопентадиен, этан, этил хлористый</p> <p>Алкилбензол, амилацетат, ангидрид уксусный, ацетилацетон, ацетил хлористый, ацетопропилхлорид, бензин Б95/130, бутан, бутилацетат, бутилпропионат, винилацетат, винилиден фтористый, диатол, диизопропиламин, диметиламин, диметилформаимид, изопентан, изопрен, изопропиламин, изооктан, кислота пропионовая, метиламин, метилизобутилкетон, метилметакрилат, метилмеркаптан, метилтрихлорсилан, 2-метилтиофен, метилфуран, моноизобутиламин, метилхорметилдихлорсилан, окись мезитила, пентадиен-1,3, пропиламин, пропилен. Растворители: № 646, 647, 648, 649, РС-2, БЭФ и АЭ. Разбавители: РДВ, РКБ-1, РКБ-2. Спирты: бутиловый нормальный, бутиловый третичный, изоамиловый, изобутиловый, изопропиловый, метиловый, этиловый. Трифторпропилметилдихлорсилан, трифторэтилен, трихлорэтилен, изобутил хлористый, этиламин, этилацетат, этилбутират, этилендиамин, этиленхлоргидрин, этилизобутират, этилбензол, циклогексанол, циклогексанон</p>
IIA	T3	<p>Бензины: А-66, А-72, А-76, "галоша", Б-70, экстракционный по ТУ 38.101.303-72, экстракционный по МРТУ12Н-20-63. Бутилметакрилат, гексан, гептан, диизобутиламин, дипропиламин, альдегид изовалериановый, изооктилен, камфен, керосин, морфолин, нефть, эфир петролейный, полиэфир ТГМ-3, пентан, растворитель № 651, скипидар, спирт амиловый, триметиламин, топливо Т-1 и ТС-1, уайт-спирит, циклогексан, циклогексиламин, этилдихлортиофосфат, этилмеркаптан</p>
IIA	T4	<p>Ацетальдегид, альдегид изомасляный, альдегид масляный, альдегид пропионовый, декан, тетраметилдиаминметан, 1,1,3-триэтоксипутан</p>
	T5	-
	T6	-
IIВ	T1	Коксовый газ, синильная кислота
	T2	<p>Дивинил, 4,4-диметилдиоксан, диметилдихлорсилан, диоксан, диэтилдихлорсилан, камфорное масло, кислота акриловая, метилакрилат, метилвинилдихлорсилан, нитрил акриловой кислоты, нитроциклогексан, окись пропилена, окись-2-метилбутена-2, окись этилена, растворители АМР-3 и АКР, триметилхлорсилан, формальдегид, фуран, фурфурол, эпихлоргидрин, этилтрихлорсилан, этилен</p>
IIВ	T3	<p>Акролеин, винилтрихлорсилан, сероводород, тетрагидрофуран, тетраэтоксилан, триэтоксилан, топливо дизельное, формальгликоль, этилдихлорсилан, этилцеллозольв</p>
	T4	Дибутиловый эфир, диэтиловый эфир, диэтиловый эфир этиленгликоля
	T5	-
	T6	-
IIС	T1	Водород, водяной газ, светильный газ, водород 75% + азот 25%
	T2	Ацетилен, метилдихлорсилан
	T3	Трихлорсилан
	T4	-
	T5	Сероуглерод
	T6	-

\* Под рудничным метаном следует понимать рудничный газ, в котором кроме метана содержание газообразных углеводородов - гомологов метана C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> - не более 0,1 объемной доли, а водорода в пробах газов из шпуров сразу после бурения - не более 0,002 объемной доли общего объема горючих газов.

\*\* В промышленном метане содержание водорода может составлять до 0,15 объемной доли.

Виды взрывозащиты, обеспечивающие различные уровни взрывозащиты, различаются средствами и мерами обеспечения взрывобезопасности, оговоренными в стандартах на соответствующие виды взрывозащиты.

**7.3.34.** Взрывозащищенное электрооборудование в зависимости от области применения подразделяется на две группы (табл. 7.3.5).

**7.3.35.** Электрооборудование группы II, имеющее виды взрывозащиты "взрывонепроницаемая оболочка" и (или) "искробезопасная электрическая цепь", подразделяется на три подгруппы, соответствующие категориям взрывоопасных смесей согласно табл. 7.3.6.

**7.3.36.** Электрооборудование группы II в зависимости от значения предельной температуры подразделяется на шесть температурных классов, соответствующих группам взрывоопасных смесей (табл. 7.3.7).

Таблица 7.3.4

**Нижний концентрационный предел воспламенения, температуры тления, воспламенения и самовоспламенения взрывоопасных пылей**

Вещество	Взвешенная пыль		Осевшая пыль		
	Нижний концентрационный предел воспламенения, г/м <sup>3</sup>	Температура воспламенения, °С	Температура тления, °С	Температура воспламенения, °С	Температура самовоспламенения, °С
Адипиновая кислота	35	550	-	320	410
Альтакс	37,8	645	Не тлеет, плавится при 186 °С	-	-
Алюминий	40	550	320	-	470
Аминопеларгоновая кислота	10	810	Не тлеет, плавится при 190 °С	-	-
Аминопласт	52	725	264	-	559
Аминоэнантовая кислота	12	740	Не тлеет, плавится при 195 °С	390	450*
4-Амилбензофенон 2-карбоновая кислота	23,4	562	Не тлеет, плавится при 130 °С	261	422*
Аммониевая соль 2,4-диоксибензолсульфокислоты	63,6	-	Не тлеет, плавится	286	470
Антрацен	5	505	Не тлеет, плавится при 217 °С	-	-
Атразин технический, ТУ БУ-127-69	30,4	779	Не тлеет, плавится при 170 °С	220	490*
Атразин товарный	39	745	То же	228	487*
Белок подсолнечный пищевой	26,3	-	193	212	458
Белок соевый пищевой	39,3	-	Не тлеет, обугливается	324	460
Бис (трифторацетат) дибутилолова	21,2	554	Не тлеет, плавится при 50 °С	158	577*
Витамин В <sub>15</sub>	28,2	509	-	-	-
Витамин РР из плодов шиповника	38	610	-	-	-
Гидрохинон	7,6	800	-	-	-
Мука гороховая	25	560	-	-	-

Декстрин	37,8	400	-	-	-
Диоксид дициклопентадиена, ТУ 6-05-241-49-73	19	-	Не тлеет	129	394
2,5-Диметилгексин-3-диол-2,5	9,7	-	Не тлеет, плавится при 90°C	121	386*
Мука древесная	11,2	430	-	-	255
Казеин	45	520	-	-	-
Какао	45	420	245	-	-
Камфора	10,1	850	-	-	-
Канифоль	12,6	325	Не тлеет, плавится при 80°C	-	-
Кероген	25	597	-	-	-
Крахмал картофельный	40,3	430	Не тлеет, обугливается	-	-
Крахмал кукурузный	32,5	410	Не тлеет, обугливается	-	-
Лигнин лиственных пород	30,2	775	-	-	300
Лигнин хлопковый	63	775	-	-	-
Лигнин хвойных пород	35	775	-	-	300
Малеат дибутилолова	23	649	-	220	458*
Малеиновый ангидрид	50	500	Не тлеет, плавится при 53° С	-	-
Метилтетрагидрофта левый ангидрид	16,3	488	Не тлеет, плавится при 64°C	155	482*
Микровит А кормовой, ТУ 64-5-116-74	16,1	-	Не тлеет, обугливается	275	463
Пыли мучные (пшеницы, ржи и других зерновых культур)	20-63	410	-	-	205
Нафталин	2,5	575	Не тлеет, плавится при 80°C	-	-
Оксид дибутилолова	22,4	752	154	154	523
Оксид диоктилолова	22,1	454	Не тлеет, плавится при 155 °С	155	448*
Полиакрилонитрил	21,2	505	Не тлеет, обугливается	217	-
Спирт поливиниловый	42,8	450	Не тлеет, плавится при 180-220 °С	205	344*
Полиизобутилалюмоксан	34,5	-	Не тлеет	76	514
Полипропилен	12,6	890	-	-	-
Ангидрид полисебациноный (отвердитель VII-607), МРТУ 6-09-6102-69	19,7	538	Не тлеет, плавится при 80 °С	266	381*

Полистирол	25	475	Не тлеет, плавится при 220°C	-	-
Краска порошковая П-ЭП-177, п. 518 ВТУ 3609-70, с дополнителем № 1, серый цвет	16,9	560	Не тлеет	308	475
Краска порошковая П-ЭП-967, п. 884, ВТУ 3606-70, красно- коричневый цвет	37,1	848	То же	308	538
Краска порошковая ЭП-49-Д/2, ВТУ 605- 1420-71, коричневый цвет	33,6	782	" "	318	508
Краска порошковая ПВЛ-212, МПТУ 6- 10-859-69, цвет слоновой кости	25,5	580	-	241	325
Краска порошковая П-ЭП-1130У, ВТУ НЧ № 6-37-72	33,5	633	" "	314	395
Пропазин технический	27,8	775	Не тлеет, плавится при 200 °С	226	435*
Пропазин товарный, ТУ 6-01-171-67	37,2	763	Не тлеет, плавится при 200 °С	215	508*
Мука пробковая	15	460	325	-	-
Пыль ленинск- кузнецкого каменного угля марки Д, шахта имени Ярославского	31	720	149	159	480
Пыль промышленная резиновая	10,1	1000	-	-	200
Пыль промышленная целлюлогинна	27,7	770	-	-	350
Пыль сланцевая	58	830	-	-	225
Сакап (полимер акриловой кислоты ТУ 6-02-2-406-75)	47,7	-	Не тлеет	292	448
Сахар свекловичный	8,9	360	Не тлеет, плавится при 160 °С	-	350*
Сера	2,3	235	Не тлеет, плавится при 119 °С	-	-
Симазин технический, ТУ БУ- 104-68	38,2	790	Не тлеет, плавится при 220 °С	224	472*
Симазин товарный, МРТУ 6-01-419-69	42,9	740	Не тлеет, плавится при 225 °С	265	476*
Смола 113-61 (тиоэстанат диоктилолова)	12	-	Не тлеет, плавится при 68 °С	261	389*
Соль АГ	12,6	636	-	-	-

Сополимер акрилонитрила с метилметакрилатом	18,8	532	Не тлеет, обугливается	274	-
Стабилизатор 212-05	11,1	-	Не тлеет, плавится при 57 °С	207	362*
Стекло органическое	12,6	579	Не тлеет, плавится при 125 °С	-	300*
Сульфадимезин	25	900	-	-	-
Титан	45	330	-	-	-
Тиооксэтилен дибутилолова	13	214	Не тлеет, плавится при 90 °С	200	228*
Трифенилтриметилциклотрисилоксан	23,4	515	Не тлеет, плавится при 60 °С	238	522*
Триэтилендиамин	6,9	-	Не тлеет, сублимируется	106	317*
Уротропин	15,1	683	-	-	-
Смола фенольная	25	460	Не тлеет, плавится при 80-90 °С	-	-
Фенопласт	36,8	491	227	-	485
Ферроцен, бис(циклопентадиенил)-железо	9,2	487	Не тлеет	120	250
Фталевый ангидрид	12,6	605	Не тлеет, плавится при 130 °С	-	-
Циклопентадиенилтрикарбонил-марганец	4,6	275	-	96	265
Цикорий	40	253	-	-	190
Эбонит	7,6	360	Не тлеет, спекается	-	-
Смола эпоксидная Э-49, ТУ 6-05-1420-71	17,2	477	Не тлеет	330	486
Композиция эпоксидная ЭП-49СП, ТУ 6-05-241-98-75	32,8	-	То же	325	450
Композиция эпоксидная УП-2196	22,3	-	" "	223	358
Пыль эпоксидная (отходы при обработке эпоксидных компаундов)	25,5	643	198	200	494
Композиция эпоксидная УП-2155, ТУ 6-05-241-26-72	29,5	596	Не тлеет	311	515
Композиция эпоксидная УП-2111, ТУ 6-05-241-11-71	23,5	654	То же	310	465
2 -Этилантахион	15,8	-	Не тлеет, плавится при 107 °С	207	574*
Этилсилсексвиоксан (П1Э)	64,1	707	223	223	420

Этилцеллюлоза	37,8	657	Не тлеет, разлагается при 240 °С	-	-
Чай	32,8	925	220	-	-

\* Температура самовоспламенения расплавленного вещества.

Таблица 7.3.5

### Группы взрывозащищенного электрооборудования по области его применения

Электрооборудование	Знак группы
Рудничное, предназначенное для подземных выработок шахт и рудников	I
Для внутренней и наружной установки (кроме рудничного)	II

Таблица 7.3.6

### Подгруппы электрооборудования группы II с видами взрывозащиты "взрывонепроницаемая оболочка" и (или) "искробезопасная электрическая цепь"

Знак группы электрооборудования	Знак подгруппы электрооборудования	Категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
II	- IIA IIB IIC	IIA, IIB и IIC IIA IIA и IIB IIA, IIB и IIC

Примечание. Знак II применяется для электрооборудования, не подразделяющегося на подгруппы.

Таблица 7.3.7

### Температурные классы электрооборудования группы II

Знак температурного класса электрооборудования	Предельная температура, °С	Группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
T1	450	T1
T2	300	T1, T2
T3	200	T1-T3
T4	135	T1-T4
T5	100	T1-T5
T6	85	T1-T6

Предельная температура - наибольшая температура поверхностей взрывозащищенного электрооборудования, безопасная в отношении воспламенения окружающей взрывоопасной среды.

**7.3.37.** В маркировку по взрывозащите электрооборудования в указанной ниже последовательности входят:

знак уровня взрывозащиты электрооборудования (2, 1, 0);

знак Ex, указывающий на соответствие электрооборудования стандартам на взрывозащищенное электрооборудование;

знак вида взрывозащиты (d, i, q, o, s, e);

знак группы или подгруппы электрооборудования (II, IIA, IIB, IIC);

знак температурного класса электрооборудования (T1, T2, T3, T4, T5, T6).

В маркировке по взрывозащите могут иметь место дополнительные знаки и надписи в соответствии со стандартами на электрооборудование с отдельными видами взрывозащиты.

Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования приведены в табл. 7.3.8.

Таблица 7.3.8

### Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования

Уровень взрывозащиты	Вид взрывозащиты	Группа (подгруппа)	Температурный класс	Маркировка по взрывозащите
Электрооборудование повышенной надежности против взрыва	Защита вида "е"	II	T6	<b>2ExeIIT6</b>
	Защита вида "е" и взрывонепроницаемая оболочка	IIВ	T3	<b>2ExedIIBT3</b>
	Искробезопасная электрическая цепь	IIС	T6	<b>2ExiIICT6</b>
	Продувка оболочки под избыточным давлением	II	T6	<b>2ExpIIT6</b>
	Взрывонепроницаемая оболочка и искробезопасная электрическая цепь	IIВ	T5	<b>2ExdiiIBT5</b>
Взрывобезопасное электрооборудование	Взрывонепроницаемая оболочка	IIА	T3	<b>1ExdIIAT3</b>
	Искробезопасная электрическая цепь	IIС	T6	<b>1ExiIICT5</b>
	Заполнение оболочки под избыточным давлением	II	T6	<b>1ExpIIT6</b>
	Защита вида "е"	II	T6	<b>ExeIIT6</b>
	Кварцевое заполнение оболочки	II	T6	<b>1ExqIIT6</b>
	Специальный	II	T6	<b>1ExsIIT6</b>
	Специальный и взрывонепроницаемая оболочка	IIА	T6	<b>1ExsdIIAT6</b>
	Специальный, искробезопасная электрическая цепь и взрывонепроницаемая оболочка	IIВ	T4	<b>1ExsidIIBT4</b>
Особовзрыво-безопасное электрооборудование	Искробезопасная электрическая цепь	IIС	T6	<b>0ExiIICT6</b>
	Искробезопасная электрическая цепь и взрывонепроницаемая оболочка	IIА	T4	<b>0ExidIIAT4</b>
	Специальный и искробезопасная электрическая цепь	IIС	T4	<b>0ExsIICT4</b>

### КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОН

**7.3.38.** Классификация взрывоопасных зон приведена в 7.3.40- 7.3.46. Класс взрывоопасной зоны, в соответствии с которым производится выбор электрооборудования, определяется технологами совместно с электриками проектной или эксплуатирующей организации.

**7.3.39.** При определении взрывоопасных зон принимается, что

- а) взрывоопасная зона в помещении занимает весь объем помещения, если объем взрывоопасной смеси превышает 5% свободного объема помещения;
- б) взрывоопасной считается зона в помещении в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ, если объем взрывоопасной смеси равен или менее 5% свободного объема помещения (см. также 7.3.42, п. 2). Помещение за пределами взрывоопасной зоны следует считать невзрывоопасным, если нет других факторов, создающих в нем взрывоопасность;
- в) взрывоопасная зона наружных взрывоопасных установок ограничена размерами, определяемыми в 7.3.44.

Примечания: 1. Объемы взрывоопасных газо- и паровоздушной смесей, а также время образования паровоздушной смеси определяются в соответствии с "Указаниями по определению категории производств по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности", утвержденными в установленном порядке.  
2. В помещениях с производствами категорий А, Б и Е электрооборудование должно удовлетворять требованиям гл. 7.3 к электроустановкам во взрывоопасных зонах соответствующих классов.

**7.3.40.** Зоны класса В-I - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых емкостях, и т. п.

**7.3.41.** Зоны класса В-Ia - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

**7.3.42.** Зоны класса В-Iб - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей и которые отличаются одной из следующих особенностей:

1. Горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15% и более) и резким запахом при предельно допустимых концентрациях по ГОСТ 12.1.005-88 (например, машинные залы аммиачных компрессорных и холодильных абсорбционных установок).
2. Помещения производств, связанных с обращением газообразного водорода, в которых по условиям технологического процесса исключается образование взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5% свободного объема помещения, имеют взрывоопасную зону только в верхней части помещения. Взрывоопасная зона условно принимается от отметки 0,75 общей высоты помещения, считая от уровня пола, но не выше кранового пути, если таковой имеется (например, помещения электролиза воды, зарядные станции тяговых и статерных аккумуляторных батарей).

Пункт 2 не распространяется на электромашинные помещения с турбогенераторами с водородным охлаждением при условии обеспечения электромашинного помещения вытяжной вентиляцией с естественным побуждением; эти электромашинные помещения имеют нормальную среду.

К классу В-Iб относятся также зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ имеются в небольших количествах, недостаточных для создания взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5% свободного объема помещения, и в которых работа с горючими газами и ЛВЖ производится без применения открытого пламени. Эти зоны не относятся к взрывоопасным, если работа с горючими газами и ЛВЖ производится в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами.

**7.3.43.** Зоны класса В-Iг - пространства у наружных установок: технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ (за исключением наружных аммиачных компрессорных установок, выбор электрооборудования для которых производится согласно 7.3.64), надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры), эстакад для слива и налива ЛВЖ, открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п.

К зонам класса В-Iг также относятся: пространства у проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений со взрывоопасными зонами классов В-I, В-Ia и В-II (исключение - проемы окон с заполнением стеклоблоками); пространства у наружных ограждающих конструкций, если на них расположены устройства для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений со взрывоопасными зонами любого класса или если они находятся в



пределах наружной взрывоопасной зоны; пространства у предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами и ЛВЖ.

**7.3.44.** Для наружных взрывоопасных установок взрывоопасная зона класса В-Г считается в пределах до:

- а) 0,5 м по горизонтали и вертикали от проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений со взрывоопасными зонами классов В-І, В-Іа, В-ІІ;
- б) 3 м по горизонтали и вертикали от закрытого технологического аппарата, содержащего горючие газы или ЛВЖ; от вытяжного вентилятора, установленного снаружи (на улице) и обслуживающего помещения со взрывоопасными зонами любого класса;
- в) 5 м по горизонтали и вертикали от устройств для выброса из предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами или ЛВЖ, от расположенных на ограждающих конструкциях зданий устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений с взрывоопасными зонами любого класса;
- г) 8 м по горизонтали и вертикали от резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры); при наличии обвалования - в пределах всей площади внутри обвалования;
- д) 20 м по горизонтали и вертикали от места открытого слива и налива для эстакад с открытым сливом и наливом ЛВЖ.

Эстакады с закрытыми сливно-наливными устройствами, эстакады и опоры под трубопроводы для горючих газов и ЛВЖ не относятся к взрывоопасным, за исключением зон в пределах до 3 м по горизонтали и вертикали от запорной арматуры и фланцевых соединений трубопроводов, в пределах которых электрооборудование должно быть взрывозащищенным для соответствующих категории и группы взрывоопасной смеси.

**7.3.45.** Зоны класса В-ІІ - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы (например, при загрузке и разгрузке технологических аппаратов).

**7.3.46.** Зоны класса В-Іа - зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния, указанные в 7.3.45, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

**7.3.47.** Зоны в помещениях и зоны наружных установок в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от аппарата, в котором присутствуют или могут возникнуть взрывоопасные смеси, но технологический процесс ведется с применением открытого огня, раскаленных частей либо технологические аппараты имеют поверхности, нагретые до температуры самовоспламенения горючих газов, паров ЛВЖ, горючих пылей или волокон, не относятся в части их электрооборудования к взрывоопасным. Классификацию среды в помещениях или среды наружных установок за пределами указанной 5-метровой зоны следует определять в зависимости от технологических процессов, применяемых в этой среде.

Зоны в помещениях и зоны наружных установок, в которых твердые, жидкие и газообразные горючие вещества сжигаются в качестве топлива или утилизируются путем сжигания, не относятся в части их электрооборудования к взрывоопасным.

**7.3.48.** В помещениях отопительных котельных, встроенных в здания и предназначенных для работы на газообразном топливе или на жидком топливе с температурой вспышки 61°C и ниже, требуется предусматривать необходимый минимум взрывозащищенных светильников, включаемых перед началом работы котельной установки. Выключатели для светильников устанавливаются вне помещения котельной.

Электродвигатели вентиляторов, включаемых перед началом работы котельной установки, и их пускатели, выключатели и др., если они размещены внутри помещений котельных установок, должны быть взрывозащищенными и соответствовать категории и группе взрывоопасной смеси. Проводка к вентиляционному электрооборудованию и светильникам должна соответствовать классу взрывоопасной зоны.

**7.3.49.** При применении для окраски материалов, которые могут образовать взрывоопасные смеси, когда окрасочные и сушильные камеры располагаются в общем технологическом потоке производства, при соблюдении требований ГОСТ 12.3.005-75 зона относится к взрывоопасной в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от открытых проемов камер, если общая площадь этих камер не превышает 200 м<sup>2</sup> при общей площади помещения до 2000 м<sup>2</sup> или 10% при общей площади помещения более 2000 м<sup>2</sup>.

При бескамерной окраске изделий в общем технологическом потоке на открытых площадках при условии соблюдения требований ГОСТ 12.3.005-75 зона относится к взрывоопасной в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от края решетки и от окрашиваемых изделий, если

площадь решеток не превышает 200 м<sup>2</sup> при общей площади помещения до 2000 м<sup>2</sup> или 10% при общей площади помещения более 2000 м<sup>2</sup>.

Если общая площадь окрасочных и сушильных камер или решеток превышает 200 м<sup>2</sup> при общей площади помещения до 2000 м<sup>2</sup> или 10% при общей площади помещения более 2000 м<sup>2</sup>, размер взрывоопасной зоны определяется в зависимости от объема взрывоопасной смеси согласно 7.3.39.

Класс взрывоопасности зон определяется по 7.3.40-7.3.42.

Помещение за пределами взрывоопасной зоны следует считать невзрывоопасным, если нет других факторов, создающих в нем взрывоопасность.

Зоны внутри окрасочных и сушильных камер следует приравнивать к зонам, расположенным внутри технологических аппаратов.

Требования настоящего параграфа на эти зоны не распространяются.

**7.3.50.** Зоны в помещениях вытяжных вентиляторов, обслуживающих взрывоопасные зоны любого класса, относятся к взрывоопасным зонам того же класса, что и обслуживаемые ими зоны.

Для вентиляторов, установленных за наружными ограждающими конструкциями и обслуживающих взрывоопасные зоны классов В-I, В-Ia, В-II, электродвигатели применяются как для взрывоопасной зоны класса В-Ig, а для вентиляторов, обслуживающих взрывоопасные зоны классов В-Iб и В-IIa, - согласно табл. 7.3.10 для этих классов.

**7.3.51.** Зоны в помещениях приточных вентиляторов, обслуживающих взрывоопасные зоны любого класса, не относятся к взрывоопасным, если приточные воздуховоды оборудованы samozакрывающимися обратными клапанами, не допускающими проникновения взрывоопасных смесей в помещения приточных вентиляторов при прекращении подачи воздуха.

При отсутствии обратных клапанов помещения приточных вентиляторов имеют взрывоопасные зоны того же класса, что и обслуживаемые ими зоны.

**7.3.52.** Взрывоопасные зоны, содержащие легкие несжиженные горючие газы или ЛВЖ, при наличии признаков класса В-I, допускается относить к классу В-Ia при условии выполнения следующих мероприятий:

а) устройства системы вентиляции с установкой нескольких вентиляционных агрегатов. При аварийной остановке одного из них остальные агрегаты должны полностью обеспечить требуемую производительность системы вентиляции, а также достаточную равномерность действия вентиляции по всему объему помещения, включая подвалы, каналы и их повороты;

Таблица 7.3.9

**Класс зоны помещения, смежного со взрывоопасной зоной другого помещения**

Класс взрывоопасной зоны	Класс зоны помещения, смежного со взрывоопасной зоной другого помещения и отделенного от нее	
	стеной (перегородкой) с дверью, находящейся во взрывоопасной зоне	стеной (перегородкой) без проемов или с проемами, оборудованными тамбур-шлюзами, или с дверями, находящимися вне взрывоопасной зоны
В-I	В-Ia	Невзрыво- и непожароопасная
В-Ia	В-Iб	
В-Iб	Невзрыво- и непожароопасная	То же
В-II	В-IIa	" "
В-IIa	Невзрыво- и непожароопасная	" "

б) устройства автоматической сигнализации, действующей при возникновении в любом пункте помещения концентрации горючих газов или паров ЛВЖ, не превышающей 20% нижнего концентрационного предела воспламенения, а для вредных взрывоопасных газов - также при приближении их концентрации к предельно допустимой по ГОСТ 12.1.005-88. Количество сигнальных приборов, их расположение, а также система их резервирования должны обеспечить безотказное действие сигнализации.

**7.3.53.** В производственных помещениях без взрывоопасной зоны, отделенных стенами (с проемами или без них) от взрывоопасной зоны смежных помещений, следует принимать взрывоопасную зону, класс которой определяется в соответствии с табл. 7.3.9, размер зоны - до 5 м по горизонтали и вертикали от проема двери.

Указания табл. 7.3.9. не распространяются на РУ, ТП, ПП и установки КИПиА, размещаемые в помещениях, смежных со взрывоопасными зонами помещений. Расположение РУ, ТП, ПП и установок КИПиА в помещениях, смежных со взрывоопасными зонами помещений, и в наружных взрывоопасных зонах предусматривается в соответствии с разделом "Распределительные устройства, трансформаторные и преобразовательные подстанции" (см. 7.3.78-7.3.91)

## ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОН.

### ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

**7.3.54.** Электрооборудование, особенно с частями, искрящими при нормальной работе, рекомендуется выносить за пределы взрывоопасных зон, если это не вызывает особых затруднений при эксплуатации и не сопряжено с неоправданными затратами. В случае установки электрооборудования в пределах взрывоопасной зоны оно должно удовлетворять требованиям настоящей главы.

**7.3.55.** Применение во взрывоопасных зонах переносных электроприемников (машин, аппаратов, светильников и т. п.) следует ограничивать случаями, когда их применение необходимо для нормальной эксплуатации.

**7.3.56.** Взрывозащищенное электрооборудование, используемое в химически активных, влажных или пыльных средах, должно быть также защищено соответственно от воздействия химически активной среды, сырости и пыли.

**7.3.57.** Взрывозащищенное электрооборудование, используемое в наружных установках, должно быть пригодным также и для работы на открытом воздухе или иметь устройство для защиты от атмосферных воздействий (дождя, снега, солнечного излучения и т. п.).

**7.3.58.** Электрические машины с защитой вида "е" допускается устанавливать только на механизмах, где они не будут подвергаться перегрузкам, частым пускам и реверсам. Эти машины должны иметь защиту от перегрузок с временем срабатывания не более времени  $t_e$ . Здесь  $t_e$  - время, в течение которого электрические машины нагреваются пусковым током от температуры, обусловленной длительной работой при номинальной нагрузке, до предельной температуры согласно табл. 7.3.7.

**7.3.59.** Электрические машины и аппараты с видом взрывозащиты "взрывонепроницаемая оболочка" в средах со взрывоопасными смесями категории ПС должны быть установлены так, чтобы взрывонепроницаемые фланцевые зазоры не примыкали вплотную к какой-либо поверхности, а находились от нее на расстоянии не менее 50 мм.

**7.3.60.** Взрывозащищенное электрооборудование, выполненное для работы во взрывоопасной смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом, сохраняет свои свойства, если находится в среде с взрывоопасной смесью тех категорий и группы, для которых выполнена его взрывозащита, или находится в среде с взрывоопасной смесью, отнесенной согласно табл. 7.3.1 и 7.3.2 к менее опасным категориям и группам.

**7.3.61.** При установке взрывозащищенного электрооборудования с видом взрывозащиты "заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением" должна быть выполнена система вентиляции и контроля избыточного давления, температуры и других параметров, а также должны быть осуществлены все мероприятия в соответствии с требованиями ГОСТ 22782.4 -78\* и инструкции по монтажу и эксплуатации на конкретную электрическую машину или аппарат. Кроме того, должны быть выполнены следующие требования:

1. Конструкция фундаментных ям и газопроводов защитного газа должна исключать образование в них непродуваемых зон (мешков) с горючими газами или парами ЛВЖ.
2. Приточные газопроводы к вентиляторам, обеспечивающим электрооборудование защитным газом, должны прокладываться вне взрывоопасных зон.
3. Газопроводы для защитного газа могут прокладываться под полом помещений, в том числе и со взрывоопасными зонами, если приняты меры, исключающие попадание в эти газопроводы горючих жидкостей.
4. В вентиляционных системах для осуществления блокировок, контроля и сигнализации должны использоваться аппараты, приборы и другие устройства, указанные в инструкциях по монтажу и эксплуатации машины, аппарата. Замена их другими изделиями, изменение мест их установки и подключение без согласования с заводом-изготовителем машины, аппарата не допускаются.

Таблица 7.3.10

**Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических машин (стационарных и передвижных) в зависимости от класса взрывоопасной зоны**

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
В-I В-Ia, В-Iг В-Iб	Взрывобезопасное Повышенной надежности против взрыва Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP44. Искрящие части машины (например, контактные кольца) должны быть заключены в оболочку также со степенью защиты не менее IP44
В-II В-IIa	Взрывобезопасное (при соблюдении требований 7.3.63) Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований 7.3.63). Оболочка со степенью защиты IP54*. Искрящие части машины (например, контактные кольца) должны быть заключены в оболочку также со степенью защиты IP54 *.

\* До освоения электропромышленностью машин со степенью защиты оболочки IP54 разрешается применять машины со степенью защиты оболочки IP44.

**7.3.62.** Электрические аппараты с масляным заполнением оболочки с токоведущими частями допускается применять на механизмах в местах, где отсутствуют толчки или приняты меры против выплескивания масла из аппарата.

**7.3.63.** Во взрывоопасных зонах классов В-II и В-IIa рекомендуется применять электрооборудование, предназначенное для взрывоопасных зон со смесями горючих пылей или волокон с воздухом.

При отсутствии такого электрооборудования допускается во взрывоопасных зонах класса В-II применять взрывозащищенное электрооборудование, предназначенное для работы в средах со взрывоопасными смесями газов и паров с воздухом, а в зонах класса В-IIa - электрооборудование общего назначения (без взрывозащиты), но имеющее соответствующую защиту оболочки от проникновения пыли.

Применение взрывозащищенного электрооборудования, предназначенного для работы в средах взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом, и электрооборудования общего назначения с соответствующей степенью защиты оболочки допускается при условии, если температура поверхности электрооборудования, на которую могут осесть горючие пыли или волокна (при работе электрооборудования с номинальной нагрузкой и без наложения пыли), будет не менее чем на 50°С ниже температуры тления пыли для тлеющих пылей или не более двух третей температуры самовоспламенения для нетлеющих пылей.

**7.3.64.** Взрывозащита электрооборудования наружных аммиачных компрессорных установок выбирается такой же, как и для аммиачных компрессорных установок, расположенных в помещениях. Электрооборудование должно быть защищено от атмосферных воздействий.

**Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических аппаратов и приборов в зависимости от класса взрывоопасной зоны**

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
	<b>Стационарные установки</b>
B-I B-Ia, B-Iг	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное Повышенной надежности против взрыва - для аппаратов и приборов, искрящих или подверженных нагреву выше 80°С Без средств взрывозащиты - для аппаратов и приборов, не искрящих и не подверженных нагреву выше 80°С. Оболочка со степенью защиты не менее IP54*
B-Iб	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP44 *
B-II	Взрывобезопасное (при соблюдении требований 7.3.63), особовзрывобезопасное
B-IIa	Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований 7.3.63). Оболочка со степенью защиты не менее IP54 *
	<b>Установки передвижные или являющиеся частью передвижных и ручные переносные</b>
B-I, B-Ia B-Iб, B-Iг	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное Повышенной надежности против взрыва
B-II	Взрывобезопасное (при соблюдении требований 7.3.63), особовзрывобезопасное
B-IIa	Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований 7.3.63). Оболочка со степенью защиты не менее IP54 *

\* Степень защиты оболочки аппаратов и приборов от проникновения воды (2-я цифра обозначения) допускается изменять в зависимости от условий среды, и которой они устанавливаются.

**Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты электрических светильников в зависимости от класса взрывоопасной зоны**

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
	<b>Стационарные светильники</b>
B-I B-Ia, B-Iг	Взрывобезопасное Повышенной надежности против взрыва
B-Iб	Без средств взрывозащиты. Степень защиты IP53 *
B-II	Повышенной надежности против взрыва (при соблюдении требований 7.3.63)
B-IIa	Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований 7.3.63) Степень защиты IP53 *
	<b>Переносные светильники</b>
B-I, B-Ia B-Iб, B-Iг	Взрывобезопасное Повышенной надежности против взрыва
B-II	Взрывобезопасное (при соблюдении требований 7.3.63)
B-IIa	Повышенной надежности против взрыва (при соблюдении требований 7.3.63)

\* Допускается изменение степени защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой устанавливаются светильники.

**7.3.65.** Выбор электрооборудования для работы во взрывоопасных зонах должен производиться по табл. 7.3.10-7.3.12. При необходимости допускается обоснованная замена электрооборудования, указанного в таблицах, электрооборудованием с более высоким уровнем взрывозащиты и более высокой степенью защиты оболочки. Например, вместо

электрооборудования уровня "повышенная надежность против взрыва" может быть установлено электрооборудование уровня "взрывобезопасное" или "особовзрывобезопасное".

В зонах, взрывоопасность которых определяется горючими жидкостями, имеющими температуру вспышки выше 61°C (см. 7.3.12), может применяться любое взрывозащитное электрооборудование для любых категорий и группы с температурой нагрева поверхности, не превышающей температуру самовоспламенения данного вещества.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

**7.3.66.** Во взрывоопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины с классом напряжения до 10 кВ при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты оболочки по ГОСТ 17494-87 соответствуют табл. 7.3.10 или являются более высокими.

Если отдельные части машины имеют различные уровни взрывозащиты или степени защиты оболочек, то все они должны быть не ниже указанных в табл. 7.3.10.

**7.3.67.** Для механизмов, установленных во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Ia и В-II, допускается применение электродвигателей без средств взрывозащиты при следующих условиях:

а) электродвигатели должны устанавливаться вне взрывоопасных зон. Помещение, в котором устанавливаются электродвигатели, должно отделяться от взрывоопасной зоны несгораемой стеной без проемов и несгораемым перекрытием (покрытием) с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч, иметь эвакуационный выход и быть обеспеченным вентиляцией с пятикратным обменом воздуха в час;

б) привод механизма должен осуществляться при помощи вала, пропущенного через стену, с устройством в ней сальникового уплотнения.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ПРИБОРЫ

**7.3.68.** Во взрывоопасных зонах могут применяться электрические аппараты и приборы при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты оболочки по ГОСТ 14255-69 соответствуют табл. 7.3.11 или являются более высокими.

**7.3.69.** Во взрывоопасных зонах любого класса электрические соединители могут применяться при условии, если они удовлетворяют требованиям табл. 7.3.11 для аппаратов, искрящих при нормальной работе.

Во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-IIа допускается применять соединители в оболочке со степенью защиты IP54 при условии, что разрыв у них происходит внутри закрытых розеток.

Установка соединителей допускается только для включения периодически работающих электроприемников (например, переносных светильников). Число соединителей должно быть ограничено необходимым минимумом, и они должны быть расположены в местах, где образование взрывоопасных смесей наименее вероятно.

Искробезопасные цепи могут коммутироваться соединителями общего назначения.

**7.3.70.** Сборки зажимов рекомендуется выносить за пределы взрывоопасной зоны. В случае технической необходимости установки сборок во взрывоопасной зоне они должны удовлетворять требованиям табл. 7.3.11 для стационарных аппаратов, не искрящих при работе.

**7.3.71.** Предохранители и выключатели осветительных цепей рекомендуется устанавливать вне взрывоопасных зон.

**7.3.72.** При применении аппаратов и приборов с видом взрывозащиты "искробезопасная электрическая цепь" следует руководствоваться следующим:

1. Индуктивность и емкость искробезопасных цепей, в том числе и присоединительных кабелей (емкость и индуктивность которых определяются по характеристикам, расчетом или измерением), не должны превосходить максимальных значений, оговоренных в технической документации на эти цепи. Если документацией предписываются конкретный тип кабеля (провода) и его максимальная длина, то их изменение возможно только при наличии заключения испытательной организации по ГОСТ 12.2.021-76.

2. В искробезопасные цепи могут включаться изделия, которые предусмотрены технической документацией на систему и имеют маркировку "В комплекте...". Допускается включать в эти цепи серийно выпускаемые датчики общего назначения, не имеющие собственного источника тока, индуктивности и емкости и удовлетворяющие п. 4. К таким датчикам относятся серийно

выпускаемые общего назначения термометры сопротивления, термопары, терморезисторы, фотодиоды и подобные им изделия, встроенные в защитные оболочки.

3. Цепь, состоящая из серийно выпускаемых общего назначения термопары и гальванометра (милливольтметра), является искробезопасной для любой взрывоопасной среды при условии, что гальванометр не содержит других электрических цепей, в том числе подсвета шкалы.

4. В искробезопасные цепи могут включаться серийно выпускаемые общего назначения переключатели, ключи, сборки зажимов и т. п. при условии, что выполняются следующие требования:

- а) к ним не подключены другие, искроопасные цепи;
- б) они закрыты крышкой и опломбированы;
- в) их изоляция рассчитана на трехкратное номинальное напряжение искробезопасной цепи, но не менее чем на 500 В.

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ**

**7.3.73.** Электрооборудование кранов, талей, лифтов и т. п., находящихся во взрывоопасных зонах любого класса и участвующих в технологическом процессе, должно удовлетворять требованиям табл. 7.3.10 и 7.3.11 для передвижных установок.

**7.3.74.** Электрооборудование кранов, талей, лифтов и т. п., находящихся во взрывоопасных зонах и не связанных непосредственно с технологическим процессом (например, монтажные краны и тали), должно иметь:

- а) во взрывоопасных зонах классов ВІ и В-II - любой уровень взрывозащиты для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей;
- б) во взрывоопасных зонах классов В-Iа и В-II - любой уровень взрывозащиты для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей;
- в) во взрывоопасных зонах классов В-Iа и В-Iб - степень защиты оболочки не менее IP33;
- г) во взрывоопасных зонах классов В-IIа и В-IIг - степень защиты оболочки не менее IP44.

Применение указанного электрооборудования допускается только при отсутствии взрывоопасных концентраций во время работы крана.

**7.3.75.** Токоподводы к кранам, талям и т. п. во взрывоопасных зонах любого класса должны выполняться переносным гибким кабелем с медными жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой маслобензостойкой оболочке, не распространяющей горение.

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВЕТИЛЬНИКИ**

**7.3.76.** Во взрывоопасных зонах могут применяться электрические светильники при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты соответствуют табл. 7.3.12 или являются более высокими.

**7.3.77.** В помещениях с взрывоопасными зонами любого класса со средой, для которой не имеется светильников необходимого уровня взрывозащиты, допускается выполнять освещение светильниками общего назначения (без средств взрывозащиты) одним из следующих способов:

- а) через неоткрывающиеся окна без фрагм и форточек, снаружи здания, причем при одинарном остеклении окон светильники должны иметь защитные стекла или стеклянные кожухи;
- б) через специально устроенные в стене ниши с двойным остеклением и вентиляцией ниш с естественным побуждением наружным воздухом;
- в) через фонари специального типа со светильниками, установленными в потолке с двойным остеклением и вентиляцией фонарей с естественным побуждением наружным воздухом;
- г) в коробах, продуваемых под избыточным давлением чистым воздухом. В местах, где возможны поломки стекол, для застекления коробов следует применять небьющееся стекло;
- д) с помощью осветительных устройств с целевыми световодами.

## **РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА, ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПОДСТАНЦИИ**

**7.3.78.** РУ до 1 кВ и выше, ТП и ПП с электрооборудованием общего назначения (без средств взрывозащиты) запрещается сооружать непосредственно во взрывоопасных зонах любого

класса. Они должны располагаться в отдельных помещениях, удовлетворяющих требованиям 7.3.79-7.3.86, или снаружи, вне взрывоопасных зон.

Одиночные колонки и шкафы управления электродвигателями с аппаратами и приборами в исполнении, предусмотренном табл. 7.3.11, допускается устанавливать во взрывоопасных зонах любого класса. Количество таких колонок и шкафов рекомендуется по возможности ограничивать.

За пределами взрывоопасных зон одиночные аппараты, одиночные колонки и шкафы управления следует применять без средств и взрывозащиты.

**7.3.79.** Трансформаторы могут устанавливаться как внутри подстанции, так и снаружи здания, в котором расположена подстанция.

**7.3.80.** РУ, ТП (в том числе КТП) и ПП допускается выполнять примыкающими двумя или тремя стенами к взрывоопасным зонам с легкими горючими газами и ЛВЖ классов В-Ia и В-Iб и к взрывоопасным зонам классов В-II и В-IIa.

Запрещается их примыкание более чем одной стеной к взрывоопасной зоне класса В-I, а также к взрывоопасным зонам с тяжелыми или сжиженными горючими газами классов В-Ia и В-Iб.

**7.3.81.** РУ, ТП и ПП запрещается размещать непосредственно над и под помещениями со взрывоопасными зонами любого класса (см. также гл. 4.2).

**7.3.82.** Окна РУ, ТП и ПП, примыкающих к взрывоопасной зоне, рекомендуется выполнять из стеклоблоков толщиной не менее 10 см.

**7.3.83.** РУ, ТП (в том числе КТП) и ПП, примыкающие одной стеной к взрывоопасной зоне, рекомендуется выполнять при наличии взрывоопасных зон с легкими горючими газами и ЛВЖ классов В-I, В-Ia и В-Iб и при наличии взрывоопасных зон классов В-II и В-IIa.

**7.3.84.** РУ, ТП (в том числе КТП) и ПП, питающие установки с тяжелыми или сжиженными горючими газами, как правило, должны сооружаться отдельно стоящими, на расстояниях от стен помещений, к которым примыкают взрывоопасные зоны классов В-I и В-Ia, и от наружных взрывоопасных установок согласно табл. 7.3.13.

При технико-экономической нецелесообразности сооружения отдельно стоящих зданий для РУ, ТП и ПП допускается сооружение РУ, ТП и ПП, примыкающих одной стеной к взрывоопасной зоне. При этом в РУ, ТП и ПП уровень пола, а также дно кабельных каналов и прямиков должны быть выше уровня пола смежного помещения с взрывоопасной зоной и поверхности окружающей земли не менее чем на 0,15 м. Это требование не распространяется на маслосборные ямы под трансформаторами. Должны быть также выполнены требования 7.3.85.

**7.3.85.** РУ, ТП (в том числе КТП) и ПП, примыкающие одной и более стенами к взрывоопасной зоне, должны удовлетворять следующим требованиям:

1. РУ, ТП и ПП должны иметь собственную, независимую от помещений с взрывоопасными зонами приточно-вытяжную вентиляционную систему. Вентиляционная система должна быть выполнена таким образом, чтобы через вентиляционные отверстия в РУ, ТП и ПП не проникали взрывоопасные смеси (например, с помощью соответствующего расположения устройств для приточных и вытяжных систем).

Таблица 7.3.13

**Минимальное допустимое расстояние от отдельно стоящих РУ, ТП и ПП до помещений со взрывоопасными зонами и наружных взрывоопасных установок**

Помещения со взрывоопасными зонами и наружные взрывоопасные установки, до которых определяется расстояние	Расстояние от РУ, ТП и ПП, м	
	закрытых	открытых
С тяжелыми или сжиженными горючими газами		
Помещения с выходящей в сторону РУ, ТП и ПП несгораемой стеной без проемов и устройств для выброса воздуха из системы вытяжной вентиляции	10	15
Помещения с выходящей в сторону РУ, ТП и ПП стеной с проемами	40	60
Наружные взрывоопасные установки, установленные у стен зданий (в том числе емкости)	60	80
Резервуары (газгольдеры), сливно-наливные эстакады с закрытым сливом или наливом	80	100
С легкими горючими газами и ЛВЖ, с горючими пылью или волокнами		



Помещения с выходящей в сторону РУ, ТП и ПП несгораемой стеной без проемов и устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции	Не нормируется	0,8 (до открыто установленных трансформаторов)
Помещения с выходящей в сторону РУ, ТП и ПП стеной с проемами	6	15
Наружные взрывоопасные установки, установленные у стен зданий (в том числе емкости)	12	25
Сливно-наливные эстакады с закрытым сливом или наливом ЛВЖ	15	25
Сливно-наливные эстакады с открытым сливом или наливом ЛВЖ	30	60
Резервуары с ЛВЖ	30	60
Резервуары (газгольдеры) с горючими газами	40	60

**Примечания:**

1. Расстояния, указанные в таблице, считаются от стен помещений, в которых взрывоопасная зона занимает весь объем помещения, от стенок резервуаров или от наиболее выступающих частей наружных взрывоопасных установок до стен закрытых и до ограждений открытых РУ, ТП и ПП. Расстояния до подземных резервуаров, а также до стен ближайших помещений, к которым примыкает взрывоопасная зона, занимающая неполный объем помещения, могут быть уменьшены на 50%.
2. Для рационального использования и экономии земель отдельно стоящие РУ, ТП и ПП (для помещений с взрывоопасными зонами и наружных взрывоопасных установок с легкими горючими газами и ЛВЖ, с горючими пылью или волокнами) допускается применять в порядке исключения, когда по требованиям технологии не представляется возможным применять РУ, ТП и ПП, примыкающие к взрывоопасной зоне.
3. Установки со сжиженным аммиаком следует относить к установкам с легкими горючими газами и ЛВЖ.

2. В РУ, ТП и ПП, примыкающих одной стеной к взрывоопасной зоне класса В-I, а также к взрывоопасным зонам с тяжелыми или сжиженными горючими газами классов В-Ia и В-Iб, должна быть предусмотрена приточная вентиляция с механическим побуждением с пятикратным обменом воздуха, в час, обеспечивающая в РУ, ТП и ПП небольшое избыточное давление, исключающее доступ в них взрывоопасных смесей.

Приемные устройства для наружного воздуха должны размещаться в местах, где исключено образование взрывоопасных смесей.

3. Стены РУ, ТП и ПП, к которым примыкают взрывоопасные зоны, должны быть выполнены из несгораемого материала и иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч, быть пылегазонепроницаемыми, не иметь дверей и окон.

4. В стенах РУ, ТП и ПП, к которым примыкают взрывоопасные зоны с легкими горючими газами и ЛВЖ классов В-Ia и В-Iб, а также взрывоопасные зоны классов В-II и В-IIa, допускается устраивать отверстия для ввода кабелей и труб электропроводки в РУ, ТП и ПП. Вводные отверстия должны быть плотно заделаны несгораемыми материалами.

Ввод кабелей и труб электропроводки в РУ, ТП и ПП из взрывоопасных зон класса В-I и из взрывоопасных зон с тяжелыми или сжиженными горючими газами классов В-Ia и В-Iб должен выполняться через наружные стены или через смежные стены помещений без взрывоопасных зон.

5. Выходы из РУ, ТП и ПП должны выполняться в соответствии со СНиП 21-01-97 "Пожарная безопасность зданий и сооружений" Госстроя России.

6. Расстояния по горизонтали и вертикали от наружных дверей и окон РУ, ТП и ПП до находящихся во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Ia и В-II наружных дверей и окон помещений должны быть не менее 4 м до неоткрывающихся окон и не менее 6 м до дверей и открывающихся окон. Расстояние до окон, заполненных стеклоблоками толщиной 10 см и более, не нормируется.

**7.3.86.** В ТП и ПП, примыкающих одной и более стенами к взрывоопасной зоне, как правило, следует применять трансформаторы с охлаждением негорючей жидкостью. Трансформаторы с масляным охлаждением должны размещаться в отдельных камерах. Двери камер должны быть с пределом огнестойкости не менее 0,6 ч, двери камер, оборудованных вентиляцией с механическим побуждением, должны иметь уплотнение притворов; выкатка трансформаторов должна быть предусмотрена только наружу.

Герметичные трансформаторы с усиленным баком, без расширителя, с закрытыми вводами и выводными устройствами (например, трансформаторы КТП и КПП), с охлаждением негорючей жидкостью и маслом допускается размещать в общем помещении с РУ до 1 кВ и выше, не отделяя трансформаторы от РУ перегородками.

Выкатка трансформаторов из помещений КТП и КПП должна быть предусмотрена наружу или в смежное помещение.

**7.3.87.** Расстояния от наружных взрывоопасных установок и стен помещений, к которым примыкают взрывоопасные зоны всех классов, за исключением классов В-1б и В-1а, до отдельно стоящих РУ, ТП и ПП должны приниматься по табл. 7.3.13. Расстояния от стен помещений, к которым примыкают взрывоопасные зоны классов В-1б и В-1а, до отдельно стоящих РУ, ТП и ПП следует принимать в соответствии со СНиП II-89-80\* (изд. 1995 г.) "Генеральные планы промышленных предприятий" Госстроя России в зависимости от степени огнестойкости зданий и сооружений.

**7.3.88.** В отдельно стоящих РУ, ТП и ПП, питающих электроустановки с тяжелыми или сжиженными горючими газами и расположенных за пределами расстояний, указанных в табл. 7.3.13, не требуется выполнять подъем полов и предусматривать приточную вентиляцию с механическим побуждением.

**7.3.89.** Если для отдельно стоящих РУ, ТП и ПП выполнены требования 7.3.84 и 7.3.85, п. 2.6 при наличии тяжелых или сжиженных горючих газов или 7.3.85, п. 6 при наличии легких горючих газов и ЛВЖ, то такие РУ, ТП и ПП допускается располагать на любом расстоянии от взрывоопасных установок, но не менее расстояния, указанного в СНиП II-89-80\* (изд. 1995 г.) (см. также 7.3.87).

**7.3.90.** Прокладывать трубопроводы с пожаро- и взрывоопасными, а также с вредными и едкими веществами через РУ, ТП и ПП запрещается.

**7.3.91.** К помещениям щитов и пультов управления КИПиА, примыкающим одной и более стенами к взрывоопасной зоне или отдельно стоящим, предъявляются те же требования, что и к аналогично размещаемым помещениям РУ.

## ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ, ТОКОПРОВОДЫ И КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ

**7.3.92.** Во взрывоопасных зонах любого класса применение неизолированных проводников, в том числе токопроводов к кранам, таям и т. п., запрещается.

**7.3.93.** Во взрывоопасных зонах классов В-1 и В-1а должны применяться провода и кабели с медными жилами. Во взрывоопасных зонах классов В-1б, В-1г, В-2 и В-2а допускается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами.

**7.3.94.** Проводники силовых, осветительных и вторичных цепей в сетях до 1 кВ во взрывоопасных зонах классов В-1, В-1а, В-2 и В-2а должны быть защищены от перегрузок и КЗ, а их сечения должны выбираться в соответствии с гл. 3.1, но быть не менее сечения, принятого по расчетному току.

Во взрывоопасных зонах классов В-1б и В-1г защита проводов и кабелей и выбор сечений должны производиться как для невзрывоопасных установок.

**7.3.95.** Провода и кабели в сетях выше 1 кВ, прокладываемые во взрывоопасных зонах любого класса, должны быть проверены по нагреву током КЗ.

**7.3.96.** Защита питающих линий и присоединенных к ним электроприемников выше 1 кВ должна удовлетворять требованиям гл. 3.2 и 5.3. Защита от перегрузок должна выполняться во всех случаях независимо от мощности электроприемника.

В отличие от требований 5.3.46 и 5.3.49 защита от многофазных КЗ и от перегрузки должна предусматриваться двухрелейной.

**7.3.97.** Проводники ответвлений к электродвигателям с короткозамкнутым ротором до 1 кВ должны быть во всех случаях (кроме находящихся во взрывоопасных зонах классов В-1б и В-1г) защищены от перегрузок, а сечения их должны допускать длительную нагрузку не менее 125% номинального тока электродвигателя.

**7.3.98.** Для электрического освещения во взрывоопасных зонах класса В-1 должны применяться двухпроводные групповые линии (см. также 7.3.135).

**7.3.99.** Во взрывоопасных зонах класса В-1 в двухпроводных линиях с нулевым рабочим проводником должны быть защищены от токов КЗ фазный и нулевой рабочие проводники. Для одновременного отключения фазного и нулевого рабочего проводников должны применяться двухполюсные выключатели.

**7.3.100.** Нулевые рабочие и нулевые защитные проводники должны иметь изоляцию, равноценную изоляции фазных проводников.

**7.3.101.** Гибкий токопровод до 1 кВ во взрывоопасных зонах любого класса следует выполнять переносным гибким кабелем с медными жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой маслобензостойкой оболочке, не распространяющей горение.

**7.3.102.** Во взрывоопасных зонах любого класса могут применяться:

- а) провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией;
- б) кабели с резиновой, поливинилхлоридной и бумажной изоляцией в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках.

Применение кабелей с алюминиевой оболочкой во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia запрещается.

Применение проводов и кабелей с полиэтиленовой изоляцией или оболочкой запрещается во взрывоопасных зонах всех классов.

**7.3.103.** Соединительные, ответвительные и проходные коробки для электропроводок должны:

- а) во взрывоопасной зоне класса В-I - иметь уровень "взрывобезопасное электрооборудование" и соответствовать категории и группе взрывоопасной смеси;

- б) во взрывоопасной зоне класса В-II - быть предназначенными для взрывоопасных зон со смесями горючих пылей или волокон с воздухом. Допускается применение коробок с уровнем "взрывобезопасное электрооборудование" с видом взрывозащиты "взрывонепроницаемая оболочка", предназначенных для газопаровоздушных смесей любых категорий и групп;
- в) во взрывоопасных зонах классов В-Ia и В-Iг - быть взрывозащитными для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей. Для осветительных сетей допускается применение коробок в оболочке со степенью защиты IP65;

- г) во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-IIa - иметь оболочку со степенью защиты IP54. До освоения промышленностью коробок со степенью защиты оболочки IP54 могут применяться коробки со степенью защиты оболочки IP44.

**7.3.104.** Ввод проложенных в трубе проводов в машины, аппараты, светильники и т. п. должен выполняться совместно с трубой, при этом в трубе на вводе должно быть установлено разделительное уплотнение, если в вводном устройстве машины, аппарата или светильника такое уплотнение отсутствует.

**7.3.105.** При переходе труб электропроводки из помещения со взрывоопасной зоной класса В-I или В-Ia в помещение с нормальной средой, или во взрывоопасную зону другого класса, с другой категорией или группой взрывоопасной смеси, или наружу труба с проводами в местах прохода через стену должна иметь разделительное уплотнение в специально для этого предназначенной коробке.

Во взрывоопасных зонах классов В-Iб, В-II и В-IIa установка разделительных уплотнений не требуется.

Разделительные уплотнения устанавливаются:

- а) в непосредственной близости от места входа трубы во взрывоопасную зону;
- б) при переходе трубы из взрывоопасной зоны одного класса во взрывоопасную зону другого класса - в помещении взрывоопасной зоны более высокого класса;
- в) при переходе трубы из одной взрывоопасной зоны в другую такого же класса - в помещении взрывоопасной зоны с более высокими категорией и группой взрывоопасной смеси.

Допускается установка разделительных уплотнений со стороны невзрывоопасной зоны или снаружи, если во взрывоопасной зоне установка разделительных уплотнений невозможна.

**7.3.106.** Использование соединительных и ответвительных коробок для выполнения разделительных уплотнений не допускается.

**7.3.107.** Разделительные уплотнения, установленные в трубах электропроводки, должны испытываться избыточным давлением воздуха 250 кПа (около 2,5 ат) в течение 3 мин. При этом допускается падение давления не более чем до 200 кПа (около 2 ат.).

**7.3.108.** Кабели, прокладываемые во взрывоопасных зонах любого класса открыто (на конструкциях, стенах, в каналах, туннелях и т. п.), не должны иметь наружных покровов и покрытий из горючих материалов (джут, битум, хлопчатобумажная оплетка и т. п.).

**7.3.109.** Длину кабелей выше 1 кВ, прокладываемых во взрывоопасных зонах любого класса, следует по возможности ограничивать.

**7.3.110.** При прокладке кабелей во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia с тяжелыми или сжиженными горючими газами следует, как правило, избегать устройства кабельных каналов. При необходимости устройства каналов они должны быть засыпаны песком.

Допустимые длительные токи на кабели, засыпанные песком, должны приниматься по соответствующим таблицам гл. 1.3, как для кабелей, проложенных в воздухе, с учетом поправочных коэффициентов на число работающих кабелей по табл. 1.3.26.

**7.3.111.** Во взрывоопасных зонах любого класса запрещается устанавливать соединительные и ответвительные кабельные муфты, за исключением искробезопасных цепей.

**7.3.112.** Вводы кабелей в электрические машины и аппараты должны выполняться при помощи вводных устройств. Места вводов должны быть уплотнены.

Ввод трубных электропроводок в машины и аппараты, имеющие вводы только для кабелей, запрещается.

Во взрывоопасных зонах классов В-Iа и В-IIа для машин большой мощности, не имеющих вводных муфт, допускается концевые заделки всех видов устанавливать в шкафах со степенью защиты IP54, расположенных в местах, доступных лишь для обслуживающего персонала, и изолированных от взрывоопасной зоны (например, в фундаментных ямах, отвечающих требованиям 7.3.61).

**7.3.113.** Если во взрывоопасной зоне кабель проложен в стальной трубе, то при переходе трубы из этой зоны в невзрывоопасную зону или в помещение со взрывоопасной зоной другого класса либо с другой категорией или группой взрывоопасной смеси труба с кабелем в месте прохода через стену должна иметь разделительное уплотнение и удовлетворять требованиям 7.3.105 и 7.3.107.

Разделительное уплотнение не ставится, если:

- а) труба с кабелем выходит наружу, а кабели прокладываются далее открыто;
- б) труба служит для защиты кабеля в местах возможных механических воздействий и оба конца ее находятся в пределах одной взрывоопасной зоны.

**7.3.114.** Отверстия в стенах и в полу для прохода кабелей и труб электропроводки должны быть плотно заделаны негорючими материалами.

**7.3.115.** Через взрывоопасные зоны любого класса, а также на расстояниях менее 5 м по горизонтали и вертикали от взрывоопасной зоны запрещается прокладывать не относящиеся к данному технологическому процессу (производству) транзитные электропроводки и кабельные линии всех напряжений. Допускается их прокладка на расстоянии менее 5 м по горизонтали и вертикали от взрывоопасной зоны при выполнении дополнительных защитных мероприятий, например прокладка в трубах, в закрытых коробах, в полах.

**7.3.116.** В осветительных сетях в помещениях со взрывоопасной зоной класса В-I прокладка групповых линий запрещается. Разрешается прокладывать только ответвления от групповых линий.

В помещениях со взрывоопасными зонами классов В-Iа, В-Iб, В-II и В-IIа групповые осветительные линии рекомендуется прокладывать также вне взрывоопасных зон. В случае затруднения в выполнении этой рекомендации (например, в производственных помещениях больших размеров) количество устанавливаемых во взрывоопасных зонах на этих линиях соединительных и ответвительных коробок должно быть по возможности минимальным.

**7.3.117.** Электропроводки, присоединяемые к электрооборудованию с видом взрывозащиты "искробезопасная электрическая цепь", должны удовлетворять следующим требованиям:

- 1) искробезопасные цепи должны отделяться от других цепей с соблюдением требований ГОСТ 22782.5-78\*;
- 2) использование одного кабеля для искробезопасных и искроопасных цепей не допускается;
- 3) провода искробезопасных цепей высокой частоты не должны иметь петель;
- 4) изоляция проводов искробезопасных цепей должна иметь отличительный синий цвет. Допускается маркировать синим цветом только концы проводов;
- 5) провода искробезопасных цепей должны быть защищены от наводок, нарушающих их искробезопасность.

**7.3.118.** Допустимые способы прокладки кабелей и проводов во взрывоопасных зонах приведены в табл. 7.3.14.

**7.3.119.** Применение шинопроводов во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Iг, В-II и В-IIа запрещается.

Таблица 7.3.14

**Допустимые способы прокладки кабелей и проводов во взрывоопасных зонах**

Кабели и провода	Способ прокладки	Сети выше 1 кВ	Силовые сети и вторичные цепи до 1кВ	Осветительные сети до 380 В
Бронированные кабели	Открыто - по стенам и строительным конструкциям на скобах и кабельных конструкциях; в коробах, лотках, на тросах, кабельных и технологических эстакадах; в	В зонах любого класса		

Небронированные кабели в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках	каналах; скрыто - в земле (траншеях), в блоках	В-Іб, В-Іа, В-Іг	В-Іб, В-Іа, В-Іг	В-Іа, В-Іб, В-Іа, В-Іг
	Открыто - при отсутствии механических и химических воздействий; по стенам и строительным конструкциям на скобах и кабельных конструкциях; в лотках, на тросах			
	В каналах пылеуплотненных (например, покрытых асфальтом) или засыпанных песком			
Изолированные провода	Открыто - в коробах	В-Іб, В-Іг	В-Іа, В-Іб, В-Іг	В-Іа, В-Іб, В-Іг
	Открыто и скрыто - в стальных водогазопроводных трубах			
	То же			То же

Примечание. Для искробезопасных цепей во взрывоопасных зонах любого класса разрешаются все перечисленные в таблице способы прокладки проводов и кабелей.

Во взрывоопасных зонах классов В-Іа и В-Іб применение шинопроводов допускается при выполнении следующих условий:

- а) шины должны быть изолированы;
- б) во взрывоопасных зонах класса В-Іа шины должны быть медными;
- в) неразъемные соединения шин должны быть выполнены сваркой или опрессовкой;
- г) болтовые соединения (например, в местах присоединения шин к аппаратам и между секциями) должны иметь приспособления, не допускающие самоотвинчивания;
- д) шинопроводы должны быть защищены металлическими кожухами, обеспечивающими степень защиты не менее ІР31. Кожухи должны открываться только при помощи специальных (торцевых) ключей.

**7.3.120.** Наружную прокладку кабелей между взрывоопасными зонами рекомендуется выполнять открыто: на эстакадах, тросах, по стенам зданий и т. п., избегая по возможности прокладки в подземных кабельных сооружениях (каналах, блоках, туннелях) и траншеях.

**7.3.121.** По эстакадам с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ помимо кабелей, предназначенных для собственных нужд (для управления задвижками трубопроводов, сигнализации, диспетчеризации и т.п.), допускается прокладывать до 30 бронированных и небронированных силовых и контрольных кабелей, стальных водогазопроводных труб с изолированными проводами.

Небронированные кабели должны прокладываться в стальных водо-газопроводных трубах или в стальных коробах.

Бронированные кабели следует применять в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках, не распространяющих горение. Рекомендуется эти кабели выбирать без подушки.

При атом стальные трубы электропроводки, стальные трубы и короба с небронированными кабелями и бронированные кабели следует прокладывать на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов, по возможности со стороны трубопроводов с негорючими веществами.

Строительные конструкции эстакад и галерей должны соответствовать требованиям гл.2.3.

При числе кабелей более 30 следует прокладывать их по кабельным эстакадам и галереям (см. гл. 2.3). Допускается сооружать кабельные эстакады и галереи на общих строительных конструкциях с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ при выполнении противопожарных мероприятий. Допускается прокладка небронированных кабелей.

**7.3.122.** Кабельные эстакады могут пересекать эстакады с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ как сверху, так и снизу независимо от плотности по отношению к воздуху транспортируемых газов.

При количестве кабелей до 15 в месте пересечения допускается не сооружать кабельных эстакад; кабели могут прокладываться в трубном блоке или в плотно закрываемом стальном коробе с толщиной стенки короба не менее 1,5 мм.

**7.3.123.** Кабельные эстакады и их пересечения с эстакадами трубопроводов с горючими газами и ЛВЖ должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Все конструктивные элементы кабельных эстакад (стойки, настил, ограждения, крыша и др.) должны сооружаться из негорючих материалов.

2. На участке пересечения плюс до 1,5 м в обе стороны от внешних габаритов эстакады с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ кабельная эстакада должна быть выполнена в виде закрытой галереи. Пол кабельной эстакады при прохождении ее ниже эстакады с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ должен иметь отверстия для выхода попавших внутрь нее тяжелых газов.

Ограждающие конструкции кабельных эстакад, пересекающихся с эстакадами с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ, должны быть негорючими и соответствовать требованиям гл. 2.3.

3. На участке пересечения эстакады с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ не должны иметь ремонтных площадок и на трубопроводах не должно быть фланцевых соединений, компенсаторов, запорной арматуры и т. п.

4. В местах пересечения на кабелях не должны устанавливаться кабельные муфты.

5. Расстояние в свету между трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ и кабельной эстакадой или трубным блоком с кабелями либо электротехническими коммуникациями должно быть не менее 0,5 м.

**7.3.124.** Наружные кабельные каналы допускается сооружать на расстоянии не менее 1,5 м от стен помещений со взрывоопасными зонами всех классов. В месте входа во взрывоопасные зоны этих помещений каналы должны засыпаться песком по длине не менее 1,5 м.

**7.3.125.** В кабельных каналах, проходящих во взрывоопасной зоне класса В-Г или по территории от одной взрывоопасной зоны до другой, через каждые 100 м должны быть установлены песочные перемишки длиной не менее 1,5 м по верху.

**7.3.126.** Во взрывоопасных зонах любого класса допускается прокладка кабелей в блоках. Выводные отверстия для кабелей из блоков и стыки блоков должны быть плотно заделаны негорючими материалами.

**7.3.127.** Сооружение кабельных туннелей на предприятиях с наличием взрывоопасных зон не рекомендуется. При необходимости кабельные туннели могут сооружаться при выполнении следующих условий:

1. Кабельные туннели должны прокладываться, как правило, вне взрывоопасных зон.

2. При подходе к взрывоопасным зонам кабельные туннели должны быть отделены от них негорючей перегородкой с пределом огнестойкости 0,75 ч.

3. Отверстия для кабелей и труб электропроводки, вводимых во взрывоопасную зону, должны быть плотно заделаны негорючими материалами.

4. В кабельных туннелях должны быть выполнены противопожарные мероприятия (см. 2.3.122).

5. Выходы из туннеля, а также выходы вентиляционных шахт туннеля должны находиться вне взрывоопасных зон.

**7.3.128.** Открытые токопроводы до 1 кВ и выше гибкой и жесткой конструкций допускается прокладывать по территории предприятия со взрывоопасными зонами на специально для этого предназначенных эстакадах или опорах.

Прокладывать открытые токопроводы на эстакадах с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ и эстакадах КИПиА запрещается.

**7.3.129.** Токопроводы до 10 кВ в оболочке со степенью защиты IP54 могут прокладываться по территории предприятия со взрывоопасными зонами на специальных эстакадах, эстакадах с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ и эстакадах КИПиА, если отсутствует возможность вредных наводок на цепи КИПиА от токопроводов. Токопроводы следует прокладывать на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов, по возможности со стороны трубопроводов с негорючими веществами.

**7.3.130.** Минимально допустимые расстояния от токопроводов до помещений со взрывоопасными зонами и до наружных взрывоопасных установок приведены в табл. 7.3.15.

**7.3.131.** Допустимые расстояния от кабельных эстакад до помещений со взрывоопасными зонами и до наружных взрывоопасных установок:

а) с транзитными кабелями - см. табл. 7.3.15;

б) с кабелями, предназначенными только для данного производства (здания), - не нормируются.

**Минимальное допустимое расстояние от токопроводов (гибких и жестких) и от кабельных эстакад с транзитными кабелями до помещений с взрывоопасными зонами и до наружных взрывоопасных установок**

Помещения со взрывоопасными зонами и наружные взрывоопасные установки, до которых определяется расстояние	Расстояние, м	
	от токопроводов	от кабельных эстакад
С тяжелыми или сжиженными горючими газами		
Помещения с выходящей в сторону токопроводов и кабельных эстакад несгораемой стеной без проемов и устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции	10	Не нормируется
Помещения с выходящей в сторону токопроводов и кабельных эстакад стеной с проемами	20	9
Наружные взрывоопасные установки, установки, расположенные у стен зданий (в том числе емкости)	30	9
Резервуары (газгольдеры)	50	20
С легкими горючими газами и ЛВЖ, с горючими пылью или волокнами		
Помещения с выходящей в сторону токопроводов и кабельных эстакад несгораемой стеной без проемов и устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции	10 или 6 (см. примечание, п.2)	Не нормируется
Помещения с выходящей в сторону токопроводов и кабельных эстакад стеной с проемами	15	9 или 6 (см. примечание, п.2)
Наружные взрывоопасные установки, установки, расположенные у стен зданий (в том числе емкости)	25	9
Сливно-наливные эстакады с закрытым сливом или наливом ЛВЖ	25	20
Резервуары (газгольдеры) с горючими газами	25	20

Примечания: 1. Проезд пожарных автомобилей к кабельной эстакаде допускается с одной стороны эстакады.  
 2. Минимально допустимые расстояния 6 м применяются до зданий и сооружений I и II степеней огнестойкости со взрывоопасными производствами при соблюдении условий, оговоренных в СНиП по проектированию генеральных планов промышленных предприятий.  
 3. Расстояния, указанные в таблице, считаются от стен помещений со взрывоопасными зонами, от стенок резервуаров или от наиболее выступающих частей наружных установок.  
 Торцы ответвлений от кабельных эстакад для подвода кабелей к помещениям со взрывоопасными зонами или к наружным взрывоопасным установкам могут примыкать непосредственно к стенам помещений со взрывоопасными зонами и к наружным взрывоопасным установкам.

### ЗАНУЛЕНИЕ И ЗАЗЕМЛЕНИЕ

**7.3.132.** На взрывоопасные зоны любого класса в помещениях и на наружные взрывоопасные установки распространяются приведенные в 1.7.38 требования о допустимости применения в электроустановках до 1 кВ глухозаземленной или изолированной нейтрали. При изолированной нейтрали должен быть обеспечен автоматический контроль изоляции сети с действием на сигнал и контроль исправности пробивного предохранителя.

**7.3.133.** Во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Ia и В-II рекомендуется применять защитное отключение (см. гл. 1.7). Во взрывоопасных зонах любого класса должно быть выполнено уравнивание потенциалов согласно 1.7.47.

**7.3.134.** Во взрывоопасных зонах любого класса подлежат занулению (заземлению) также:

- а) во изменение 1.7.33 - электроустановки при всех напряжениях переменного и постоянного тока;
- б) электрооборудование, установленное на зануленных (заземленных) металлических конструкциях, которые в соответствии с 1.7.48, п. 1 в невзрывоопасных зонах разрешается не занулять (не заземлять). Это требование не относится к электрооборудованию, установленному внутри зануленных (заземленных) корпусов шкафов и пультов.

В качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников должны быть использованы проводники, специально предназначенные для этой цели.

**7.3.135.** В электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью зануление электрооборудования должно осуществляться:

- а) в силовых сетях во взрывоопасных зонах любого класса - отдельной жилой кабелей или провода;
- б) в осветительных сетях во взрывоопасных зонах любого класса, кроме класса В-I, - на участке от светильника до ближайшей ответвительной коробки - отдельным проводником, присоединенным к нулевому рабочему проводнику в ответвительной коробке;
- в) в осветительных сетях во взрывоопасной зоне класса В-I - отдельным проводником, проложенным от светильника до ближайшего группового щитка;
- г) на участке сети от РУ и ТП, находящихся вне взрывоопасной зоны, до щита, сборки, распределительного пункта и т. п., также находящихся вне взрывоопасной зоны, от которых осуществляется питание электроприемников, расположенных во взрывоопасных зонах любого класса, допускается в качестве нулевого защитного проводника использовать алюминиевую оболочку питающих кабелей.

**7.3.136.** Нулевые защитные проводники во всех звеньях сети должны быть проложены в общих оболочках, трубах, коробах, пучках с фазными проводниками.

**7.3.137.** В электроустановках до 1 кВ и выше с изолированной нейтралью заземляющие проводники допускается прокладывать как в общей оболочке с фазными, так и отдельно от них. Магистраль заземления должны быть присоединены к заземлителям в двух или более разных местах и по возможности с противоположных концов помещения.

**7.3.138.** Использование металлических конструкций зданий, конструкций производственного назначения, стальных труб электропроводки, металлических оболочек кабелей и т. п. в качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников допускается только как дополнительное мероприятие.

**7.3.139.** В электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью в целях обеспечения автоматического отключения аварийного участка проводимость нулевых защитных проводников должна быть выбрана такой, чтобы при замыкании на корпус или нулевой защитный проводник возник ток КЗ, превышающий не менее чем в 4 раза номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя и не менее чем в 6 раз ток расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратозависимую от тока характеристику. При защите сетей автоматическими выключателями, имеющими только электромагнитный расцепитель (без выдержки времени), следует руководствоваться требованиями, касающимися кратности тока КЗ и приведенными в 1.7.79.

**7.3.140.** Расчетная проверка полного сопротивления петли фаза - нуль в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью должна предусматриваться для всех электроприемников, расположенных во взрывоопасных зонах классов В-I и В-II, и выборочно (но не менее 10% общего количества) для электроприемников, расположенных во взрывоопасных зонах классов В-Iа, В-Iб, В-Iг и В-IIа и имеющих наибольшее сопротивление петли фаза - нуль.

**7.3.141.** Проходы специально проложенных нулевых защитных (заземляющих) проводников через стены помещений со взрывоопасными зонами должны производиться в отрезках труб или в проемах. Отверстия труб и проемов должны быть уплотнены негоряемыми материалами. Соединение нулевых защитных (заземляющих) проводников в местах проходов не допускается.

## МОЛНИЕЗАЩИТА И ЗАЩИТА ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

**7.3.142.** Защита зданий, сооружений и наружных установок, имеющих взрывоопасные зоны, от прямых ударов молнии и вторичных ее проявлений должна выполняться в соответствии с РД 34.21.122-87 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений" Минэнерго СССР.

**7.3.143.** Защита установок от статического электричества должна выполняться в соответствии с действующими нормативными документами.



## Глава 7.4. ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ В ПОЖАРООПАСНЫХ ЗОНАХ

### ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

**7.4.1.** Настоящая глава Правил распространяется на электроустановки, размещаемые в пожароопасных зонах внутри и вне помещений. Эти электроустановки должны удовлетворять также требованиям других разделов Правил в той мере, в какой они не изменены настоящей главой.

Выбор и установка электрооборудования (машин, аппаратов, устройств) и сетей для пожароопасных зон выполняются в соответствии с настоящей главой Правил на основе классификации горючих материалов (жидкостей, пылей и волокон).

Требования к электроустановкам жилых и общественных зданий приведены в гл. 7.1, а к электроустановкам зрелищных предприятий, клубных учреждений и спортивных сооружений - в гл. 7.2.

### ОПРЕДЕЛЕНИЯ. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

**7.4.2.** Пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в котором они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях. Классификация пожароопасных зон приведена в 7.4.3-7.4.6.

**7.4.3.** Зоны класса П-I - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C (см. 7.3.12).

**7.4.4.** Зоны класса П-II - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м<sup>3</sup> к объему воздуха.

**7.4.5.** Зоны класса П-IIa - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества.

**7.4.6.** Зоны класса П-III - расположенные вне помещения зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C или твердые горючие вещества.

**7.4.7.** Зоны в помещениях и зоны наружных установок в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от аппарата, в которых постоянно или периодически обращаются горючие вещества, но технологический процесс ведется с применением открытого огня, раскаленных частей либо технологические аппараты имеют поверхности, нагретые до температуры самовоспламенения горючих паров, пылей или волокон, не относятся в части их электрооборудования к пожароопасным. Класс среды в помещениях или среды наружных установок за пределами указанной 5-метровой зоны следует определять в зависимости от технологических процессов, применяемых в этой среде.

Зоны в помещениях и зоны наружных установок, в которых твердые, жидкие и газообразные горючие вещества сжигаются в качестве топлива или утилизируются путем сжигания, не относятся в части их электрооборудования к пожароопасным.

**7.4.8.** Зоны в помещениях вытяжных вентиляторов, а также в помещениях приточных вентиляторов (если приточные системы работают с применением рециркуляции воздуха), обслуживающих помещения с пожароопасными зонами класса П-II, относятся также к пожароопасным зонам класса П-II.

Зоны в помещениях вентиляторов местных отсосов относятся к пожароопасным зонам того же класса, что и обслуживаемая ими зона.

Для вентиляторов, установленных за наружными ограждающими конструкциями и обслуживающих пожароопасные зоны класса П-II и пожароопасные зоны любого класса местных отсосов, электродвигатели выбираются как для пожароопасной зоны класса П-III.

**7.4.9.** Определение границ и класса пожароопасных зон должно производиться технологами совместно с электриками проектной или эксплуатационной организации.

В помещениях с производствами (и складами) категории В электрооборудование должно удовлетворять, как правило, требованиям гл. 7.4 к электроустановкам в пожароопасных зонах соответствующего класса.

**7.4.10.** При размещении в помещениях или наружных установках единичного пожароопасного оборудования, когда специальные меры против распространения пожара не предусмотрены,

зона в пределах до 3 м по горизонтали и вертикали от этого оборудования является пожароопасной.

**7.4.11.** При выборе электрооборудования, устанавливаемого в пожароопасных зонах, необходимо учитывать также условия окружающей среды (химическую активность, атмосферные осадки и т.п.).

**7.4.12.** Неподвижные контактные соединения в пожароопасных зонах любого класса должны выполняться сваркой, опрессовкой, пайкой, свинчиванием или иным равноценным способом. Разборные контактные соединения должны быть снабжены приспособлением для предотвращения самоотвинчивания.

**7.4.13.** Защита зданий, сооружений и наружных установок, содержащих пожароопасные зоны, от прямых ударов молнии и вторичных ее проявлений, а также заземление установленного в них оборудования (металлических сосудов, трубопроводов и т. п.), содержащего горючие жидкости, порошкообразные или волокнистые материалы и т. п., для предотвращения искрения, обусловленного статическим электричеством, должны выполняться в соответствии с действующими нормативами по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений и защиты установок от статического электричества.

В пожароопасных зонах любого класса должны быть предусмотрены меры для снятия статических зарядов с оборудования.

**7.4.14.** Заземление электрооборудования в пожароопасных зонах должно выполняться в соответствии с гл. 1.7.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

**7.4.15.** В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины с классами напряжения до 10 кВ при условии, что их оболочки имеют степень защиты по ГОСТ 17494-72\* не менее указанной в табл. 7.4.1.

В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины, продуваемые чистым воздухом с вентиляцией по замкнутому или разомкнутому циклу. При вентиляции по замкнутому циклу в системе вентиляции должно быть предусмотрено устройство для компенсации потерь воздуха и создания избыточного давления в машинах и воздухопроводах. Допускается изменять степень защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой машины устанавливаются.

До освоения электропромышленностью крупных синхронных машин, машин постоянного тока и статических преобразовательных агрегатов в оболочке со степенью защиты IP44 допускается применять в пожароопасных зонах класса П-IIa машины и агрегаты со степенью защиты оболочки не менее IP20.

**7.4.16.** Воздух для вентиляции электрических машин не должен содержать паров и пыли горючих веществ. Выброс отработавшего воздуха при разомкнутом цикле вентиляции в пожароопасную зону не допускается.

Таблица 7.4.1

**Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических машин в зависимости от класса пожароопасной зоны**

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIa	П-III
Стационарно установленные машины, искрящие или с искрящими частями по условиям работы	IP44	IP54*	IP44	IP44
Стационарно установленные машины, не искрящие и без искрящих частей по условиям работы	IP44	IP44	IP44	IP44
Машины с частями, искрящими и не искрящими по условиям работы, установленные на передвижных механизмах и установках (краны, тельферы, электротележки и т.п.)	IP44	IP54*	IP44	IP44

\* До освоения электропромышленностью машин со степенью защиты оболочки IP54 могут применяться машины со степенью защиты оболочки IP44.

**7.4.17.** Электрооборудование переносного электрифицированного инструмента в пожароопасных зонах любого класса должно быть со степенью защиты оболочки не менее IP44; допускается степень защиты оболочки IP33 при условии выполнения специальных технологических требований к ремонту оборудования в пожароопасных зонах.

**7.4.18.** Электрические машины с частями, нормально искрящими по условиям работы (например, электродвигатели с контактными кольцами), должны располагаться на расстоянии не менее 1 м от мест размещения горючих веществ или отделяться от них несгораемым экраном.

**7.4.19.** Для механизмов, установленных в пожароопасных зонах, допускается применение электродвигателей с меньшей степенью защиты оболочки, чем указано в табл. 7.4.1, при следующих условиях:

электродвигатели должны устанавливаться вне пожароопасных зон;

привод механизма должен осуществляться при помощи вала, пропущенного через стену, с устройством в ней сальникового уплотнения.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ПРИБОРЫ

**7.4.20.** В пожароопасных зонах могут применяться электрические аппараты, приборы, шкафы и сборки зажимов, имеющие степень защиты оболочки по ГОСТ 14255-69\* не менее указанной в табл. 7.4.2.

Таблица 7.4.2

### Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических аппаратов, приборов, шкафов и сборок зажимов в зависимости от класса пожароопасной зоны

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIa	П-III
Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках (краны, тельферы, электротележки и т.п.), искрящие по условиям работы	IP44	IP54	IP44	IP44
Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках, не искрящие по условиям работы	IP44	IP44	IP44	IP44
Шкафы для размещения аппаратов и приборов	IP44	IP54* IP44**	IP44	IP44
Коробки сборок зажимов силовых и вторичных цепей	IP44	IP44	IP44	IP44

\* При установке в них аппаратов и приборов, искрящих по условиям работы. До освоения электропромышленностью шкафов со степенью защиты оболочки IP54 могут применяться шкафы со степенью защиты оболочки IP44.

\*\* При установке в них аппаратов и приборов, не искрящих по условиям работы.

Допускается изменять степень защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой аппараты и приборы устанавливаются.

**7.4.21.** Аппараты и приборы, устанавливаемые в шкафах, могут иметь меньшую степень защиты оболочки, чем указано в табл. 7.4.2 (в том числе исполнение IP00), при условии, что шкафы имеют степень защиты оболочки не ниже указанной в табл. 7.4.2 для данной пожароопасной зоны.

**7.4.22.** В пожароопасных зонах любого класса могут применяться аппараты, приборы, шкафы и сборки зажимов, продуваемые чистым воздухом под избыточным давлением.

**7.4.23.** В пожароопасных зонах любого класса могут применяться аппараты и приборы в маслonaполненном исполнении (за исключением кислородных установок и подъемных механизмов, где применение этих аппаратов и приборов запрещается).

**7.4.24.** Щитки и выключатели осветительных сетей рекомендуется выносить из пожароопасных зон любого класса, если это не вызывает существенного удорожания и расхода цветных металлов.

Электроустановки запираемых складских помещений, в которых есть пожароопасные зоны любого класса, должны иметь аппараты для отключения извне силовых и осветительных сетей независимо от наличия отключающих аппаратов внутри помещений. Отключающие аппараты

должны быть установлены в ящике из негорючего материала с приспособлением для пломбирования на ограждающей конструкции из негорючего материала, а при ее отсутствии - на отдельной опоре.

Отключающие аппараты должны быть доступны для обслуживания в любое время суток.

**7.4.25.** Если в пожароопасных зонах любого класса по условиям производства необходимы электронагревательные приборы, то нагреваемые рабочие части их должны быть защищены от соприкосновения с горючими веществами, а сами приборы установлены на поверхности из негорючего материала. Для защиты от теплового излучения электронагревательных приборов необходимо устанавливать экраны из негорючих материалов.

В пожароопасных зонах любого класса складских помещений, а также в зданиях архивов, музеев, галерей, библиотек (кроме специально предназначенных помещений, например буфетов) применение электронагревательных приборов запрещается.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

**7.4.26.** Степень защиты оболочки электрооборудования, применяемого для кранов, талей и аналогичных им механизмов, должна соответствовать табл. 7.4.1-7.4.3.

**7.4.27.** Токоподвод подъемных механизмов (кранов, талей и т. п.) в пожароопасных зонах классов П-I и П-II должен выполняться переносным гибким кабелем с медными жилами, с резиновой изоляцией, в оболочке, стойкой к окружающей среде. В пожароопасных зонах классов П-IIIа и П-III допускается применение троллеев и троллейных шинопроводов, но они не должны быть расположены над местами размещения горючих веществ.

Таблица 7.4.3

### Минимальные допустимые степени защиты светильников в зависимости от класса пожароопасной зоны

Источники света, устанавливаемые в светильниках	Степень защиты светильников для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIIа, а также П-II при наличии местных нижних отсосов и общеобменной вентиляции	П-III
Лампы накаливания	IP53	IP53	2*3	2*3
Лампы ДРЛ	IP53	IP53	IP23	IP23
Люминесцентные лампы	5*3	5*3	IP23	IP23

Примечание. Допускается изменять степень защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой устанавливаются светильники.

## РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА, ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПОДСТАНЦИИ

**7.4.28.** Установка РУ до 1 кВ и выше в пожароопасных зонах любого класса не рекомендуется. При необходимости установки РУ в пожароопасных зонах степень защиты его элементов (шкафов и т. п.) должна соответствовать табл. 7.4.2.

**7.4.29.** В пожароопасных зонах любого класса, за исключением пожароопасных зон в складских помещениях, а также зданий и помещений архивов, музеев, картинных галерей, библиотек, допускается на участках, огражденных сетками, открытая установка КТП, КПП с трансформаторами сухими или с негорючим заполнением, а также комплектных конденсаторных установок (ККУ) с негорючим заполнением конденсаторов. При этом степень защиты оболочки шкафов КТП, КПП и ККУ должна быть не менее IP41. Расстояние от КТП, КПП и ККУ до ограждения принимается в соответствии с гл. 4.2.

В пожароопасных зонах любого класса, за исключением пожароопасных зон в складских помещениях, а также помещений архивов, музеев, картинных галерей, библиотек, могут размещаться встроенные или пристроенные КТП и КПП с маслонаполненными трансформаторами и подстанции с маслонаполненными трансформаторами в закрытых камерах, сооружаемые в соответствии с требованиями гл. 4.2 и 7.4.30.

**7.4.30.** Подстанции с маслонаполненными трансформаторами могут быть встроенными или пристроенными при выполнении следующих условий:

1. Двери и вентиляционные отверстия камер трансформаторов с масляным заполнением не должны выходить в пожароопасные зоны.
2. Отверстия в стенах и полу в местах прохода кабелей и труб электропроводки должны быть плотно заделаны несгораемыми материалами.
3. Выход из подстанции с маслонаполненными трансформаторами, установленными в камерах, в пожароопасную зону может быть выполнен только из помещения РУ до 1 кВ. При этом дверь должна быть samozакрывающейся и иметь предел огнестойкости не менее 0,6 ч.
4. Выход из помещений КТП и КПП в пожароопасную зону, а также транспортировка трансформаторов КТП и КПП через пожароопасную зону допускаются. При этом дверь предусматривается, как указано в п. 3, а ворота - с пределом огнестойкости не менее 0,6 ч.  
Примечание. РУ, ТП, ПП считаются встроенными, если имеют две или три стены (перегородки), общие со смежными помещениями с пожароопасными зонами, и пристроенными, если имеют только одну стену (перегородку), общую с указанными помещениями.

**7.4.31.** Электрооборудование с масляным заполнением (трансформаторы, батареи конденсаторов, выключатели и т. п.) может устанавливаться на расстоянии не менее 0,8 м от наружной стены здания с пожароопасными зонами при условии, что расстояние по горизонтали и вертикали от проемов в стене здания до установленного электрооборудования будет не менее 4 м.

### **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВЕТИЛЬНИКИ**

**7.4.32.** В пожароопасных зонах должны применяться светильники, имеющие степень защиты не менее указанной в табл. 7.4.3.

**7.4.33.** Конструкция светильников с лампами ДРЛ должна исключать выпадание из них ламп. Светильники с лампами накаливания должны иметь сплошное силикатное стекло, защищающее лампу. Они не должны иметь отражателей и рассеивателей из сгораемых материалов. В пожароопасных зонах любого класса складских помещений светильники с люминесцентными лампами не должны иметь отражателей и рассеивателей из горючих материалов.

**7.4.34.** Электропроводка внутри светильников с лампами накаливания и ДРЛ до места присоединения внешних проводников должна выполняться термостойкими проводами.

**7.4.35.** Переносные светильники в пожароопасных зонах любого класса должны иметь степень защиты не менее IP54; стеклянный колпак светильника должен быть защищен металлической сеткой.

### **ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ, ТОКОПРОВОДЫ, ВОЗДУШНЫЕ И КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ**

**7.4.36.** В пожароопасных зонах любого класса кабели и провода должны иметь покров и оболочку из материалов, не распространяющих горение. Применение кабелей с горючей полиэтиленовой изоляцией не допускается.

**7.4.37.** Через пожароопасные зоны любого класса, а также на расстояниях менее 1 м по горизонтали и вертикали от пожароопасной зоны запрещается прокладывать не относящиеся к данному технологическому процессу (производству) транзитные электропроводки и кабельные линии всех напряжений.

**7.4.38.** В пожароопасных зонах любого класса применение неизолированных проводов запрещается (исключение см. в 7.4.27, 7.4.43).

**7.4.39.** В пожароопасных зонах любого класса разрешаются все виды прокладок кабелей и проводов. Расстояние от кабелей и изолированных проводов, прокладываемых открыто непосредственно по конструкциям, на изоляторах, лотках, тросах и т. п. до мест открыто хранимых (размещаемых) горючих веществ, должно быть не менее 1 м.

Прокладка незащищенных изолированных проводов с алюминиевыми жилами в пожароопасных зонах любого класса должна производиться в трубах и коробах.

**7.4.40.** По эстакадам с трубопроводами с горючими газами и жидкостями, проходящим по территории с пожароопасной зоной класса П-III, допускается прокладка изолированных проводов в стальных трубах, небронированных кабелей в стальных трубах и коробах, бронированных кабелей открыто. При этом стальные трубы электропроводки, стальные трубы и коробка с небронированными кабелями и бронированные кабели следует прокладывать на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов, по возможности со стороны трубопроводов с негорючими веществами.

**7.4.41.** Для передвижных электроприемников должны применяться переносные гибкие кабели с медными жилами, с резиновой изоляцией, в оболочке, стойкой к окружающей среде.

**7.4.42.** Соединительные и ответвительные коробки, применяемые в электропроводах в пожароопасных зонах любого класса, должны иметь степень защиты оболочки не менее IP43. Они должны изготавливаться из стали или другого прочного материала, а их размеры должны обеспечивать удобство монтажа и надежность соединения проводов.

Части коробок, выполненные из металла, должны иметь внутри изолирующую выкладку или надежную окраску. Пластмассовые части, кроме применяемых в групповой сети освещения, должны быть изготовлены из трудногорючей пластмассы.

**7.4.43.** В пожароопасных зонах классов П-I, П-II и П-IIа допускается применение шинопроводов до 1 кВ с медными и алюминиевыми шинами со степенью защиты IP20 и выше, при этом в пожароопасных зонах П-I и П-II все шины, в том числе и шины ответвления, должны быть изолированными. В шинопроводах со степенью защиты IP54 и выше шины допускается не изолировать.

Неразборные контактные соединения шин должны быть выполнены сваркой, а разборные соединения - с применением приспособлений для предотвращения самоотвинчивания.

Температура всех элементов шинопроводов, включая ответвительные коробки, устанавливаемые в пожароопасных зонах класса П-I, не должна превышать 60°C.

**7.4.44.** Ответвительные коробки с коммутационными и защитными аппаратами, а также разъемные контактные соединения допускается применять в пожароопасных зонах всех классов. При этом ответвительные коробки, установленные на шинопроводах, включая места ввода кабелей (проводов) и места соприкосновения с шинопроводами, должны иметь степень защиты IP44 и выше для пожароопасных зон классов П-I и П-IIа, IP54 и выше для зон класса П-II.

Таблица 7.4.4

**Открытые наземные склады хранения горючих материалов и веществ, готовой продукции и оборудования**

Склады	Вместимость, площадь
Каменного угля, торфа, грубых кормов (сена, соломы), льна, конопли, хлопка, зерна	Более 1000 т
Лесоматериалов, дров, щепы, опилок	Более 1000 м <sup>3</sup>
Горючих жидкостей	Более 3000 м <sup>3</sup>
Готовой продукции и оборудования в сгораемой упаковке	Более 1 га

Таблица 7.4.5

**Наименьшее расстояние от оси ВЛ до 1 кВ с неизолированными проводами из алюминия, сталеалюминия или алюминиевых сплавов до границ открытых наземных складов, перечисленных в табл. 7.4.4.**

Высота подвеса верхнего провода ВЛ от уровня земли, м	Наименьшее расстояние, м, при расчетной скорости ветра, м/с (районе по ветру)						
	16(I)	18(II)	21(III)	24(IV)	27(V)	30(VI)	33(VII)
До 7	17	19	27	31	36	41	46
7,5	18	20	31	33	38	43	48
8	19	21	35	35	40	45	50
9	20,5	23	37	37	43	49	53
10	22	24	40	40	46	53	57

Для зон классов П-I и П-II должен быть обеспечен опережающий разрыв цепи ответвления в момент коммутации разъемных контактных соединений.

В помещениях архивов, музеев, картинных галерей, библиотек, а также в пожароопасных зонах складских помещений запрещается применение разъемных контактных соединений, за исключением соединений во временных сетях при показе экспозиций.

**7.4.45.** Расстояния от оси ВЛ до пожароопасных зон должны выбираться по 2.4.64 и 2.5.163, за исключением расстояний от ВЛ до 1 кВ с неизолированными проводами из алюминия, сталеалюминия или алюминиевых сплавов до открытых наземных складов, перечисленных в табл. 7.4.4. Расстояние от оси ВЛ до 1 кВ до складов, перечисленных в табл. 7.4.4, должно быть

не менее указанного в табл. 7.4.5; данное требование не распространяется на ВЛ наружного освещения, размещаемые на территории складов.

**УТВЕРЖДЕНО**  
Министерством энергетики  
Российской Федерации

Приказ от 8 июля 2002 г. № 204

*Вводится в действие  
с 1 января 2003 г.*

## **Глава 7.5. ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ**

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

**7.5.1.** Настоящая глава Правил распространяется на производственные и лабораторные установки электропечей и электронагревательных устройств переменного тока промышленной - 50 Гц, пониженной ниже - 50 Гц, повышено-средней - до 30 кГц, высокой – от 30 кГц до 300 МГц и сверхвысокой частоты – от 300 МГц до 300 ГГц и постоянного (выпрямленного) тока: дуговых прямого (включая вакуумные дуговые), косвенного действия и комбинированного нагрева с преобразованием электроэнергии в тепловую в электрической дуге и в сопротивлении шихты, в том числе рудотермических (рудовосстановительных, ферросплавных), а также плазменных нагревательных и плавильных; индукционных нагревательных (включая закалочные) и плавильных (тигельных и канальных); диэлектрического нагрева; сопротивления прямого и косвенного действия (с любым материалом нагревателя: твердым и жидким), в том числе печей электрошлакового переплава<sup>1</sup> - ЭШП, литья ЭШЛ и наплавки – ЭШН, а также печей электродных расплавления флюса для перечисленных разновидностей электрошлаковых печей; электронно-лучевых; ионных; лазерных.

Требования настоящей главы Правил распространяются на все элементы электроустановок перечисленных видов электропечей и электротермических устройств любых конструкций, назначений и режимов работы, а также с любыми средами (воздух, вакуум, инертный газ и т. п.) и давлениями в их рабочих камерах.

<sup>1</sup> Дуговой процесс только при "твердом старте" печей ЭШП и лишь весьма короткий промежуток времени, в среднем около 1% периода плавки, причем "твердый старт" в ЭШП используется редко, а в ЭШЛ и ЭШН вообще не применяется. Флюсоплавильные (шлакоплавильные) печи при дуговом процессе также работают относительно короткое время.

**7.5.2.** Электротермические установки и используемое в них электротехническое и другое оборудование кроме требований настоящей главы должны удовлетворять также требованиям разд. 1-6 в той мере, в какой они не изменены настоящей главой.

### **Определения**

**7.5.3.** Электротермическая установка (ЭТУ) - комплекс функционально связанных элементов: специализированного электротермического и другого электротехнического, а также механического оборудования, средств управления, автоматики и КИП, обеспечивающих проведение соответствующего технологического процесса.

В состав ЭТУ в зависимости от ее назначения и конструктивного исполнения оборудования входят: кабельные линии, электропроводки и токопроводы между элементами установки, а также трубопроводы систем водоохлаждения и гидравлического привода; трубопроводы линий сжатого воздуха, азота, аргона, гелия, водорода, углекислого газа и других газов, водяного пара



или вакуума, системы вентиляции и очистки газов, а также элементы строительных конструкций (фундаменты, рабочие площадки и т.п.).

**7.5.4.** Электротермическое оборудование (ЭТО) - электротехнологическое оборудование, предназначенное для преобразования электрической энергии в тепловую с целью нагревания (расплавления) материалов.

К ЭТО относятся электрические печи (электропечи) и электронагревательные устройства (приборы, аппараты). Электропечи отличаются от электронагревательных устройств тем, что имеют камеру или ванну.

В разновидностях ЭТУ, перечисленных в 7.5.1, во входящем в состав этих установок ЭТО электрическая энергия преобразуется в тепловую, в основном, тремя способами: непосредственно в заданных элементах (элементе) этой цепи или между заданными элементами (например, почти полностью или частично между одним или несколькими электродами и шихтой, слитком) на переменном токе промышленной и пониженной частоты, на постоянном токе, а при использовании в плазменных печах индукционных плазменных горелок - на токе высокой или сверхвысокой частоты; в результате создания у заданного элемента (элементов) указанной цепи электромагнитного поля или электрического поля с последующим превращением в нагреваемом (расплавляемом) материале энергии поля в тепловую энергию; посредством формирования потока электронов, ионов или лазерного луча с воздействием (вид определяется требованиями технологии) на обрабатываемый материал, как правило, на его поверхность.

Рабочее напряжение ЭТУ по номинальному значению делится на три класса:

до 50 В переменного или 110 В постоянного тока;

более указанного выше напряжения до 1600 В переменного или постоянного тока;

более 1600 В переменного или постоянного тока.

**7.5.5.** Печная трансформаторная или преобразовательная подстанция - подстанция, входящая в состав ЭТУ, выполняющая функции и содержащая элементы, указанные в гл. 4.2 и 4.3.

**7.5.6.** Печной силовой трансформатор (трансформаторный агрегат) или автотрансформатор - соответственно трансформатор или автотрансформатор ЭТУ, преобразующий электроэнергию переменного тока с напряжения сети на рабочее напряжение электрической печи (электронагревательного устройства).

Печной преобразовательный трансформатор - трансформатор, передающий электроэнергию к преобразовательному (выпрямительному) устройству ЭТУ.

**7.5.7.** Печной выключатель - выключатель, коммутирующий главные силовые цепи переменного тока ЭТУ, оперативно-защитный или оперативный выключатель, функции которого приведены в 7.5.10.

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

**7.5.8.** Категория электроприемников основного оборудования и вспомогательных механизмов, а также объем резервирования электрической части должны определяться с учетом особенностей ЭТУ и предъявляемых действующими стандартами, нормами и правилами требований к оборудованию ЭТУ, системам снабжения его водой, газами, сжатым воздухом, создания и поддержания в рабочих камерах давления или разрежения.

К III категории рекомендуется относить электроприемники ЭТУ цехов и участков несерийного производства: кузнечных, штамповочных, прессовых, механических, механосборочных и окрасочных; цехов и участков (отделений и мастерских) инструментальных, сварочных, сборного железобетона, деревообрабатывающих и деревообделочных, экспериментальных, ремонтных, а также лабораторий, испытательных станций, гаражей, депо, административных зданий.

**7.5.9.** ЭТУ, в которых электрическая энергия преобразуется в тепловую на постоянном токе, переменном токе пониженной, повышено-средней высокой или сверхвысокой частоты, рекомендуется снабжать преобразователями, присоединяемыми к питающим электрическим сетям общего назначения непосредственно или через самостоятельные печные (силовые, преобразовательные) трансформаторы.

Печными (силовыми) трансформаторами или автотрансформаторами рекомендуется оборудовать также ЭТУ промышленной частоты с дугowymi печами (вне зависимости от их напряжения и мощности) и установки с печами<sup>1</sup> индукционными и сопротивления, работающие на напряжении, отличающемся от напряжения электрической сети общего назначения, или с

печами индукционными и сопротивления однофазными единичной мощностью - 0,4 МВт и более, трехфазными - 1,6 МВт и более.

Преобразователи и печные (преобразовательные) трансформаторы (автотрансформаторы), как правило, должны иметь вторичное напряжение в соответствии с требованиями технологического процесса, а первичное напряжение ЭТУ должно выбираться с учетом технико-экономической целесообразности.

Печные трансформаторы (автотрансформаторы) и преобразователи, как правило, должны снабжаться устройствами для регулирования напряжения, когда это необходимо по условиям проведения технологического процесса.

<sup>1</sup> Здесь и далее в гл. 7.5 помимо электропечей имеются в виду также и электронагревательные устройства.

**7.5.10.** Первичная цепь каждой ЭТУ, как правило, должна содержать следующие коммутационные и защитные аппараты в зависимости от напряжения питающей электросети промышленной частоты.

до 1 кВ - выключатель (рубильник с дугогасящими контактами, пакетный выключатель) на вводе и предохранители, или блок выключатель-предохранитель или автоматический выключатель с электромагнитными и тепловыми расцепителями;

выше 1 кВ - разъединитель (отделитель, разъемное контактное соединение КРУ) на вводе и выключатель оперативно-защитного назначения или разъединитель (отделитель, разъемное контактное соединение КРУ) и два выключателя - оперативный и защитный.

Для включения электротермического устройства мощностью менее 1 кВт в электрическую сеть до 1 кВ допускается использовать на вводе втычные разъемные контактные соединения, присоединяемые к линии (магистральной или радиальной), устройство защиты которой установлено в силовом (осветительном) пункте или щитке.

В первичных цепях ЭТУ напряжением до 1 кВ допускается в качестве вводных коммутационных аппаратов использовать рубильники без дугогасящих контактов при условии, что коммутация ими выполняется без нагрузки.

Выключатели напряжением выше 1 кВ оперативно-защитного назначения в ЭТУ, как правило, должны выполнять операции включения и отключения электротермического оборудования (печей или устройств), обусловленные эксплуатационными особенностями его работы, и защиту от КЗ и ненормальных режимов работы.

Оперативные выключатели напряжением выше 1 кВ ЭТУ должны выполнять оперативные и часть защитных функций, объем которых определяется при конкретном проектировании, но на них не должна возлагаться защита от КЗ (кроме эксплуатационных КЗ, не устраняемых в случае неисправности системы автоматического регулирования печи), которую должны осуществлять защитные выключатели.

Оперативно-защитные и оперативные выключатели напряжением выше 1 кВ допускается устанавливать как на печных подстанциях, так и в цеховых (заводских и т. п.) распределительных устройствах.

Допускается устанавливать один защитный выключатель для защиты группы электротермических установок.

**7.5.11.** В электрических цепях напряжением выше 1 кВ с числом коммутационных операций в среднем пять циклов включения-отключения в сутки и более должны применяться специальные выключатели повышенной механической и электрической износостойкости, соответствующие требованиям действующих стандартов.

**7.5.12.** Электрическую нагрузку присоединяемых к электрической сети общего назначения нескольких однофазных электроприемников ЭТУ рекомендуется распределять между тремя фазами сети таким образом, чтобы во всех возможных эксплуатационных режимах работы несимметрия напряжений, вызываемая их нагрузкой, как правило, не превышала бы значений, допускаемых действующим стандартом.

В случаях, когда такое условие при выбранной точке присоединения к сети общего назначения однофазных электроприемников ЭТУ не соблюдается и при этом нецелесообразно (по технико-экономическим показателям) присоединять эти электроприемники к более мощной электрической сети (т. е. к точке сети с большей мощностью КЗ), рекомендуется снабжать ЭТУ симметрирующим устройством или параметрическим источником тока, либо устанавливать коммутационные аппараты, с помощью которых возможно перераспределение нагрузки однофазных электроприемников между фазами трехфазной сети (при нечастом возникновении несимметрии в процессе работы).

**7.5.13.** Электрическая нагрузка ЭТУ, как правило, не должна вызывать в электрических сетях общего назначения несинусоидальности кривой напряжения, при которой не соблюдается требование действующего стандарта. При необходимости рекомендуется снабжать печные понижающие или преобразовательные подстанции или питающие их цеховые (заводские) трансформаторные подстанции фильтрами высших и в некоторых случаях низших гармоник, либо принимать другие меры, уменьшающие искажение формы кривой напряжения электрической сети.

**7.5.14.** Коэффициент мощности ЭТУ, присоединяемых к электрическим сетям общего назначения, как правило, должен быть не ниже 0,98. ЭТУ единичной мощностью 0,4 МВт и более, естественный коэффициент мощности которых ниже указанного значения, рекомендуется снабжать индивидуальными компенсирующими устройствами, которые не следует включать в ЭТУ, если технико-экономическими расчетами выявлены явные преимущества групповой компенсации.

**7.5.15.** Для ЭТУ, присоединяемых к электрическим сетям общего назначения, для которых в качестве компенсирующего устройства используются конденсаторные батареи, схему включения конденсаторов (параллельно или последовательно с электротермическим оборудованием), как правило, следует выбирать на основе технико-экономических расчетов, характера изменения индуктивной нагрузки установки и формы кривой напряжения, определяемой составом высших гармоник.

**7.5.16.** Напряжение печных (включая преобразовательные) подстанций, в том числе внутрицеховых, количество, мощность устанавливаемых в них трансформаторов, автотрансформаторов, преобразователей или реакторов как сухих, так и маслonaполненных или заполненных экологически безопасной негорючей жидкостью, высота (отметка) их расположения по отношению к полу первого этажа здания, расстояние между камерами с маслonaполненным оборудованием разных подстанций не ограничиваются при условии, что рядом могут располагаться только две камеры (два помещения) с маслonaполненным оборудованием печных трансформаторных или преобразовательных подстанций, разделенные стеной с пределом огнестойкости, указанным в 7.5.22 для несущих стен; расстояние до расположенных в одном ряду с ними аналогичных двух<sup>1</sup> камер (помещений) при их суммарном числе до шести должно быть не менее 1,5 м, при большем числе после каждых шести камер (помещений) следует устраивать проезд шириной не менее 4 м.

<sup>1</sup> Или одной при их суммарном числе три или пять.

**7.5.17.** Под маслonaполненным оборудованием печных подстанций должны сооружаться: при массе масла в одном баке (полюсе) до 60 кг – порог или пандус для удержания полного объема;

при массе масла в одном баке (полюсе) от 60 до 600 кг – приямок или маслоприемник для удержания полного объема масла;

при массе масла более 600 кг - маслоприемник на 20% объема масла с отводом в маслосборный бак.

Маслосборный бак должен быть подземными и располагаться вне зданий на расстоянии не менее 9 м от стен I-II степеней огнестойкости и не менее 12 м от стен III-IV степеней огнестойкости по СНиП 21-01-97 "Пожарная безопасность зданий и сооружений".

Маслоприемник должен перекрываться металлической решеткой, поверх которой следует насыпать слой промытого просеянного гравия или непористого щебня с частицами от 30 до 70 мм толщиной не менее 250 мм.

**7.5.18.** Под устройствами для приема масла не допускается располагать помещения с постоянным пребыванием людей. Ниже них пульт управления ЭТУ может находиться только в отдельном помещении, имеющем защитный гидроизолированный потолок, исключающий попадание масла в пультное помещение даже при малой вероятности появления течи из любых устройств для приема масла. Должна быть обеспечена возможность систематического осмотра гидроизоляции потолка, предел его огнестойкости - не менее 0,75 ч.

**7.5.19.** Вместимость подземного сборного бака должна быть не менее суммарного объема масла в оборудовании, установленном в камере, а при присоединении к сборному баку нескольких камер – не менее наибольшего суммарного объема масла одной из камер.

**7.5.20.** Внутренний диаметр маслоотводных труб, соединяющих маслоприемники с подземным сборным баком, определяется по формуле

$$D \geq 40\sqrt{M/n},$$

где  $M$  - масса масла в оборудовании, расположенном в камере (помещении) над данным маслоприемником, т;

$n$  - число труб, прокладываемых от маслоприемника до подземного сборного бака. Этот диаметр должен быть не менее 100 мм.

Маслоотводные трубы со стороны маслоприемников должны закрываться съемными сетками из латуни или нержавеющей стали с размерами ячеек 3х3 мм. При необходимости поворота трассы радиус изгиба трубы (труб) должен быть не меньше пяти диаметров трубы. На горизонтальных участках труба должна иметь уклон не менее 0,02 в сторону сборного бака. При всех условиях время удаления масла в подземный сборный бак должно быть менее 0,75 ч.

**7.5.21.** Камеры (помещения) с маслonaполненным электрооборудованием следует снабжать автоматическими системами пожаротушения при суммарном количестве масла, превышающем 10 т - для камер (помещений), расположенных на отметке первого этажа и выше, и 0,6 т - для камер (помещений), расположенных ниже отметки первого этажа.

Эти системы пожаротушения должны иметь помимо автоматического также и ручные режимы пуска (местный - для опробования и дистанционный — с пульта управления ЭТУ).

При суммарном количестве масла в указанных камерах (помещениях) менее 10 и 0,6 т соответственно они должны оборудоваться пожарной сигнализацией.

**7.5.22.** При установке трансформаторов, преобразователей и другого электрооборудования ЭТУ в камере внутрицеховой печной (в том числе преобразовательной) подстанции или в другом отдельном помещении (вне отдельных помещений - камер - устанавливать электрооборудование ЭТУ при количестве масла в нем более 60 кг не допускается, за исключением расположения его вне зданий согласно гл. 4.2) его строительные конструкции, в зависимости от массы масла в данном помещении, должны иметь пределы огнестойкости не ниже I степени по СНиП 21-01-97.

**7.5.23.** Оборудование ЭТУ вне зависимости от его номинального напряжения допускается размещать непосредственно в производственных помещениях, если его исполнение соответствует условиям среды в данном помещении.

При этом во взрыво-, пожароопасных и наружных зонах помещений допускается размещать только такое оборудование ЭТУ, которое имеет нормируемые для данной среды уровни и виды взрывозащиты или соответствующую степень защиты оболочки.

Конструкция и расположение самого оборудования и ограждений должны обеспечивать безопасность персонала и исключать возможность механического повреждения оборудования и случайных прикосновений персонала к токоведущим и вращающимся частям.

Если длина электропечи, электронагревательного устройства или нагреваемого изделия такова, что выполнение ограждений токоведущих частей вызывает значительное усложнение конструкции или затрудняет обслуживание ЭТУ, допускается устанавливать вокруг печи или устройства в целом ограждение высотой не менее 2 м с блокированием, исключающим возможность открывания дверей до отключения установки.

**7.5.24.** Силовое электрооборудование напряжением до 1,6 кВ и выше, относящееся к одной ЭТУ (печные трансформаторы, статические преобразователи, реакторы, печные выключатели, разъединители и т. п.), а также вспомогательное оборудование гидравлических приводов и систем охлаждения печных трансформаторов и преобразователей (насосы замкнутых систем водяного и масляно-водяного охлаждения, теплообменники, абсорберы, вентиляторы и др.) допускается устанавливать в общей камере. Указанное электрооборудование должно иметь ограждение открытых токоведущих частей, а оперативное управление приводами коммутационных аппаратов должно быть вынесено за пределы камеры. Электрооборудование нескольких ЭТУ рекомендуется в обоснованных случаях располагать в общих электропомещениях, например в электромашиных помещениях с соблюдением требований гл. 5.1.

**7.5.25.** Трансформаторы, преобразовательные устройства и агрегаты ЭТУ (двигатель-генераторные и статические - ионные и электронные, в том числе полупроводниковые устройства и ламповые генераторы) рекомендуется располагать на минимально возможном расстоянии от присоединенных к ним электропечей и электротермических устройств (аппаратов). Минимальные расстояния в свету от наиболее выступающих частей печного трансформатора, расположенных на высоте до 1,9 м от пола, до стенок трансформаторных камер при отсутствии в камерах другого оборудования рекомендуется принимать:

до передней стенки камеры (со стороны печи или другого электротермического устройства) 0,4 м для трансформаторов мощностью менее 0,4 МВ·А, 0,6 м - от 0,4 до 12,5 МВ·А и 0,8 - более 12,5 МВ·А;

до боковых и задней стенок камеры - 0,8 м при мощности трансформатора менее 0,4 МВ·А, 1,0 м - от 0,4 до 12,5 МВ·А и 1,2 м - более 12,5 МВ·А.

до соседнего печного трансформатора (автотрансформатора) – 1 м при мощности до 12,5 МВ·А и 1,2 м - более 12,5 МВ·А для вновь проектируемых печных подстанций и соответственно 0,8 и 1 м – для реконструируемых;

допускается уменьшение указанных расстояний на 0,2 м на длине не более 1 м.

При совместной установке в общей камере печных трансформаторов и другого оборудования (согласно 7.5.24) ширину проходов и расстояние между оборудованием, а также между оборудованием и стенками камеры рекомендуется принимать на 10-20% больше указанных значений.

**7.5.26.** ЭТУ должны быть снабжены блокировками, обеспечивающими безопасное обслуживание электрооборудования и механизмов этих установок, а также правильную последовательность оперативных переключений. Открывание дверей, расположенных вне электропомещений шкафов, а также дверей камер (помещений), имеющих доступные для прикосновения токоведущие части, должно быть возможно лишь после снятия напряжения с установки, двери должны иметь блокирование, действующее на снятие напряжения с установки без выдержки времени.

**7.5.27.** ЭТУ должны быть оборудованы устройствами защиты в соответствии с гл. 3.1 и 3.2. Защита дуговых печей и дуговых печей сопротивления должна выполняться в соответствии с требованиями, изложенными в 7.5.46, индукционных - в 7.5.54 (см. также 7.5.38).

**7.5.28.** ЭТУ, как правило, должны иметь автоматические регуляторы электрического режима работы, за исключением ЭТУ, в которых их применение нецелесообразно по технологическим или технико-экономическим причинам.

Для установок, в которых при регулировании электрического режима (или для защиты от перегрузки) необходимо учитывать значение переменного тока, трансформаторы (или другие датчики) тока, как правило, следует устанавливать на стороне низшего напряжения. В ЭТУ с большими значениями тока во вторичных токопроводах трансформаторы тока допускается устанавливать на стороне высшего напряжения. При этом, если печной трансформатор имеет переменный коэффициент трансформации, рекомендуется использовать согласующие устройства.

**7.5.29.** Измерительные приборы и аппараты защиты, а также аппараты управления ЭТУ должны устанавливаться так, чтобы была исключена возможность их перегрева (от тепловых излучений и других причин).

Щиты и пульты (аппараты) управления ЭТУ должны, как правило, располагаться в местах, где обеспечивается возможность наблюдения за проводимыми на установках производственными операциями.

Направление движения рукоятки аппарата управления приводом наклона печей должно соответствовать направлению наклона.

Если ЭТУ имеют значительные габариты и обзор с пульта управления недостаточен, рекомендуется предусматривать оптические, телевизионные или другие устройства для наблюдения за технологическим процессом.

При необходимости должны устанавливаться аварийные кнопки для дистанционного отключения всей установки или отдельных ее частей.

**7.5.30.** На щитах управления ЭТУ должна предусматриваться сигнализация включенного и отключенного положений оперативных коммутационных аппаратов (см. 7.5.10), в установках единичной мощностью 0,4 МВт и более рекомендуется предусматривать также сигнализацию включенного положения вводных коммутационных аппаратов.

**7.5.31.** При выборе сечений токопроводов ЭТУ на токи более 1,5 кА промышленной частоты и на любые токи повышено-средней, высокой и сверхвысокой частоты, в том числе в цепях фильтров высших гармоник и цепях стабилизатора реактивной мощности (тиристорно-реакторной группы - ТРГ), должна учитываться неравномерность распределения тока как по сечению шины (кабеля), так и между отдельными шинами (кабелями).

Конструкция токопроводов ЭТУ (в частности, вторичных токопроводов - "коротких сетей" электропечей) должна обеспечивать:

оптимальные реактивное и активное сопротивления;

рациональное распределение тока в проводниках;

симметрирование сопротивлений по фазам в соответствии с требованиями стандартов или технических условий на отдельные виды (типы) трехфазных электропечей или электротермических устройств;

ограничение потерь электроэнергии в металлических креплениях шин, конструкциях установок и строительных элементах зданий.

Вокруг одиночных шин и линий (в частности, при проходе их через железобетонные перегородки и перекрытия, а также при устройстве металлических опорных конструкций, защитных экранов и т. п.) не должно быть замкнутых металлических контуров. Токопроводы на токи промышленной частоты более 4 кА и на любые токи повышено-средней, высокой и сверхвысокой частоты не должны прокладываться вблизи стальных строительных элементов зданий и сооружений. Если этого избежать нельзя, то для соответствующих строительных элементов необходимо применять немагнитные и маломангнитные материалы и проверять расчетом потери электроэнергии в них и температуру их нагрева. При необходимости рекомендуется предусматривать устройство экранов.

Для токопроводов переменного тока с частотой 2,4 кГц применение крепящих деталей из магнитных материалов не рекомендуется, а с частотой 4 кГц и более - не допускается, за исключением узлов присоединения шин к водоохлаждаемым элементам. Опорные конструкции и защитные экраны таких токопроводов (за исключением конструкции для коаксиальных токопроводов) должны изготавливаться из немагнитных или маломангнитных материалов. Температура шин и контактных соединений с учетом нагрева электрическим током и внешними тепловыми излучениями, как правило, не должна превышать 90 °С. В реконструируемых установках для вторичных токоподводов допускается в обоснованных случаях для медных шин температура 140 °С, для алюминиевых - 120°С, при этом соединения шин следует выполнять сварными. Предельная температура шин при заданной токовой нагрузке и по условиям среды должна проверяться расчетом. При необходимости следует предусматривать принудительное воздушное или водяное охлаждение.

**7.5.32.** В установках электропечей и электронагревательных устройств со спокойным режимом работы, в том числе дуговых косвенного действия, плазменных, дугового нагрева сопротивлением (см. 7.5.1), из дуговых прямого действия – вакуумных дуговых (также и гарнисажных), индукционных и диэлектрического нагрева, сопротивления прямого и косвенного нагрева, включая ЭШП, ЭШЛ и ЭШН, электронно-лучевых, ионных и лазерных для жестких токопроводов вторичных токоподводов, как правило, должны применяться шины из алюминия или из алюминиевых сплавов.

Для жесткой части вторичного токоподвода установок электропечей с ударной нагрузкой, в частности стали- и чугуноплавильных дуговых печей, рекомендуется применять шины из алюминиевого сплава с повышенной механической и усталостной прочностью. Жесткий токопровод вторичного токоподвода в цепях переменного тока из многополюсных пакетов шин рекомендуется выполнять шихтованным с параллельными чередующимися цепями разных фаз или прямого и обратного направлений тока.

Жесткие однофазные токопроводы повышено-средней частоты рекомендуется применять шихтованными и коаксиальными.

В обоснованных случаях допускается изготовление жестких токопроводов вторичных токоподводов из меди.

Гибкий токопровод на подвижных элементах электропечей следует выполнять гибкими медными кабелями или гибкими медными лентами. Для гибких токопроводов на токи 6 кА и более промышленной частоты и на любые токи повышено-средней и высокой частот рекомендуется применять водоохлаждаемые гибкие кабели.

**7.5.33.** Рекомендуемые допустимые длительные токи приведены при нагрузке: током промышленной частоты токопроводов из шихтованного пакета прямоугольных шин - в табл. 7.5.1-7.5.4, током повышено-средней частоты токопроводов из двух прямоугольных шин - в табл. 7.5.5-7.5.6 и коаксиальных токопроводов из двух концентрических труб - в табл. 7.5.7-7.5.8, кабелей марки АСГ - в табл. 7.5.9 и марки СГ - в табл. 7.5.10.

Токи в таблицах приняты с учетом температуры окружающего воздуха 25 °С, прямоугольных шин - 70 °С, внутренней трубы - 75 °С, жил кабелей - 80 °С (поправочные коэффициенты при другой температуре окружающего воздуха приведены в гл. 1.3 ПУЭ).

Рекомендуется плотность тока в водоохлаждаемых жестких и гибких токопроводах промышленной частоты: алюминиевых и из алюминиевых сплавов - до 6 А/мм<sup>2</sup>, медных - до 8 А/мм<sup>2</sup>. Оптимальная плотность тока в таких токопроводах, а также в аналогичных токопроводах повышено-средней, высокой и сверхвысокой частот должна выбираться по минимуму приведенных затрат.

Для линий повышено-средней частоты кроме токопроводов рекомендуется применять специальные коаксиальные кабели (см. также 7.5.53)

Коаксиальный кабель КВСП-М (номинальное напряжение 2 кВ) рассчитан на следующие допустимые токи:

$f$ , кГц .....	0,5	2,4	4,0	8,0	10,0
-----------------	-----	-----	-----	-----	------

$I, A$ .....	400	360	340	300	290
--------------	-----	-----	-----	-----	-----

В зависимости от температуры окружающей среды для кабеля КВСП-М установлены следующие коэффициенты нагрузки  $k_n$ :

$t, ^\circ C$ .....	5	30	35	40	45
$k_n$ .....	1,0	0,93	0,87	0,80	0,73

Таблица 7.5.1

**Допустимый длительный ток промышленной частоты однофазных токопроводов из шихтованного пакета алюминиевых прямоугольных шин**

Размер полосы, мм	Токовая нагрузка, А, при количестве полос в пакете							
	2	4	6	8	12	16	20	24
100x10	1250	2480	3705	4935	7380	9850	12315	14750
120x10	1455	2885	4325	5735	8600	11470	14315	17155
140x10	1685	3330	4980	6625	9910	13205	16490	19785
160x10	1870	3705	5545	7380	11045	14710	18375	22090
180x10	2090	4135	6185	8225	12315	16410	20490	24610
200x10	2310	4560	6825	9090	13585	18105	22605	27120
250x10	2865	5595	8390	11185	16640	22185	27730	33275
250x20	3910	7755	11560	15415	23075	30740	38350	46060
300x10	3330	6600	9900	13200	19625	26170	32710	39200
300x20	4560	8995	13440	17880	26790	35720	44605	53485

Примечания. 1. В табл. 7.5.1-7.5.4 токи приведены для неокрашенных шин, установленных на ребро, при зазоре между шинами 30 мм для шин высотой 300 мм и 20 мм для шин высотой 250 мм и менее.

2. Коэффициенты (*k*) допустимой длительной токовой нагрузки (к табл. 7.5.1 и 7.5.3) алюминиевых шин, окрашенных масляной краской или эмалевым лаком:

Количество полос в пакете ..... 2            3-4            6-9            12-16            20-24

*k* при высоте полосы, мм:

100-120 ..... 1,25            1,18            1,15            1,14            1,13

140-160 ..... 1,24            1,16            1,14            1,10            1,09

180-300 ..... 1,23            1,15            1,12            1,09            1,07

3. Коэффициент снижения допустимой длительной токовой нагрузки для шин из сплава АД31Т-0,94, из сплава АД31Т-0,91.

Таблица 7.5.2

**Допустимый длительный ток промышленной частоты однофазных токопроводов из шихтованного пакета медных прямоугольных шин\***

Размер полосы, мм	Токовая нагрузка, А, при количестве полос в пакете							
	2	4	6	8	12	16	20	24
100x10	1880	3590	5280	7005	10435	13820	17250	20680
120x10	2185	4145	6110	8085	12005	15935	19880	23780
140x10	2475	4700	6920	9135	13585	18050	22465	26930
160x10	2755	5170	7670	10150	15040	19930	24910	29800
180x10	3035	5735	8440	11140	16545	21900	27355	32760
200x10	3335	6300	9280	12220	18140	24065	29985	35910
250x10	4060	7660	11235	14805	21930	29140	36235	43430
300x10	4840	9135	13395	17670	26225	34780	43380	51700

\* См. примечание к табл. 7.5.1.

Таблица 7.5.3

**Допустимый длительный ток промышленной частоты трехфазных токопроводов из шихтованного пакета алюминиевых прямоугольных шин\***

Размер полосы, мм	Токовая нагрузка, А, при количестве полос в пакете					
	3	6	9	12	18	24
100x10	1240	2470	3690	4920	7390	9900
120x10	1445	2885	4300	5735	8560	11435
140x10	1665	3320	4955	6605	9895	13190
160x10	1850	3695	5525	7365	11025	14720



180x10	2070	4125	6155	8210	12290	16405
200x10	2280	4550	6790	9055	13565	18080
250x10	2795	5590	8320	11095	16640	22185
250x20	3880	7710	11540	15385	23010	30705
300x10	3300	6580	9815	13085	19620	26130
300x20	4500	8960	13395	17860	26760	35655

\*См. примечание к табл. 7.5.1.

Таблица 7.5.4

**Допустимый длительный ток промышленной частоты трехфазных токопроводов из шихтованного пакета медных прямоугольных шин\***

Размер полосы, мм	Токовая нагрузка, А, при количестве полос в пакете					
	3	6	9	12	18	24
100x10	1825	3530	5225	6965	10340	13740
120x10	2105	4070	6035	8000	11940	15885
140x10	2395	4615	6845	9060	13470	17955
160x10	2660	5125	7565	10040	14945	19850
180x10	2930	5640	8330	11015	16420	21810
200x10	3220	6185	9155	12090	18050	23925
250x10	3900	7480	11075	14625	21810	28950
300x10	4660	8940	13205	17485	25990	34545

\*См. примечание к табл. 7.5.1.

Таблица 7.5.5

**Допустимый длительный ток повышенной - средней частоты токопроводов из двух алюминиевых прямоугольных шин**

Ширина шины, мм	Токовая нагрузка, А, при частоте, Гц					
	500	1000	2500	4000	8000	10000
25	310	255	205	175	145	140
30	365	305	245	205	180	165
40	490	410	325	265	235	210
50	615	510	410	355	300	285
60	720	605	485	410	355	330
80	960	805	640	545	465	435
100	1160	980	775	670	570	535
120	1365	1140	915	780	670	625
150	1580	1315	1050	905	770	725
200	2040	1665	1325	1140	970	910

Примечания: 1. В табл. 7.5.5 и 7.5.6 токи приведены для неокрашенных шин с расчетной толщиной, равной 1,2 глубины проникновения тока, с зазором между шипами 20 мм при установке шин на ребро и прокладке их в горизонтальной плоскости.

2. Толщина шин токопроводов, допустимые длительные токи которых приведены в табл. 7.5.5 и 7.5.6, должна быть равной или больше расчетной; ее следует выбирать исходя из требований к механической прочности шин, из сортамента, приведенного в стандартах или технических условиях.

3. Глубина проникновения тока  $h$ , при алюминиевых шин в зависимости от частоты переменного тока  $f$ :

$f$ , кГц .....	0,5	1,0	2,5	4,0	8,0	10,0
$h$ , мм .....	4,2	3,0	1,9	1,5	1,06	0,95

Таблица 7.5.6

**Допустимый длительный ток повышено-средней частоты токопроводов из двух медных прямоугольных шин**

Ширина шины, мм	Токовая нагрузка, А, при частоте, Гц					
	500	1000	2500	4000	8000	10000
25	355	295	230	205	175	165
30	425	350	275	245	210	195
40	570	465	370	330	280	265
50	705	585	460	410	350	330
60	835	685	545	495	420	395
80	1100	915	725	645	550	515
100	1325	1130	895	785	675	630
120	1420	1325	1045	915	785	735
150	1860	1515	1205	1060	910	845
200	2350	1920	1485	1340	1140	1070

Примечания: Глубина проникновения тока,  $h$ , при медных шинах в зависимости от частоты переменного тока  $f$ :

$f$ , кГц .....	0,5	1,0	2,5	4,0	8,0	10,0
$h$ , мм.....	3,3	2,4	1,5	1,19	0,84	0,75

См. также примечания 1 и 2 к табл. 7.5.5.

Таблица 7.5.7

**Допустимый длительный ток повышено-средней частоты токопроводов из двух алюминиевых концентрических труб**

Наружный диаметр трубы, мм		Токовая нагрузка, А, при частоте, Гц					
внешней	внутренней	0,5	1,0	2,50	4,0	8,0	10,0
150	110	1330	1110	885	770	640	615
	90	1000	835	665	570	480	455
	70	800	670	530	465	385	370
180	140	1660	1400	1095	950	800	760
	120	1280	1075	855	740	620	590
	100	1030	905	720	620	520	495
200	160	1890	1590	1260	1080	910	865
	140	1480	1230	980	845	710	675
	120	1260	1070	840	725	610	580
220	180	2185	1755	1390	1200	1010	960
	160	1660	1390	1100	950	800	760
	140	1425	1185	940	815	685	650
240	200	2310	1940	1520	1315	1115	1050
	180	1850	1550	1230	1065	895	850
	160	1630	1365	1080	930	785	745
260	220	2530	2130	1780	1450	1220	1160
	200	2040	1710	1355	1165	980	930
	180	1820	1530	1210	1040	875	830
280	240	2780	2320	1850	1590	1335	1270
	220	2220	1865	1480	1275	1075	1020
	200	2000	1685	1320	1150	960	930

Примечание. В табл. 7.5.7 и 7.5.8 токовые нагрузки приведены для неокрашенных труб с толщиной стенок 10 мм.

**Допустимый длительный ток повышено-средней частоты токопроводов из двух медных концентрических труб\***

Наружный диаметр трубы, мм		Токовая нагрузка, А, при частоте, Гц					
внешней	внутренней	0,5	1,0	2,50	4,0	8,0	10,0
150	110	1530	1270	1010	895	755	715
	90	1150	950	750	670	565	535
	70	920	760	610	540	455	430
180	140	1900	1585	1240	1120	945	895
	120	1480	1225	965	865	730	690
	100	1250	1030	815	725	615	580
200	160	2190	1810	1430	1275	1075	1020
	140	1690	1400	1110	995	840	795
	120	1460	1210	955	830	715	665
220	180	2420	2000	1580	1415	1190	1130
	160	1915	1585	1250	1115	940	890
	140	1620	1350	1150	955	810	765
240	200	2670	2200	1740	1565	1310	1250
	180	2130	1765	1395	1245	1050	995
	160	1880	1555	1230	1095	925	875
260	220	2910	2380	1910	1705	1470	1365
	200	2360	1950	1535	1315	1160	1050
	180	2100	1740	1375	1225	1035	980
280	240	3220	2655	2090	1865	1580	1490
	200	2560	2130	1680	1500	1270	1200
	200	2310	1900	1500	1340	1135	1070

\*См. примечание к табл. 7.5.7.

Таблица 7.5.9

**Допустимый длительный ток повышенной - средней частоты кабелей марки АСГ на напряжение 1 кВ при однофазной нагрузке**

Сечение токопроводящих жил, мм <sup>2</sup>	Токовая нагрузка, А, при частоте, Гц					
	0,5	1,0	2,50	4,0	8,0	10,0
2x25	100	80	66	55	47	45
2x35	115	95	75	65	55	50
2x50	130	105	85	75	62	60
2x70	155	130	100	90	75	70
2x95	180	150	120	100	85	80
2x120	200	170	135	115	105	90
2x150	225	185	150	130	110	105
3x25	115	95	75	60	55	50
3x35	135	110	85	75	65	60
3x50	155	130	100	90	75	70
3x70	180	150	120	100	90	80
3x95	205	170	135	120	100	95
3x120	230	200	160	140	115	110
3x150	250	220	180	150	125	120
3x185	280	250	195	170	140	135
3x240	325	285	220	190	155	150
3x50+1x25	235	205	160	140	115	110
3x70+1x35	280	230	185	165	135	130
3x95+1x50	335	280	220	190	160	150
3x120+1x50	370	310	250	215	180	170
3x150+1x70	415	340	260	230	195	190
3x185+1x70	450	375	300	255	210	205

Примечание. Токовые нагрузки приведены исходя из использования: для трехжильных кабелей в "прямом" направлении – одной жилы, в "обратном" – двух, для четырехжильных кабелей в "прямом" и "обратном" направлениях – по две жилы, расположенные крестообразно.

Таблица 7.5.10

**Допустимый длительный ток повышено-средней частоты кабелей марки СГ на напряжение 1 кВ при однофазной нагрузке\***

Сечение токопроводящих жил, мм <sup>2</sup>	Токовая нагрузка, А, при частоте, Гц					
	500	1000	2500	4000	8000	10000
2x25	115	95	76	70	57	55
2x35	130	110	86	75	65	60
2x50	150	120	96	90	72	70
2x70	180	150	115	105	90	85
2x95	205	170	135	120	100	95
2x120	225	190	150	130	115	105
2x150	260	215	170	150	130	120
3x25	135	110	90	75	65	60
3x35	160	125	100	90	75	70
3x50	180	150	115	105	90	85
3x70	210	170	135	120	105	95
3x95	245	195	155	140	115	110
3x120	285	230	180	165	135	130
3x150	305	260	205	180	155	145
3x185	340	280	220	200	165	160
3x240	375	310	250	225	185	180
3x50+1x25	290	235	185	165	135	130
3x70+1x35	320	265	210	190	155	150
3x95+1x50	385	325	250	225	190	180
3x120+1x50	430	355	280	250	210	200
3x150+1x70	470	385	310	275	230	220
3x185+1x70	510	430	340	300	250	240

\* См. примечание к табл. 7.5.9.

**7.5.34.** Динамическая стойкость при токах КЗ жестких токопроводов ЭТУ на номинальный ток 10 кА и более должна быть рассчитана с учетом возможного увеличения электромагнитных сил в местах поворотов и пересечений шин. При определении расстояний между опорами такого токопровода должна быть проверена возможность возникновения частичного или полного резонанса.

**7.5.35.** Для токопроводов электротермических цепей установок в качестве изолирующих опор шинных пакетов и прокладок между ними в электрических цепях постоянного и переменного тока промышленной, пониженной и повышено-средней частот напряжением до 1 кВ рекомендуется использовать колодки или плиты (листы) из непропитанного асбоцемента, в цепях напряжением от 1 до 1,6 кВ – из гетинакса, стеклотекстолита или термостойких пластмасс. Такие изоляционные материалы в обоснованных случаях допускается применять и при напряжении до 1 кВ. При напряжении до 500 В в сухих и непьющих помещениях допускается использовать пропитанную (проваренную в олифе) буковую или березовую древесину. Для электропечей с ударной резкопеременной нагрузкой опоры (сжимы, прокладки) должны быть вибростойкими (при частоте колебаний значений действующего тока 0,5-20 Гц).

В качестве металлических деталей сжима шинного пакета токопроводов на 1,5 кА и более переменного тока промышленной частоты и на любые токи повышено-средней, высокой и сверхвысокой частоты рекомендуется использовать гнутый профиль П-образного сечения из листовой немагнитной стали. Допускается также применять сварные профили и силуминовые детали (кроме сжимов для тяжелых многополосных пакетов).

Таблица 7.5.11

**Сопротивление изоляции токопроводов вторичных токоподводов**

Мощность электронагревательного устройства, МВ·А	Наименьшее сопротивление изоляции*, кОм, для токопроводов			
	до 1,0	от 1,0 до 1,6	от 1,6 до 3,0	от 3,0 до 15
До 5	10	20	100	500
От 5 до 25	5	10	50	250
От 25	2,5	5	25	100

\*Сопротивление изоляции следует измерять мегаомметром на напряжении 1,0 или 2,5 кВ при токопроводе, отсоединенном от выводов трансформатора, преобразователя, коммутационных аппаратов, нагревателей сопротивления и т. п., при снятых электродах и шлангах системы водяного охлаждения.

Для сжима рекомендуется применять болты и шпильки из немагнитных хромоникелевых, медно-цинковых (латунь) сплавов.

Для токопроводов выше 1,6 кВ в качестве изолирующих опор должны применяться фарфоровые или стеклянные опорные изоляторы, причем при токах 1,5 кА и более промышленной частоты и при любых токах повышено-средней, высокой и сверхвысокой частоты арматура изоляторов, как правило, должна быть алюминиевой. Арматура изоляторов должна быть выполнена из немагнитных (маломангнитных) материалов или защищена алюминиевыми экранами.

Уровень электрической прочности изоляции между шинами разной полярности (разных фаз) шинных пакетов с прямоугольными или трубчатыми проводниками вторичных токоподводов электротермических установок, размещаемых в производственных помещениях, должен соответствовать стандартам и/или ТУ на отдельные виды (типы) электронагревателей или электронагревательных устройств. Если такие данные отсутствуют, то при вводе установки в эксплуатацию должны быть обеспечены параметры в соответствии с табл. 7.5.11.

В качестве дополнительной меры по повышению надежности работы и обеспечению нормируемого значения сопротивления изоляции рекомендуется шины вторичных токоподводов в местах сжимов дополнительно изолировать изоляционным лаком или лентой, а между компенсаторами разных фаз (разной полярности) закреплять изоляционные прокладки, стойкие в тепловом и механическом отношениях.

**7.5.36.** Расстояния в свету между шинами разной полярности (разных фаз) жесткого токопровода постоянного или переменного тока должны быть в пределах, указанных в табл. 7.5.12, и определяться в зависимости от номинального значения его напряжения, рода тока и частоты.

Таблица 7.5.12

#### Расстояние в свету между шинами токопровода вторичного токоподвода<sup>1</sup>

Помещение, в котором прокладывается токопровод	Расстояние, мм, в зависимости от рода тока, частоты и напряжения токопроводов						
	Постоянный		Переменный				
	до 1,6 кВ	от 1,6 до 3 кВ	0,05 кГц		0,5-10 кГц		от 10000 Гц
			до 1,6 кВ	от 1,6 до 3 кВ	до 1,6 кВ	от 1,6 до 3 кВ	от 1,6 до 15 кВ
Сухое непыльное	12-25	30-130	15-20	25-30	15-20	25-30	40-140
Сухое пыльное <sup>2</sup>	16-30	35-150	20-25	30-35	20-25	30-35	45-150

<sup>1</sup> При высоте шины до 250 мм; при большей высоте расстояние должно быть увеличено на 5-10 мм.

<sup>2</sup> Пыль непроводящая.

**7.5.37.** Мостовые, подвесные, консольные и другие подобные краны и тали, используемые в помещениях, где находятся установки электронагревательных устройств сопротивления прямого действия, дуговых печей прямого нагрева и комбинированного нагрева - дуговых печей сопротивления с перепуском самоспекающихся электродов без отключения установок, должны иметь изолирующие прокладки (обеспечивающие три ступени изоляции с сопротивлением каждой ступени не менее 0,5 МОм), исключающие возможность соединения с землей (через крюк или трос подъемно-транспортных механизмов) элементов установки, находящихся под напряжением.

**7.5.38.** Система входящего охлаждения оборудования, аппаратов и других элементов электротермических установок должна быть выполнена с учетом возможности контроля за состоянием охлаждающей системы.

Рекомендуется установка следующих реле: давления, струйных и температуры (последних двух - на выходе воды из охлаждаемых ею элементов) с работой их на сигнал. В случае когда прекращение протока или перегрев охлаждающей воды могут привести к аварийному повреждению элементов ЭТУ, должно быть обеспечено автоматическое отключение установок.

Система водоохлаждения - разомкнутая (от сети водопровода или от сети оборотного водоснабжения предприятия) или замкнутая (двухконтурная с теплообменниками), индивидуальная или групповая - должна выбираться с учетом требований к качеству воды, указанных в стандартах или технических условиях на оборудование электротермической установки.

Водоохлаждаемые элементы электротермических установок при разомкнутой системе охлаждения должны быть рассчитаны на максимальное 0,6 МПа и минимальное 0,2 МПа давление воды. Если в стандартах или технических условиях на оборудование не приведены другие нормативные значения, качество воды, должно отвечать требованиям:

Показатель	Вид сети-источника водоснабжения	
	Хозяйственно-питьевой водопровод	Сеть оборотного водоснабжения предприятия
Жесткость, мг·эquiv/л, не более:		
общая	7	-
карбонатная	-	5
Содержание, мг/л, не более:		
взвешенных веществ (мутность)	3	100
активного хлора	0,5	Нет
железа	0,3	1,5
рН	6,5-9,5	7-8
$t$ , °C, не более	25	30

Рекомендуется предусматривать повторное использование охлаждающей воды на другие технологические нужды с устройством водосбора и перекачки.

В системах охлаждения элементов электротермических установок, использующих воду из сети оборотного водоснабжения, рекомендуется предусматривать механические фильтры для снижения содержания в воде взвешенных частиц.

При выборе индивидуальной замкнутой системы водоохлаждения рекомендуется предусматривать схему вторичного контура циркуляции воды без резервного насоса, чтобы при выходе из строя работающего насоса на время, необходимое для аварийной остановки оборудования, использовалась вода из сети водопровода.

При применении групповой замкнутой системы водоохлаждения рекомендуется предусматривать установку одного или двух резервных насосов с автоматическим включением резерва.

**7.5.39.** При охлаждении элементов электротермической установки, которые могут находиться под напряжением, водой по проточной или циркуляционной системе для предотвращения выноса по трубопроводам потенциала, опасного для обслуживающего персонала, должны быть предусмотрены изолирующие шланги (рукава). Подающий и сливной концы шланга должны иметь металлические патрубки, которые должны быть заземлены если нет ограждения, исключающие прикосновение к ним персонала при включенной установке.

Длина изолирующих шлангов водяного охлаждения, соединяющих элементы различной полярности, должна быть не менее указанной в технической документации заводов - изготовителей оборудования; при отсутствии таких данных длину рекомендуется принимать равной: при номинальном напряжении до 1,6 кВ не менее 1,5 м для шлангов с внутренним диаметром до 25 мм и 2,5 м - для шлангов с диаметром более 25 мм; при номинальном напряжении выше 1,6 кВ - 2,5 и 4 м соответственно. Длина шлангов не нормируется, если между шлангом и сточной трубой имеется разрыв и струя воды свободно падает в воронку.

**7.5.40.** ЭТУ, оборудование которых требует оперативного обслуживания на высоте 2 м и более от отметки пола помещения, должны снабжаться рабочими площадками, огражденными перилами, с постоянными лестницами. Применение подвижных (например, телескопических) лестниц не допускается. В зоне, в которой возможно прикосновение персонала к находящимся под напряжением частям оборудования, площадки, ограждения и лестницы должны выполняться из негорючих материалов и иметь покрытие из диэлектрического материала, не распространяющего горение.

**7.5.41.** Насосно-аккумуляторные и маслонапорные установки систем гидропривода электротермического оборудования, содержащие 60 кг масла и более, должны располагаться в помещениях, в которых обеспечивается аварийное удаление масла и выполнение требований 7.5.17-7.5.22.

**7.5.42.** Применяемые в электротермических установках сосуды, работающие под давлением выше 70 кПа, устройства, использующие сжатые газы, а также компрессорные установки должны отвечать требованиям действующих правил, утвержденных Госгортехнадзором России.

**7.5.43.** Газы из выхлопа вакуум-насосов предварительного разрежения, как правило, должны удаляться наружу, выпускать этих газов в производственные и тому подобные помещения допускается только, когда при этом не будут нарушены санитарно-гигиенические требования к воздуху в рабочей зоне (ССБТ ГОСТ 12.1.005-88).

## УСТАНОВКИ ДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ ПРЯМОГО, КОСВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ И ДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ

**7.5.44.** Систему электроснабжения предприятий с установками дуговых сталеплавильных печей переменного тока (ДСП) или (и) постоянного тока (ДСПТ) следует выполнять с учетом обязательного обеспечения нормируемых ГОСТ 13109-97 значений показателей качества электроэнергии в питающей электрической сети общего назначения, к которой эти установки будут присоединены.

С целью ограничения содержания гармоник напряжения в питающей сети общего назначения рекомендуется рассматривать технико-экономическую целесообразность применения в установках ДСПТ преобразователей с большим числом фаз выпрямления, а при четном числе преобразовательных трансформаторов – выполнение у половины из них обмотки ВН по схеме "звезда" и у второй половины – "треугольник".

Печные понижающие или преобразовательные трансформаторы дуговых сталеплавильных печей допускается присоединять к электрическим сетям общего назначения без выполнения специальных расчетов на колебания напряжения и содержания в нем высших гармоник, если соблюдается условие:

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n S_{T_i}^2} / S_k \leq 0,01D,$$

где  $S_{T_i}$  - номинальная мощность печного понижающего или преобразовательного трансформатора, МВ·А;

$S_k$  - мощность КЗ в месте присоединения установки дуговых печей к электрическим сетям общего назначения, МВ·А;

$n$  - число присоединяемых установок дуговых печей;

$D$  – коэффициент при установках дуговых сталеплавильных печей: переменного тока (ДСП), равный 1, а постоянного тока (ДСПТ) – 2.

При невыполнении этого условия должно быть проверено расчетом, не превышаются ли допустимые действующим стандартом значения колебаний напряжения и (или) содержания в нем гармоник у электроприемников, получающих питание от электрической сети, присоединенной к данной точке.

Если требования стандарта не выдерживаются, следует присоединить установки дуговых сталеплавильных печей к точке сети с большей мощностью КЗ или обеспечить выполнение соответствующих мероприятий, например, предусмотреть использование силовых фильтров и (или) быстродействующего тиристорного компенсатора реактивной мощности. Вариант выбирается в соответствии с технико-экономическим обоснованием.

**7.5.45.** На установках дуговых печей, где могут происходить эксплуатационные КЗ, рекомендуется принимать меры по ограничению вызываемых ими толчков тока. На таких установках толчки тока КЗ должны быть не выше 3,5-кратного значения номинального тока. При использовании реакторов для ограничения токов эксплуатационных КЗ рекомендуется предусматривать возможность их шунтирования при плавке, когда не требуется их постоянное включение.

**7.5.46.** Для печных трансформаторов (трансформаторных агрегатов) установок дуговых печей должны быть предусмотрены:

- 1) максимальная токовая защита без выдержки времени от двух- и трехфазных КЗ в обмотке и на выводах, отстроенная от токов эксплуатационных КЗ и бросков намагничивающего тока при включении установок;
- 2) газовая защита от повреждения внутри бака, сопровождающегося выделением газа, и от понижения уровня масла в баке;
- 3) защита от однофазных замыканий на землю в обмотке и на выводах печных трансформаторах, присоединенных к электрической сети с эффективно заземленной нейтралью;
- 4) защита от перегрузок для установок всех видов дуговых печей. Для установок дуговых сталеплавильных печей рекомендуется предусматривать защиту с зависимой от тока характеристикой выдержки времени. Защита должна действовать с разными выдержками времени на сигнал и отключение.

Характеристики и выдержки времени защиты, как правило, должны выбираться с учетом скорости подъема электродов при работе автоматического регулятора тока (мощности) дуговой печи, чтобы эксплуатационные КЗ своевременно устранялись поднятием электродов и отключение печного выключателя происходило лишь при отказе или несвоевременной работе с регулятора;

5) защита от повышения температуры масла в системе охлаждения печного трансформатора с использованием температурных датчиков с действием на сигнал при достижении максимально допустимой температуры и на отключение при ее превышении;

б) защита от нарушения циркуляции масла и воды в системе охлаждения печного трансформатора с действием на сигнал – для маслководяного охлаждения печного трансформатора с принудительной циркуляцией масла и воды.

**7.5.47.** Установки дуговых печей должны быть снабжены измерительными приборами для контроля активной и реактивной потребляемой электроэнергии, а также приборами для контроля за технологическим процессом.

Амперметры должны иметь соответствующие перегрузочные шкалы.

На установках дуговых печей сопротивления с однофазными печными трансформаторами, как правило, должны устанавливаться приборы для измерения фазных токов трансформаторов, а также для измерения и регистрации токов в электродах. На установках дуговых сталеплавильных печей рекомендуется устанавливать приборы, регистрирующие 30-минутный максимум нагрузки.

**7.5.48.** При расположении дуговых печей на рабочих площадках выше уровня пола цеха место под площадками может быть использовано для размещения другого оборудования печных установок (в том числе печных подстанций) или для размещения пультowego помещения (с надежной гидроизоляцией) без постоянного пребывания людей.

**7.5.49.** Для исключения возможности замыкания при перепуске электродов дуговых печей сопротивления помимо изоляционного покрытия на рабочей (перепускной) площадке (см. 7.5.40) следует предусматривать установку между электродами постоянных разделительных изолирующих щитов.

## УСТАНОВКИ ИНДУКЦИОННЫЕ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАГРЕВА

**7.5.50.** Оборудование установок индукционных и диэлектрического нагрева с трансформаторами, двигатель-генераторными, тиристорными и ионными преобразователями или ламповыми генераторами и конденсаторами устанавливается, как правило, в отдельных помещениях или, в обоснованных случаях, непосредственно в цехе в технологическом потоке производства категорий Г и Д по строительным нормам и правилам; строительные конструкции указанных отдельных помещений должны иметь пределы огнестойкости не ниже значений, приведенных в 7.5.22 для внутрицеховых печных (в том числе преобразовательных) подстанций при количестве масла в них менее 10 т.

**7.5.51.** Для улучшения использования трансформаторов и преобразователей в контурах индукторов должны устанавливаться конденсаторные батареи. Для облегчения настройки в резонанс конденсаторные батареи в установках со стабилизируемой частотой, как правило, следует разделять на две части - постоянно включенную и регулируемую.

**7.5.52.** Взаимное расположение элементов установок, как правило, должно обеспечивать наименьшую длину токопроводов резонансных контуров в целях уменьшения активного и индуктивного сопротивлений.

**7.5.53.** Для цепей повышено-средней частоты, как указано в 7.5.33, рекомендуется применять коаксиальные кабели и токопроводы. Применение кабелей со стальной броней и проводов в стальных трубах для цепей с повышено-средней частотой до 10 кГц допускается только при обязательном использовании жил одного кабеля или проводов в одной трубе для прямого и обратного направлений тока. Применение кабелей со стальной броней (за исключением специальных кабелей) и проводов в стальных трубах для цепей с частотой более 10 кГц не допускаются.

Кабели со стальной броней и провода в стальных трубах, применяемые в электрических цепях промышленной, повышено-средней или пониженной частоты, должны прокладываться так, чтобы броня и трубы не нагревались от внешнего электромагнитного поля.

**7.5.54.** Для защиты установок от повреждений при "проедании" тигля индукционных печей (любой частоты) и при нарушении изоляции сетей повышено-средней, высокой и сверхвысокой частоты относительно корпуса (земли) рекомендуется устройство электрической защиты с действием на сигнал или отключение.

**7.5.55.** Двигатель-генераторы установок частоты 8 кГц и более должны снабжаться ограничителями холостого хода, отключающими возбуждение генератора во время длительных пауз между рабочими циклами, когда останов двигателя-генераторов нецелесообразен.

Для улучшения загрузки по времени генераторов повышено-средней и высокой частоты рекомендуется применять режим "ожидания" там, где это допускается по условиям технологии.

**7.5.56.** Установки индукционные и диэлектрического нагрева высокой частоты должны иметь экранирующие устройства для ограничения уровня напряженности электромагнитного поля на рабочих местах до значений, определяемых действующими санитарными правилами.

**7.5.57.** В сушильных камерах диэлектрического нагрева (высокочастотных сушильных установок) с применением вертикальных сетчатых электродов сетки с обеих сторон проходов должны быть заземлены.

**7.5.58.** Двери блоков установок индукционных и диэлектрического нагрева высокой частоты должны быть снабжены блокировкой, при которой открывание двери возможно лишь при отключении напряжения всех силовых цепей.



**7.5.59.** Ширина рабочих мест у щитов управления должна быть не менее 1,2 м, а у нагревательных устройств плавильных печей, нагревательных индукторов (при индукционном нагреве) и рабочих конденсаторов (при диэлектрическом нагреве) - не менее 0,8 м.

**7.5.60.** Двигатель-генераторные преобразователи частоты, работающие с уровнем шума выше 80 дБ, должны быть установлены в электромашиных помещениях, которые обеспечивают снижение шума до уровней, допускаемых действующими санитарными нормами.

Для уменьшения вибрации двигатель-генераторов следует применять виброгасящие устройства, обеспечивающие выполнение требования санитарных норм к уровню вибрации.

## УСТАНОВКИ ПЕЧЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРЯМОГО И КОСВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

**7.5.61.** Печные понижающие и регулировочные сухие трансформаторы (автотрансформаторы), а также трансформаторы с негорючей жидкостью и панели управления (если на них нет приборов, чувствительных к электромагнитным полям) допускается устанавливать непосредственно на конструкциях самих печей сопротивления или в непосредственной близости от них.

Установки электротермических устройств сопротивления прямого действия следует присоединять к электрической сети через понижающие трансформаторы; автотрансформаторы могут использоваться в них только в качестве регулировочных, применение их в качестве понижающих не допускается.

**7.5.62.** Ширина проходов вокруг электропечей и расстояния между электропечами, а также от них до щитов и шкафов управления выбираются в зависимости от технологических особенностей установок. Допускается устанавливать две электропечи рядом без прохода между ними, если по условиям эксплуатации в нем нет необходимости.

**7.5.63.** Электрические аппараты силовых цепей и пирометрические приборы рекомендуется устанавливать на отдельных щитах. На приборы не должны воздействовать вибрации и удары при работе коммутационных аппаратов.

При установке электропечей в производственных помещениях, где имеют место вибрации или толчки, пирометрические и другие измерительные приборы должны монтироваться на специальных амортизаторах или панели щитов с такими приборами должны быть внесены в отдельные щитовые помещения (помещения КИПиА).

Панели щитов КИПиА установок печей сопротивления рекомендуется располагать в отдельных помещениях также в тех случаях, когда производственные помещения пыльные, влажные или сырые (см. гл. 1.1).

Не допускается установка панелей щитов с пирометрическими приборами (в частности, с электронными потенциометрами) в местах, где они могут подвергаться резким изменениям температуры (например, около въездных ворот цеха).

**7.5.64.** Совместная прокладка в одной трубе проводов пирометрических цепей и проводов контрольных или силовых цепей, а также объединение указанных цепей в одном контрольном кабеле не допускаются.

**7.5.65.** Провода пирометрических цепей рекомендуется присоединять к приборам непосредственно, не заводя их на сборки зажимов щитов управления.

Компенсационные провода пирометрических цепей от термопар к электрическим приборам (в том числе к милливольтметрам) должны быть экранированы от индукционных наводок и экраны заземлены, а экранирующее устройство по всей длине надежно соединено в стыках.

**7.5.66.** Оконцевание проводов и кабелей, присоединяемых непосредственно к нагревателям электропечей, следует выполнять опрессовкой наконечников, зажимными контактными соединениями, сваркой или пайкой твердым припоем.

**7.5.67.** В установках печей сопротивления мощностью 100 кВт и более рекомендуется устанавливать по одному амперметру на каждую зону нагрева. Для печей с керамическими нагревателями, как правило, следует устанавливать амперметры на каждую фазу.

**7.5.68.** Для установок печей сопротивления мощностью 100 кВт и более следует предусматривать установку счетчиков активной энергии (по одному на печь).

**7.5.69.** В установках печей сопротивления косвенного действия с ручной загрузкой в рабочее пространство материала (изделий) должны использоваться электропечи, конструкция которых исключает возможность случайного прикосновения обслуживающего персонала к токоведущим частям, находящимся под напряжением выше 50 В.

Если в указанных печах вероятность такого прикосновения не исключена, то следует или блокировать загрузочные дверцы (крышки), чтобы исключить их открытие до снятия напряжения, или принимать другие меры, гарантирующие электробезопасность.

**7.5.70.** В установках прямого нагрева, работающих при напряжении выше 50 В переменного тока или выше 110 В постоянного тока, рабочая площадка, на которой находятся оборудование установки и обслуживающий персонал, должна быть изолирована от земли. Для установок непрерывного действия, где под напряжением находятся сматывающие и наматывающие устройства, по границам изолированной

от земли рабочей площадки должны быть поставлены защитные сетки или стенки, исключающие возможность выброса разматываемой ленты или проволоки за пределы площадки.  
Кроме того, такие установки должны снабжаться устройством контроля изоляции с действием на сигнал.  
**7.5.71.** При применении в установках прямого нагрева жидкостных контактов, выделяющих токсичные или резкопахнущие пары или возгоны, должны быть обеспечены герметичность контактных узлов и надежное улавливание паров и возгонов.  
**7.5.72.** Ток утечки в установках прямого нагрева должен составлять не более 0,2% номинального тока установки.

## ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ УСТАНОВКИ

**7.5.73.** Преобразовательные агрегаты электронно-лучевых установок, присоединяемые к питающей электрической сети напряжением до 1 кВ, должны иметь защиту от пробоев изоляции цепей низшего напряжения и электрической сети, вызванных наведенными зарядами в первичных обмотках повышающих трансформаторов, а также защиту от КЗ во вторичной обмотке.  
**7.5.74.** Электронно-лучевые установки должны иметь защиту от жесткого и мягкого рентгеновского излучения, обеспечивающую полную радиационную безопасность, при которой уровень излучения на рабочих местах не должен превышать значений, допускаемых действующими нормативными документами для лиц, не работающих с источниками ионизирующих излучений.  
Для защиты от коммутационных перенапряжений преобразовательные агрегаты должны оборудоваться разрядниками, устанавливаемыми на стороне высшего напряжения.

## ИОННЫЕ И ЛАЗЕРНЫЕ УСТАНОВКИ

**7.5.75.** Ионные и лазерные установки должны компоноваться, а входящие в их состав блоки размещаться с учетом мер, обеспечивающих помехоустойчивость управляющих и измерительных цепей этих установок от электромагнитного воздействия, вызываемого флуктуацией газового разряда, обуславливающей характер изменения нагрузки источника питания.

**УТВЕРЖДЕНО**  
Министерством энергетики  
Российской Федерации

Приказ от 8 июля 2002 г. № 204

*Вводится в действие  
с 1 января 2003 г.*

## Глава 7.6. ЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫЕ УСТАНОВКИ

### ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

**7.6.1.** Настоящая глава Правил распространяется на оборудуемые и используемые в закрытых помещениях или на открытом воздухе стационарные, переносные и передвижные электросварочные установки (ЭСУ), предназначенные для выполнения электротехнологических процессов сварки, наплавки, напыления, резки плавлением (разделительной и поверхностной) и сварки с применением давления, в том числе:  
дуговой и плазменной сварки, наплавки, переплава, напыления, резки;  
электрошлаковой сварки, электрошлакового и плазменно-дугового переплава;  
индукционной сварки и наплавки;  
электронно-лучевой сварки;  
лазерной сварки и резки;  
сварки контактным разогревом;  
контактной или диффузионной сварки;

дугоконтактной сварки (с разогревом до пластического состояния торцов свариваемого изделия возбужденной дугой, вращающейся в магнитном поле, с последующим контактным соединением их давлением).

Требования настоящей главы относятся к электросварочным установкам при использовании в них плавящихся или неплавящихся электродов, при обработке (соединении, резке и др.) металлических или неметаллических материалов в воздушной среде или среде газа (аргона, гелия, углекислого газа, азота и др.) при давлениях атмосферном, повышенном или пониженном (в том числе в вакууме), а также под водой или под слоем флюса.

**7.6.2.** Электросварочные установки должны удовлетворять требованиям разд. 1-6, гл. 7.3-7.5 Правил в той мере, в какой они не изменены настоящей главой.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**7.6.3.** Электросварочная установка - комплекс функционально связанных элементов соответствующего электросварочного и общего назначения электротехнического, а также механического и другого оборудования, средств автоматики и КИП, обеспечивающих осуществление необходимого технологического процесса.

Состав элементов электросварочных установок зависит от их назначения, конструктивного исполнения оборудования, степени механизации и автоматизации.

В состав электросварочных установок в зависимости от перечисленных условий входят кабельные линии, электропроводки и токопроводы внешних соединений между элементами установки, а также в пределах установки трубопроводы систем водоохлаждения и гидравлического привода, линий сжатого воздуха, азота, аргона, гелия, углекислого газа и других газов, а также вакуума.

**7.6.4.** Источник сварочного тока – специальное электротехническое устройство, способное обеспечить подачу электрической энергии с соответствующими параметрами для преобразования ее в необходимое количество теплоты в зоне плавления или нагрева металла (или неметаллического материала) до пластического состояния для проведения указанных в 7.6.1 процессов.

**7.6.5.** Сварочная цепь – предназначенная для прохождения сварочного тока часть электрической цепи электросварочной установки от выводов<sup>1</sup> источника сварочного тока до свариваемой детали (изделия).

<sup>1</sup> Вывод – термин по ГОСТ 18311-80.

**7.6.6.** Сварочный пост электросварочной установки - рабочее место сварщика, оснащенное комплексом средств (оборудованием, приборами и пр.) для выполнения электротехнологических процессов сварки, наплавления, напыления, резки.

**7.6.7.** Однопостовый или многопостовый источник сварочного тока - источники сварочного тока, питающие соответственно один или несколько сварочных постов.

**7.6.8.** Автономные электросварочные установки – установки с источниками сварочного тока, снабженными двигателями внутреннего сгорания, в отличие от электросварочных установок, питающихся от электрических сетей, в том числе присоединяемых к передвижным электростанциям.

**7.6.9.** Электросварочные установки по степени механизации технологических операций разделяются на установки, на которых эти операции выполняются вручную, полуавтоматические (когда автоматически поддерживается электрический режим сварки, а остальные операции выполняются вручную) и автоматические.

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

**7.6.10.** Типоисполнение, степень защиты и состав оборудования (элементов) электросварочных установок должны выбираться с учетом технологии и вида сварки, параметров свариваемых деталей (заготовок) и сварочных швов, с учетом конкретных условий внешней среды при выполнении сварочных работ (внутри закрытых помещений или на открытом воздухе, в замкнутых и труднодоступных пространствах).

**7.6.11.** Электроприемники основного оборудования и вспомогательных механизмов электросварочных установок в отношении обеспечения надежности электроснабжения, как правило, следует относить к электроприемникам III или II категории (см. гл. 1.2).

К III категории следует относить электроприемники всех передвижных и переносных электросварочных установок, стационарных электросварочных установок, перечисленных в 7.5.8, цехов и участков, а также других цехов и участков, если перерыв в электроснабжении используемого в них электросварочного оборудования не приводит к массовому недоотпуску продукции, простоям рабочих и механизмов.

**7.6.12.** Электрическая нагрузка электросварочных установок не должна снижать ниже нормируемых действующим стандартом значений показателей качества электроэнергии у электроприемников, присоединенных к сетям общего назначения.

При необходимости должны приниматься меры для уменьшения воздействия электросварочных установок на электрическую сеть.

**7.6.13.** Конструкция и расположение оборудования электросварочных установок, ограждений и блокировок должны исключать возможность его механического повреждения, а также случайных прикосновений к вращающимся или находящимся под напряжением частям. Исключение допускается для электрододержателей установок ручной дуговой сварки, резки и наплавки, а также для мундштуков, горелок для дуговой сварки, сопел плазмотрона, электродов контактных машин и других деталей, находящихся под напряжением, при котором ведутся сварка, напыление, резка и т. п.

**7.6.14.** Размещение оборудования электросварочных установок, его узлов и механизмов, а также органов управления должно обеспечивать свободный, удобный и безопасный доступ к ним. Кроме того, расположение органов управления должно обеспечивать возможность быстрого отключения оборудования и остановки всех его механизмов.

Для электросварочных установок, оборудование которых требует оперативного обслуживания на высоте 2 м и более, должны быть выполнены рабочие площадки, огражденные перилами, с постоянными лестницами. Площадки, ограждения и лестницы должны быть выполнены из несгораемых материалов. Настил рабочей площадки должен иметь покрытие из диэлектрического материала, не распространяющего горение.

**7.6.15.** Устройства управления электросварочными установками рекомендуется оборудовать ограждениями, исключающими случайное их включение или отключение.

**7.6.16.** В качестве источников сварочного тока должны применяться только специально для этого предназначенные и удовлетворяющие требованиям действующих стандартов сварочные трансформаторы или преобразователи статические или двигатель-генераторные с электродвигателями или двигателями внутреннего сгорания. Питание сварочной дуги электрошлаковой ванны и сопротивления контактной сварки непосредственно от силовой, осветительной или контактной электрической сети не допускается.

**7.6.17.** Схема включения нескольких источников сварочного тока при работе их на одну сварочную дугу, электрошлаковую ванну или сопротивление контактной сварки должна исключать возможность возникновения между изделием и электродом напряжения, превышающего наибольшее напряжение холостого хода одного из источников сварочного тока.

**7.6.18.** Электрическая нагрузка нескольких однофазных источников сварочного тока должна по возможности равномерно распределяться между фазами трехфазной сети.

**7.6.19.** Однофазной источник сварочного тока, как правило, должен располагаться на расстоянии не далее 15 м от сварочного поста.

**7.6.20.** Первичная цепь электросварочной установки должна содержать коммутационный (отключающий) и защитный электрические аппараты (аппарат), ее номинальное напряжение должно быть не выше 660 В.

Сварочные цепи не должны иметь соединений с электрическими цепями, присоединяемыми к сети (в том числе с электрическими цепями, питаемыми от сети обмоток возбуждения генераторов преобразователей).

**7.6.21.** Электросварочные установки с многопостовым источником сварочного тока должны иметь устройство (автоматический выключатель, предохранители) для защиты источника от перегрузки, а также коммутационный и защитный электрические аппараты (аппарат) на каждой линии, отходящей к сварочному посту. Эти линии следует выполнять радиальными; применение в установках с многопостовыми сварочными выпрямителями магистральных схем допускается только при технико-экономическом обосновании.

**7.6.22.** Для определения значения сварочного тока электросварочная установка должна иметь измерительный прибор. На электросварочных установках с однопостовым источником сварочного тока может не иметь измерительного прибора при наличии в источнике сварочного тока шкалы на регуляторе тока.

**7.6.23.** Переносные и передвижные электросварочные установки (кроме автономных) следует присоединять к электрическим сетям непосредственно кабелем или кабелем через троллеи. Длина троллейных проводников не нормируется, их сечение должно быть выбрано с учетом мощности источника сварочного тока.

**7.6.24.** Присоединение переносной или передвижной электросварочной установки непосредственно к стационарной электрической сети должно осуществляться с использованием коммутационного и защитного аппаратов (аппарата) с разборными или разъемными контактными соединениями.

Обязательно наличие блокировки, исключающей возможность размыкания и замыкания этих соединений, присоединения (отсоединения) жил кабельной линии (проводов) при включенном положении коммутационного аппарата.

**7.6.25.** Кабельная линия первичной цепи переносной (передвижной) электросварочной установки от коммутационного аппарата до источника сварочного тока должна выполняться переносным гибким

шланговым кабелем с алюминиевыми или медными жилами, с изоляцией и в оболочке (шланге) из нераспространяющей горение резины или пластмассы. Источник сварочного тока должен располагаться на таком расстоянии от коммутационного аппарата, при котором длина соединяющего их гибкого кабеля не превышает 15 м.

**7.6.26.** Сварочные автоматы или полуавтоматы с дистанционным регулированием режима работы источника сварочного тока рекомендуется оборудовать двумя комплектами органов управления регулирующими устройствами (рукояток, кнопок и т. п.), устанавливаемых один - у источника сварочного тока и второй на пульте или щите управления сварочным автоматом или полуавтоматом. Для выбора вида управления регулятором (местного или дистанционного) должен быть установлен переключатель, обеспечивающий блокирование<sup>1</sup>, исключающее ошибочное включение. Допускается не предусматривать возможности выполнения блокирования, а использовать механический замок со специальными ключами.

**7.6.27.** Шкафы комплектных устройств и корпуса сварочного оборудования (машин), имеющие неизолированные токоведущие части, находящиеся под напряжением выше 50 В переменного или выше 110 В постоянного тока, должны быть оснащены блокировкой<sup>2</sup>, обеспечивающей при открывании дверей (дверец) отключение от электрической сети устройств, находящихся внутри шкафа (корпуса). При этом вводы (выводы), остающиеся под напряжением, должны быть защищены от случайных прикосновений. Допускается взамен блокировки применение замков со специальными ключами, если при работе не требуется открывать двери (дверцы).

<sup>1</sup> Блокирование – термин по ГОСТ 18311-80.

<sup>2</sup> Блокировка – термин по ГОСТ 18311-80.

**7.6.28.** В электросварочных установках кроме защитного заземления открытых проводящих частей и подключения к системе уравнивания потенциалов сторонних проводящих частей (согласно требованиям гл. 1.7) должно быть предусмотрено заземление одного из выводов вторичной цепи источников сварочного тока: сварочных трансформаторов, статических преобразователей и тех двигатель-генераторных преобразователей, у которых обмотки возбуждения генераторов присоединяются к электрической сети без разделительных трансформаторов (см. также 7.6.30).

В электросварочных установках, в которых дуга горит между электродом и электропроводящим изделием, следует заземлять вывод вторичной цепи источника сварочного тока, соединяемый проводником (обратным проводом) с изделием.

**7.6.29.** Сварочное электрооборудование для присоединения защитного *РЕ*-проводника должно иметь болт (винт, шпильку) с контактной площадкой, расположенной в доступном месте, с надписью "Земля"(или с условным знаком заземления по ГОСТ 2.721-74\*). Диаметры болта и контактной площадки должны быть не менее нормируемых ГОСТ 12.2.007.0-75.

Втычные контактные соединители проводов для включения в электрическую цепь напряжением выше 50 В переменного тока и выше 110 В постоянного тока переносных пультов управления сварочных автоматов или полуавтоматов должны иметь защитные контакты.

**7.6.30.** Электросварочные установки, в которых по условиям электротехнологического процесса не может быть выполнено заземление согласно 7.6.28, а также переносные и передвижные электросварочные установки, заземление оборудования которых представляет значительные трудности, должны быть снабжены устройствами защитного отключения или непрерывного контроля изоляции.

**7.6.31.** Конденсаторы, используемые в электросварочных установках в целях накопления энергии для сварочных импульсов, должны иметь устройство для автоматической разрядки при снятии защитного кожуха или при открывании дверей шкафов, в которых установлены конденсаторы.

**7.6.32.** При водяном охлаждении элементов электросварочных установок должна быть предусмотрена возможность контроля за состоянием охлаждающей системы с помощью воронок для стока воды или струйных реле. В системах водяного охлаждения автоматов (полуавтоматов) рекомендуется использовать реле давления, струйные или температуры (два последних применяются на выходе воды из охлаждающих устройств) с работой их на сигнал. Если прекращение протока или перегрев охлаждающей воды могут привести к аварийному повреждению оборудования, должно быть обеспечено автоматическое отключение установки.

В системах водяного охлаждения, в которых возможен перенос по трубопроводам потенциала, опасного для обслуживающего персонала, должны быть предусмотрены изолирующие шланги (длину шлангов выбирают согласно 7.5.39).

Разъемные соединения и шланги системы водяного охлаждения рекомендуется располагать таким образом, чтобы исключить возможность попадания струи воды на электрооборудование (источник сварочного тока или др.) при снятии или повреждении шлангов.

Качество воды, используемой в системе водяного охлаждения, должно соответствовать требованиям, приведенным в табл. 7.5.13, если в стандартах или технических условиях на соответствующее оборудование не приведены другие нормативные значения.

## ТРЕБОВАНИЯ К ПОМЕЩЕНИЯМ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫХ УСТАНОВОК И СВАРОЧНЫХ ПОСТОВ

**7.6.33.** Помещения и здания сборочно-сварочных цехов и участков с размещенными в них электросварочными установками и сварочными постами, а также вентиляционные устройства должны отвечать требованиям действующих нормативных документов.

**7.6.34.** Для электросварочных установок и сварочных постов, предназначенных для постоянных электросварочных работ в зданиях вне сварочно-сборочных цехов и участков, должны быть предусмотрены специальные вентилируемые помещения, выгороженные противопожарными перегородками 1-го типа, если они расположены смежно с помещениями категорий А, Б и В по взрывопожарной опасности, и 2-го типа в остальных случаях. Площадь и объем таких помещений и системы их вентиляции должны соответствовать требованиям действующих санитарных правил и СНиП с учетом габаритов сварочного оборудования и свариваемых изделий.

**7.6.35.** Сварочные посты допускается располагать во взрыво- и пожароопасных зонах только в период производства временных электросварочных работ, выполняемых с соблюдением требований, изложенных в типовой инструкции по организации безопасного ведения огневых работ на взрыво- и взрывопожароопасных объектах, утвержденной Госгортехнадзором России.

**7.6.36.** В помещениях для электросварочных установок должны быть предусмотрены проходы не менее 0,8 м, обеспечивающие удобство и безопасность производства сварочных работ и доставки изделий к месту сварки и обратно.

**7.6.37.** Площадь отдельного помещения для электросварочных установок должна быть не менее 10 м<sup>2</sup>, причем площадь, свободная от оборудования и материалов, должна составлять не менее 3 м<sup>2</sup> на каждый сварочный пост.

**7.6.38.** Сварочные посты для систематического выполнения ручной дуговой сварки или сварки в среде защитных газов изделий малых и средних габаритов непосредственно в производственных цехах в непожароопасных и невзрывоопасных зонах должны быть размещены в специальных кабинах со стенками из несгораемого материала.

Глубина кабины должна быть не менее двойной длины, а ширина - не менее полуторной длины свариваемых изделий, однако площадь кабины должна быть не менее 2х1,5 м. При установке источника сварочного тока в кабине ее размеры должны быть соответственно увеличены. Высота стенок кабины должна быть не менее 2 м, зазор между стенками и полом - 50 мм, а при сварке в среде защитных газов - 300 мм. В случае движения над кабиной мостового крана, ее верх должен быть закрыт сеткой с ячейками не более 50х50 мм.

**7.6.39.** Выполнение работ на сварочных постах при несистематической ручной дуговой сварке, сварке под флюсом и электрошлаковой сварке допускается непосредственно в пожароопасных помещениях при условии ограждения места работы щитами или занавесами из негорючих материалов высотой не менее 1,8 м.

**7.6.40.** Электросварочные установки при систематической сварке на них изделий массой более 20 кг должны быть оборудованы соответствующими подъемно-транспортными устройствами для облегчения установки и транспортировки свариваемых изделий.

**7.6.41.** Естественное и искусственное освещение электросварочных установок сборочно-сварочных цехов, участков, мастерских, отдельных сварочных постов (сварочных кабин) и мест сварки должно удовлетворять требованиям СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования".

**7.6.42.** При ручной сварке толстообмазанными электродами, электрошлаковой сварке, сварке под флюсом и автоматической сварке открытой дугой должен быть предусмотрен отсос газов непосредственно из зоны сварки.

**7.6.43.** На сварочных постах при сварке открытой дугой и под флюсом внутри резервуаров, закрытых полостей и конструкций должно обеспечиваться вентилирование в соответствии с характером выполняемых работ. При невозможности необходимого вентилирования следует предусматривать принудительную подачу чистого воздуха под маску сварщика в количестве 6-8 м<sup>3</sup>/ч.

**7.6.44.** Над переносными и передвижными электросварочными установками, находящимися на открытом воздухе, должны быть сооружены навесы из несгораемых материалов для защиты рабочего места сварщика и электросварочного оборудования от атмосферных осадков.

Навесы допускается не сооружать, если электрооборудование электросварочной установки имеет оболочки со степенью защиты, соответствующей условиям работы в наружных установках, и во время дождя и снегопада электросварочные работы будут прекращаться.

## УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВАРКИ (РЕЗКИ, НАПЛАВКИ) ПЛАВЛЕНИЕМ

**7.6.45.** Проходы между однопостовыми источниками сварочного тока - преобразователями (статическими и двигатель-генераторными) установок сварки (резки, наплавки) плавлением - должны быть шириной не менее 0,8 м, между многопостовыми - не менее 1,5 м, расстояние от одно- и многопостовых источников сварочного тока до стены должно быть не менее 0,5 м.

Проходы между группами сварочных трансформаторов должны быть шириной не менее 1 м. Расстояние между сварочными трансформаторами, стоящими рядом в одной группе, должно быть не менее 0,1 м. Регулятор сварочного тока (если он выполнен в отдельной оболочке) следует устанавливать рядом со сварочным трансформатором или над ним. Установка сварочного трансформатора над регулятором тока не допускается.

**7.6.46.** Проходы с каждой стороны стеллажа для выполнения ручных сварочных работ на крупных деталях или конструкциях должны быть шириной не менее 1 м. Столы для мелких сварочных работ могут примыкать с одной стороны непосредственно к стене кабины; с других сторон должны быть проходы шириной не менее 1 м. Кроме того, в сварочной мастерской (на участке) должны быть предусмотрены проходы, ширина которых устанавливается в зависимости от числа работающих, но не менее 1 м.

**7.6.47.** Проходы с каждой стороны установки автоматической дуговой сварки под флюсом крупных изделий, а также установок дуговой сварки в защитном газе, плазменной, электронно-лучевой и лазерной сварки должны быть шириной не менее 1,5 м.

**7.6.48.** Для подвода тока от источника сварочного тока к электрододержателю установки ручной дуговой сварки (резки, наплавки) или к дуговой плазменной горелке прямого действия установки плазменной резки (сварки) должен применяться гибкий провод с резиновой изоляцией и в резиновой оболочке. Применение проводов с изоляцией или в оболочке из материалов, распространяющих горение, не допускается.

**7.6.49.** Электрические проводки установок и аппаратов, предназначенных для дуговой сварки ответственных конструкций: судовых секций, несущих конструкций зданий, мостов, летательных аппаратов, подвижного состава железных дорог и других средств передвижения, сосудов, котлов и трубопроводов на давление более 5 МПа, трубопроводов для токсичных веществ и т.п., должны быть выполнены проводами с медными жилами.

**7.6.50.** В качестве обратного провода, соединяющего свариваемое изделие с источником сварочного тока в указанных в 7.6.48 установках стационарного использования, могут служить гибкие и жесткие провода, а также, где это возможно, стальные или алюминиевые шины любого профиля достаточного сечения, сварочные плиты, стеллажи и свариваемая конструкция (см. также 7.6.51 и 7.6.52).

В электросварочных установках с переносными и передвижными сварочными трансформаторами обратный провод должен быть изолированным так же, как и прямой, присоединяемый к электрододержателю.

Элементы, используемые в качестве обратного провода, должно надежно соединяться сваркой или с помощью болтов, струбцин либо зажимов.

**7.6.51.** В установках для автоматической дуговой сварки в случае необходимости (например, при сварке круговых швов) допускается соединение обратного провода со свариваемым изделием при помощи скользящего контакта соответствующей конструкции.

**7.6.52.** В качестве обратного провода не допускается использование металлических строительных конструкций зданий, трубопроводов и технологического оборудования, а также проводников сети заземления.

**7.6.53.** Электрододержатели для ручной дуговой сварки и резки металлическим и угольным электродами должны удовлетворять требованиям действующих стандартов.

**7.6.54.** Напряжение холостого хода источника сварочного тока установок дуговой сварки при номинальном напряжении питающей электрической сети не должно превышать для источников постоянного тока 100 В (среднее значение) и для источников переменного (действующее значение): 80 В – для установок автоматической дуговой сварки на номинальный сварочный ток 630 А; 120 В – для установок автоматической дуговой сварки на номинальный сварочный ток 1600 А; 140 В – для установок автоматической дуговой сварки на номинальный сварочный ток 2000 А.

В цепи сварочного тока допускаются кратковременные пики напряжения при обрыве дуги длительностью не более 0,5 с.

**7.6.55.** Для возбуждения дуги в установках дуговой сварки (резки) без предварительного замыкания сварочной цепи между электродом и свариваемым изделием и повышения стабильности горения дуги допускается применение преобразователей повышенной частоты (осцилляторов).

Для повышения устойчивости горения дуги переменного тока допускается применение в установках дуговой сварки (резки) импульсных генераторов, резко поднимающих напряжение между электродом и свариваемым изделием в момент повторного возбуждения дуги. Импульсный генератор не должен увеличивать напряжение холостого хода сварочного трансформатора более чем на 1 В (действующее значение).

**7.6.56.** Номинальное напряжение электродвигателей и электротехнических устройств, расположенных на переносных частях электросварочных автоматов и полуавтоматов должно быть не выше 50 В

переменного или 110 В постоянного тока. Электродвигатели и электротехнические устройства переменного тока должны подключаться к питающей сети через понижающий трансформатор с заземленной вторичной обмоткой или через разделительный трансформатор, являющийся частью сварочного устройства. Корпуса электродвигателей и электротехнических устройств при этом допускается не заземлять. Электродвигатели и электротехнические устройства, расположенные на частях стационарных и передвижных электросварочных автоматов, смонтированных на стационарных установках, допускается питать от сети 220 и 380 В переменного тока или от сети 220 и 440 В постоянного тока при обязательном заземлении их корпусов, которые должны быть электрически изолированы от частей, гальванически связанных со сварочной цепью.

**7.6.57.** Напряжение холостого хода источников сварочного тока установок плазменной обработки при номинальном напряжении сети должно быть не выше:

500 В - для установок автоматической резки, напыления и плазменно-механической обработки;

300 В - для установок полуавтоматической резки или напыления;

180 В - для установок ручной резки, сварки или наплавки;

**7.6.58.** Установки для автоматической плазменной резки должны иметь блокировку, исключающую шунтирование замыкающих контактов в цепи питания катушки коммутационного аппарата без электрической дуги.

**7.6.59.** Управление процессом механизированной плазменной резки должно быть дистанционным. Напряжение холостого хода на дуговую головку до появления "дежурной" дуги должно подаваться включением коммутационного аппарата при нажатии кнопки "Пуск", не имеющей самоблокировки. Кнопка "Пуск" должна блокироваться автоматически после возбуждения "дежурной" дуги.

**7.6.60.** Источники питания сварочным током электронных пушек установок электронно-лучевой сварки должны иметь разрядник, установленный между выводом положительного полюса выпрямителя и его заземленным корпусом. Кроме того, для предотвращения пробоев изоляции цепей низшего напряжения установки и изоляции в питающей электрической сети, к которой установка присоединяется, вызванных наведенными зарядами в первичных обмотках повышающих трансформаторов, между выводами первичной обмотки и землей должны включаться конденсаторы или приниматься другие меры защиты.

**7.6.61.** Сварочные электронно-лучевые установки должны иметь защиту от жесткого и мягкого рентгеновского излучения, обеспечивающую их полную радиационную безопасность, при которой уровень излучения на рабочих местах должен быть не выше допустимого действующими нормативами для лиц, не работающих с источниками ионизирующих излучений.

## УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВАРКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАВЛЕНИЯ

**7.6.62.** Ширина проходов между машинами точечной, роликовой (линейной) и рельфной сварки при их расположении напротив друг друга должна быть не менее 2 м, а между машинами стыковой сварки - не менее 3 м. При расположении машин тыльными сторонами друг к другу ширина прохода должна быть не менее 1 м, при расположении передними и тыльными сторонами - не менее 1,5 м.

**7.6.63.** Машины контактной сварки методом оплавления должны быть оборудованы ограждающими устройствами (предохраняющими обслуживающий персонал от выплесков металла и искр и позволяющими безопасно вести наблюдение за процессом сварки), а также устройствами для интенсивной местной вытяжной вентиляции.

**7.6.64.** Для подвода сварочного тока к специальным передвижным или подвесным машинам контактной сварки, используемым для сварки громоздких конструкций в труднодоступных местах, должен применяться гибкий шланговый кабель (провод) с изоляцией и оболочкой из нераспространяющего горение материала с воздушным, а в обоснованных случаях – с водяным охлаждением.

**7.6.65.** Напряжение холостого хода вторичной обмотки сварочного трансформатора машины контактной сварки при номинальном напряжении сети должно быть не выше 50 В.

**7.6.66.** Подвесные машины точечной и роликовой сварки со встроенными сварочными трансформаторами должны присоединяться к сети через разделяющий трансформатор и иметь блокировку, допускающую включение силовой цепи только при заземленном корпусе машины. Допускается непосредственное подключение сварочного трансформатора (без разделяющего трансформатора) к сети напряжением не более 380 В, при этом первичная цепь встроенного трансформатора должна иметь двойную (усиленную) изоляцию или же машина должна быть оборудована устройством защитного отключения.

**7.6.67.** В подвесных машинах точечной и роликовой сварки напряжение цепей управления, расположенных непосредственно на сварочных клещах, должно быть не выше 50 В для цепей переменного или 110 В для цепей постоянного тока.

Как исключение допускается напряжение указанных цепей до 220 В переменного или постоянного тока при наличии двойной изоляции цепей управления, а также элементов заземления или устройства защитного отключения.



Подвод тока в таких машинах к сварочным клещам рекомендуется выполнять проводом с водяным охлаждением.

## **Глава 7.7. ТОРФЯНЫЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ**

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

**7.7.1.** Настоящая глава Правил распространяется на вновь сооружаемые, реконструируемые и ежегодно сдаваемые в эксплуатацию торфяные электроустановки до 10 кВ.

Электрооборудование торфяных электроустановок кроме требований настоящей главы должно отвечать требованиям разд. 1-6 в той мере, в какой они не изменены настоящей главой.

**7.7.2.** Под торфяными электроустановками в настоящих Правилах понимаются подстанции (стационарные и передвижные), воздушные и кабельные линии электропередачи и присоединенная к ним электрическая часть электрифицированных машин для подготовки торфяных месторождений, добычи, сушки, уборки и погрузки торфа.

**7.7.3.** Территорией торфяного предприятия считается территория, закрепленная за предприятием, в границах его перспективного развития.

Территория торфяного предприятия, за исключением рабочих поселков, деревень и железнодорожных станций, относится к ненаселенной местности.

### **ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ**

**7.7.4.** Электрические сети торфяных электроустановок до 1 кВ и выше должны иметь изолированную нейтраль. Допускается заземление нулевых точек в цепях измерения, сигнализации и защиты напряжением до 1 кВ.

Распределительные сети, к которым присоединены электроприемники полевых гаражей, железнодорожных станций и разъездов, насосных станций, а также электроприемники, не относящиеся к торфяным электроустановкам, но расположенные на территории торфяных предприятий (электроприемники поселков, мастерских, заводов по торфопереработке, перегрузочных станций), как правило, следует выполнять трехфазными четырехпроводными с глухозаземленной нейтралью напряжением 380/220 В.

**7.7.5.** Присоединение постороннего потребителя к электрическим сетям торфяных электроустановок выше 1 кВ с изолированной нейтралью допускается лишь в виде исключения по согласованию с руководством торфяного предприятия и при условии, что суммарный емкостный ток присоединения, включая ответвление к электроустановке потребителя, составляет не более 0,5 А.

**7.7.6.** Электроприемники торфяных электроустановок в отношении надежности электроснабжения следует относить ко II категории (см. гл. 1.2).

### **ЗАЩИТА**

**7.7.7.** На подстанциях, от которых в числе других потребителей получают питание передвижные торфяные электроустановки выше 1 кВ, на каждой отходящей линии должна быть установлена селективная защита, отключающая линию при возникновении на ней однофазного замыкания на землю. Должна быть выполнена вторая ступень защиты, действующая при отказе селективной защиты линии. В качестве второй ступени должна применяться защита от повышения напряжения нулевой последовательности, действующая с выдержкой времени 0,5-0,7 с на отключение секции или системы шин, трансформатора, подстанции в целом.

**7.7.8.** Торфяные электроустановки до 1 кВ, получающие питание от трансформатора с изолированной нейтралью, должны иметь защиту от замыкания на землю с мгновенным отключением установки в случае однофазного замыкания на землю.

### **ПОДСТАНЦИИ**

**7.7.9.** Стационарные трансформаторные подстанции (в том числе столбовые), применяемые на участках добычи торфа, должны состоять из комплектных блоков, допускающих многократный монтаж и

демонтаж. Эти подстанции должны иметь исполнение для наружной установки. Аппаратуру до 1 кВ следует устанавливать в металлических шкафах.

**7.7.10.** Территория стационарной трансформаторной подстанции (в том числе столбовой) должна быть ограждена забором высотой 1,8-2,0 м. Ограждение может быть выполнено из колючей проволоки. Ворота ограждения должны быть снабжены замком. На них должен быть повешен предупреждающий плакат.

**7.7.11.** Передвижные трансформаторные подстанции и подстанции, устанавливаемые на передвижных машинах, должны выполняться по специальным техническим условиям.

## ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

**7.7.12.** ВЛ торфяных электроустановок допускается сооружать на торфяной залежи и в выработанных карьерах.

**7.7.13.** Для опор ВЛ со сроком службы до 5 лет допускается применение непропитанного леса хвойных пород. Диаметр опор ВЛ в верхнем отрубе должен быть не менее 14 см.

**7.7.14.** Выбор сечений проводов ВЛ до 10 кВ следует производить по допустимому длительному току и допустимой потере напряжения.

Расчетное значение потери напряжения в линии с учетом питающего кабеля при нормальном режиме работы для наиболее удаленного электроприемника допускается до 10% номинального напряжения трансформаторов подстанции. Наибольшее допустимое значение потери напряжения в линии при пуске короткозамкнутых электродвигателей не нормируется и определяется возможностью пуска и надежностью работы электродвигателей.

**7.7.15.** Совместная подвеска на общих опорах проводов ВЛ до 1 кВ и проводов ВЛ выше 1 кВ допускается. При этом расстояние по вертикали между точками подвеса проводов ВЛ до 1 кВ и проводов ВЛ выше 1 кВ должно быть не менее 1,5 м. На всем протяжении совместной подвески для проводов ВЛ выше 1 кВ должно применяться двойное крепление.

**7.7.16.** Расстояние от проводов ВЛ до 10 кВ до земли при наибольшей стреле провеса на территории торфяного предприятия, за исключением дорог и населенной местности, должно быть не менее 5 м.

**7.7.17.** Для обеспечения безопасного проезда машин под проводами ВЛ без снятия напряжения должны быть сооружены специальные пролеты с увеличенной высотой подвеса проводов. При этом расстояние между нижней точкой провода и высшей частью наиболее высокой машины должно быть не менее 2 м для ВЛ до 10 кВ, 2,5 м для ВЛ 20-35 кВ.

**7.7.18.** При прохождении ВЛ до 10 кВ параллельно железнодорожному пути узкой колеи расстояние от основания опоры до габарита приближения строений должно быть не менее высоты опоры плюс 1 м. На участках стесненной трассы расстояние от основания опоры ВЛ до 380 В, предназначенной для освещения подъездных путей, до головки рельса должно быть не менее 5 м.

**7.7.19.** При прохождении ВЛ до 10 кВ параллельно переносному железнодорожному пути узкой колеи расстояние от основания опоры ВЛ до головки рельса должно быть не менее 5 м.

**7.7.20.** При прохождении ВЛ до 10 кВ параллельно оси караванов или полевых штабелей торфа расстояние от основания опоры до основания каравана или штабеля при полном их габарите должно быть не менее 4 м.

**7.7.21.** При прохождении ВЛ до 10 кВ вблизи металлического надземного трубопровода расстояние от опор ВЛ до трубопровода должно быть не менее 8 м. Допускается уменьшение этого расстояния до 3 м при условии, что на фланцах трубопровода будут установлены кожухи или козырьки.

**7.7.22.** При прохождении ВЛ до 10 кВ параллельно деревянному трубопроводу расстояние от опор ВЛ до трубопровода должно быть не менее 15 м.

При пересечении ВЛ с деревянным трубопроводом должны быть установлены над трубопроводом сплошные стальные кожухи. При этом расстояние от незакрытой кожухом части трубопровода до проекции проводов ВЛ должно быть не менее 15 м.

**7.7.23.** На ответвлениях протяженностью более 1 км ВЛ выше 1 кВ, а также перед стационарными установками (насосные низкого давления и т. п.) должны быть установлены разъединители.

**7.7.24.** Расстояние от проводов ввода ВЛ, питающей передвижную электроустановку до 10 кВ, до земли должно быть не менее 3 м. Проход под проводами ввода должен быть огражден.

## КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ

**7.7.25.** При прокладке кабельных линий в земле защита их от механических повреждений не требуется, за исключением защиты в местах пересечений с железными и шоссейными дорогами, а также в местах интенсивного движения торфяных машин.

- 7.7.26.** Для переносных кабельных линий должны применяться специальные гибкие кабели, предназначенные для работы в тяжелых условиях.
- 7.7.27.** Сечения гибких кабелей выбираются по допустимому длительному току и допустимой потере напряжения.
- 7.7.28.** Переносные кабельные линии до 10 кВ, питающие электроэнергией непрерывно двигающиеся или периодически передвигаемые в течение одного сезона машины, могут укладываться непосредственно на поверхности залежи. При этом около кабельных линий выше 1 кВ должны устанавливаться предупреждающие плакаты.
- 7.7.29.** Присоединение гибкого кабеля к передвижной установке должно выполняться при помощи устройства, разгружающего контактные зажимы от натяжения кабеля и обеспечивающего допустимый радиус изгиба кабеля.
- 7.7.30.** Присоединение переносной кабельной линии к ВЛ следует производить при помощи разъединяющих устройств. Высота установки незащищенных токоведущих частей разъединяющего устройства от земли должна быть не менее 5 м для линейных устройств, 3,5 м для разъёмных и переносных устройств. Разъединяющие устройства должны изготавливаться по специальным техническим условиям.
- 7.7.31.** Для присоединения кабельных линий к ВЛ до 1 кВ рекомендуется применять рубильники и втычные контактные соединения, установленные на опорах ВЛ на доступной высоте. Рубильник и розетка, установленные на опоре, должны помещаться в запираемом шкафу. Металлические части указанного оборудования, нормально не находящиеся под напряжением, должны быть заземлены.

## ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ, КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ

- 7.7.32.** Коммутационные аппараты электродвигателей выше 1 кВ должны размещаться в металлических шкафах.
- 7.7.33.** Коммутационные устройства электродвигателей выше 1 кВ должны иметь блокировку, не допускающую:
- отключения разъединителя под нагрузкой;
  - включения разъединителя при включенном пусковом аппарате;
  - открывания шкафа при включенном разъединителе;
  - включения разъединителя при открытом шкафу.
- 7.7.34.** Перед выключателями и предохранителями выше 1 кВ должны быть установлены разъединители. При наличии разъёмных контактных соединений, посредством которых кабель, питающий установку электроэнергией, присоединяется к ВЛ, установка дополнительного разъединителя необязательна. В случае применения накидных зажимов необходима установка дополнительного разъединителя перед трансформатором со стороны подачи электроэнергии, а также перед устройством, имеющим трансформатор напряжения.
- 7.7.35.** Пуск электродвигателя, присоединенного к отдельному трансформатору, допускается производить при помощи пускового устройства, установленного на стороне высшего напряжения трансформатора, без установки коммутационных аппаратов между электродвигателем и трансформатором.
- 7.7.36.** На коммутационных устройствах электродвигателей выше 1 кВ установка вольтметров и амперметров обязательна. При установке на одном агрегате нескольких электродвигателей выше 1 кВ предусматривается один вольтметр на всю группу электродвигателей.
- 7.7.37.** Сечение кабеля, соединяющего коммутационный аппарат с электродвигателем, выбирается по допустимому длительному току; проверка его по току КЗ не требуется.
- 7.7.38.** Для электродвигателей в момент включения допускается такое значение потери напряжения, которое обеспечивает требуемый пусковой момент, если при этом не нарушается режим работы других электроприемников.
- Допускается прямой пуск электродвигателей мощностью, не превышающей 90% мощности трансформатора.

## ЗАЗЕМЛЕНИЕ

- 7.7.39.** Сопротивление заземляющего устройства  $R$ , Ом, передвижных торфяных электроустановок выше 1 до 10 кВ, присоединенных к электрическим сетям с изолированной нейтралью, должно быть

$$R \leq 40 / I ,$$

где  $I$  - ток однофазного замыкания на землю, А.

- 7.7.40.** Сопротивление заземления торфяных электроустановок до 1 кВ, присоединенных к сетям с изолированной нейтралью, должно быть не более 30 Ом.

**7.7.41.** Заземление передвижных и самоходных машин осуществляется переносными заземлителями, устанавливаемыми непосредственно у машин, или через заземляющую жилу питающего кабеля, присоединяемую к переносным заземлителям у опоры ВЛ или к заземлителю подстанции.

**7.7.42.** В качестве переносных заземлителей рекомендуется применять стержневые электроды длиной не менее 2,5 м, погружаемые вертикально в залежи на глубину не менее 2 м. Количество электродов должно быть не менее трех.

## **ПРИЕМКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК В ЭКСПЛУАТАЦИЮ**

**7.7.43.** Приемку в эксплуатацию электроустановок торфяных предприятий следует производить в соответствии с "Правилами технической эксплуатации торфяных предприятий".

**УТВЕРЖДЕНО**  
Министерством энергетики  
Российской Федерации

Приказ от 8 июля 2002 г. № 204

*Вводится в действие  
с 1 января 2003 г.*

## **Глава 7.10. ЭЛЕКТРОЛИЗНЫЕ УСТАНОВКИ И УСТАНОВКИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ**

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

**7.10.1.** Настоящая глава Правил распространяется на расположенные внутри зданий (исключения приведены в 7.10.4) производственные и опытно-промышленные установки электролиза водных растворов кислот, щелочей и солей с получением и без получения металлов, установки электролиза расплавленных солей, окислов и щелочей и установки гальванических покрытий изделий (деталей) черными и цветными металлами, в том числе редкими и драгоценными.

**7.10.2.** Электролизные установки и установки гальванических покрытий и используемое в них электротехническое и др. оборудование или устройства, кроме требований настоящей главы, должны удовлетворять также требованиям разделов 1-6 и гл. 7.3-7.5 Правил в той мере, в какой они не изменены настоящей главой.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЯ. СОСТАВ УСТАНОВОК**

**7.10.3.** Установки электролизные и гальванических покрытий - комплексы, состоящие из одной или нескольких ванн (соответственно электролизных - электролизеров или гальванических) и из требующихся для осуществления в них рабочего процесса выпрямительных агрегатов (см. 7.10.4), другого электротехнического оборудования общего назначения и специального, комплектных устройств и вспомогательных механизмов, магистральных, межвантных и других токопроводов, кабельных линий и электропроводок (включая проводки вспомогательных цепей: систем управления, сигнализации, измерения, защиты), а также кранового и вентиляционного оборудования и газоочистных сооружений.

**7.10.4.** Выпрямительный агрегат - агрегат, работающий по принципу источника напряжения (АИН), состоит из преобразовательного трансформатора и полупроводниковых выпрямителей. Параметрический выпрямительный агрегат - агрегат, работающий по принципу источника тока (ПИТ), основан на использовании резонансных схем и состоит из преобразовательного трансформатора с отдельными обмотками ВН, трех реакторов, трех конденсаторных батарей и полупроводниковых выпрямителей.

Полупроводниковый выпрямитель - комплект полупроводниковых вентилях, смонтированных на раме или в шкафу (на рамах или в шкафах) с системой воздушного или водяного охлаждения.

Преобразовательная подстанция электролизных установок - комплекс, состоящий из размещенных внутри помещения (или нескольких помещений, или внутри отдельного здания) выпрямительных агрегатов (АИН или ПИТ) и требующихся для их работы оборудования, устройств, систем и др. (см.

7.10.3), при этом вне здания могут быть расположены (когда это позволяют условия окружающей среды) на открытом пространстве или под навесом в исполнении для наружной установки преобразовательные трансформаторы, а при агрегатах ПИТ также и реакторы, и конденсаторные батареи.

Допускается исполнение преобразовательных подстанций, в которых шкафы (рамы) полупроводниковых выпрямителей монтируются на стенках бака преобразовательного трансформатора.

**7.10.5.** Электролизная ванна или электролизер - специальное электротехнологическое оборудование, состоящее из системы положительных и отрицательных электродов, погруженных в наполненный электролитом сосуд (или помещенных в ячейки мембранного или диафрагменного типа, собранные в единый блок-аппарат), предназначенное для выполнения совокупности процессов электрохимического окисления-восстановления при прохождении через электролит электрического тока.

Гальваническая ванна конструктивно подобна электролизной ванне с электролитом в виде водных растворов и отличается в основном лишь составами электролитов и режимами работы, определяемыми ее назначением - видом выполняемых гальванических покрытий.

Серия электролизных ванн (электролизеров)- группа электрически последовательно соединенных электролизных ванн (электролизеров), присоединяемая к преобразовательной подстанции (выпрямительному агрегату).

**7.10.6.** Зал электролиза<sup>1</sup> - производственное помещение, в котором размещены одиночные электролизные ванны (электролизеры), их серия, несколько серий или часть серии.

Корпус, станция или цех электролиза - производственное здание, в котором размещены зал или залы электролиза и помещения с оборудованием, необходимым для осуществления технологического процесса и выполнения требований техники безопасности и охраны труда.

<sup>1</sup> Термины «зал электролиза», «станция» в установках электролиза алюминия не используются, в этих установках применяется термин «корпус электролиза» — производственное здание, в котором установлены серия (часть серии) или серии электролизеров.

**7.10.7.** Гальванический цех (участок, отделение) - помещение или часть помещения с установками гальванических покрытий и электротехническим и другим оборудованием, необходимым для выполнения электротехнологического процесса с учетом требований техники безопасности и охраны труда.

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

**7.10.8.** Схема питания (групповая или индивидуальная) электролизных установок и установок гальванических покрытий, а также виды, типы, параметры и количество выпрямительных агрегатов и их исполнение, материал и сечение соединительных токопроводов и ошиновки самих ванн должны выбираться, как правило, на основании технико-экономического анализа с учетом обеспечения необходимой надежности электроснабжения.

**7.10.9.** Для предприятий, имеющих электролизные установки с преобразовательными подстанциями большой установленной мощности выпрямительных агрегатов, рекомендуется принимать схемы раздельного электроснабжения технологической нагрузки электролизного производства с электрическими нагрузками силового оборудования и электрического освещения всех основных и вспомогательных сооружений предприятия через отдельные понижающие трансформаторы, присоединяемые линиями передачи к распределительным устройствам расположенных вблизи генерирующих источников или к электрическим сетям питающей энергосистемы на напряжение 110-500 кВ по схеме «глубокого ввода», с минимальным числом ступеней трансформации и коммутации (класс напряжения определяется на основании технико-экономических расчетов в зависимости от мощности потребления предприятием электроэнергии).

Выпрямительные агрегаты электролизных установок для получения водорода, предназначенного для охлаждения турбогенераторов, присоединяются к РУ 0,4 кВ собственных нужд электростанции.

**7.10.10.** Система внутривольтажного электроснабжения технологических и других электрических нагрузок электролизных установок и установок гальванических покрытий должна выполняться с учетом условий обеспечения в распределительной сети предприятия и на границе раздела балансовой принадлежности электрических сетей, допустимых по ГОСТ 13109 показателей качества электроэнергии (ПКЭ).

В целях ограничения содержания в питающей сети общего назначения высших гармонических составляющих напряжения на преобразовательных подстанциях электролизных установок и установок гальванических покрытий рекомендуется применять выпрямительные агрегаты с большим числом фаз выпрямления, с эквивалентным многофазным режимом выпрямления на каждом из агрегатов (группы агрегатов) и другие технические решения по компенсации гармонических составляющих. Конкретные решения по компенсации гармонических составляющих в распределительной сети предприятия принимаются на основании соответствующих технико-экономических расчетов.

**7.10.11.** В электролизных установках к электроприемникам I категории по степени надежности электроснабжения следует относить серии электролизных ванн-электролизеров.

Категории остальных электроприемников электролизных установок и электроприемников установок гальванических покрытий следует определять согласно отраслевым нормам технологического проектирования.

**7.10.12.** В отношении опасности поражения людей электрическим током помещения установок, цехов<sup>1</sup> (станций, корпусов, отделений) электролиза и гальванических покрытий относятся к помещениям с повышенной опасностью.

<sup>1</sup> Цех электролиза - совокупность корпусов (зданий) электролиза одной или нескольких серий. В состав цеха электролиза могут входить также литейное отделение, вспомогательные и бытовые помещения.

**7.10.13.** Напряжение электроприемников, устанавливаемых в цехах (станциях, корпусах) электролиза, как правило, должно быть не более 1 кВ переменного и выпрямленного тока. При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается для питания серий электролизных ванн применять выпрямители с более высоким номинальным напряжением.

**7.10.14.** Светильники общего освещения - «верхний свет» залов (корпусов) электролиза - могут получать питание электроэнергией от трансформаторов общего назначения с вторичным напряжением 0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью. При этом на первом этаже двухэтажных зданий и в одноэтажных зданиях металлические корпуса светильников, пускорегулирующих аппаратов, ответвительных коробок и т.п. элементов электропроводки должны быть изолированы от строительных конструкций здания.

Металлические корпуса светильников верхнего света, пускорегулирующие аппараты и ответвительные коробки, расположенные на отметке выше 3,5 м от площадки обслуживания электролизеров, не требуется изолировать от стальных конструкций.

**7.10.15.** Стационарное местное освещение в цехах (корпусах, залах) электролиза, как правило, не требуется. Исключение - основные производственные помещения электролизных установок получения хлора (см. 7.10.47).

**7.10.16.** Переносные (ручные) электрические светильники, применяемые в залах (корпусах) электролиза и во вспомогательных цехах (мастерских), должны иметь напряжение не выше 50 В и присоединяться к электрической сети через безопасный разделительный трансформатор класса II по ГОСТ 30030.

**7.10.17.** Электроинструменты (электросверла, электробуры, электропылесосы и др.), используемые в залах (корпусах) электролиза, должны иметь двойную изоляцию и их следует присоединять к питающей сети через разделительный трансформатор.

**7.10.18.** Электродвигатели, электронагреватели и другие электроприемники переменного тока, корпуса которых имеют непосредственное соединение с изолированным от земли корпусом электролизера, как правило, должны иметь напряжение не выше 50 В. Рекомендуется применение специальных электродвигателей на напряжение 50 В с усиленной изоляцией в исполнении, соответствующем условиям среды.<sup>1</sup>

Электродвигатели на напряжение от 50 до 380 В переменного тока допускается применять при соблюдении следующих условий: электродвигатели или группа электродвигателей, установленные не более чем на 15 электролизерах, присоединяются к сети общего назначения (к трансформатору общего назначения с изолированной нейтралью) через разделительный трансформатор.

Переносные электронагреватели мощностью до 120 кВт (устанавливаемые в электролизер на время разогрева) допускается присоединять к питающей сети через один разделительный трансформатор, располагаемый вне помещения с электролизными ваннами, при условии, если суммарная протяженность распределительной сети вторичного напряжения не превышает 200 м и предусмотрено блокирование, исключающее одновременное включение нагревателей нескольких электролизеров.

<sup>1</sup> На электролизные установки для получения хлора не распространяется требование об усиленной изоляции электродвигателей, кроме того, в таких установках к общему разделительному трансформатору допускается присоединять один электродвигатель или группу электродвигателей, относящихся только к одному электролизеру.

**7.10.19.** Помещения электролизных установок, в которых в процессе электролиза в герметизированном оборудовании выделяется или находится в обращении водород, необходимо оборудовать вытяжной вентиляцией с естественным побуждением (с дефлекторами или аэрационными фонарями), исключающей образование под перекрытием невентилируемых пространств.

Такие помещения, где по условиям технологического процесса исключается образование рассчитываемого согласно НПБ 105-95 избыточного давления взрыва в помещении, превышающего 5 кПа, имеют согласно классификации, приведенной в ГОСТ Р 51330.9, взрывоопасную зону класса 2 и только в верхней части помещения. Взрывоопасная зона условно принимается от отметки 0,75 общей высоты помещения от уровня пола, но нижняя граница зоны не может быть выше подкранового пути. В этой зоне под потолком помещения следует размещать датчики (как правило, не менее двух на каждые 36 м<sup>2</sup> площади помещения), присоединяемые к автоматизированной системе контроля концентрации

водорода в воздухе. Система должна обеспечивать звуковую и световую сигнализацию, а также блокирование (или отключение) пусковых аппаратов электродвигателей и других электроприемников подъемно-транспортного оборудования (если такие электрические аппараты в данном помещении имеются), когда в контролируемой зоне помещения содержание водорода превысит 1,0 об. %.

**7.10.20.** В помещениях электролизных установок со взрывоопасными зонами для электрического освещения, как правило, должны применяться комплектные осветительные устройства со щелевыми световодами (КОУ). Источники света в этих устройствах помещаются в камеры, входящие в состав КОУ. Сочленение камер со световодами должно обеспечивать степень защиты световодов со стороны камер не ниже IP 54. Камеры КОУ должны размещаться вне взрывоопасной среды в стене, граничащей с соседним невзрывоопасным помещением, или в наружной стене.

Помимо КОУ рекомендуется использование светильников общего назначения, устанавливаемых:

за неоткрывающимися окнами с двойным остеклением без фрагм и форточек;

в специальных нишах с двойным остеклением в стене;

в специальных фонарях с двойным остеклением в потолочном перекрытии;

в остекленных коробах.

Ниши и фонари должны иметь вентиляцию наружным воздухом с естественным побуждением.

Остекленные короба должны продуваться под избыточным давлением чистым воздухом. В местах, где возможны поломки стекол в коробе, для остекления следует применять небьющееся стекло.

**7.10.21.** Залы (корпуса) электролиза рекомендуется оборудовать подъемно-транспортными механизмами для выполнения монтажных, технологических и ремонтных работ. В помещениях электролизных установок, в верхних зонах которых могут быть взрывоопасные зоны (см. 7.10.19), эти механизмы (их электрооборудование) должны иметь исполнение, соответствующее требованиям гл. 7.3.

В корпусах электролиза с мостовыми кранами лестницы для спуска крановщика из кабины крана должны быть из неэлектропроводного материала. Если в таких корпусах нет галереи для обслуживания подкрановых путей, должна выполняться конструкция, обеспечивающая безопасный спуск крановщика при остановке кабины крана не у посадочной площадки (например, при аварии).

**7.10.22.** Токопроводы (ошиновки) электролизных установок, как правило, должны выполняться шинами из алюминия или алюминиевого сплава с повышенной механической и усталостной прочностью. Шины токопроводов следует защищать коррозионностойкими, а на участках с рабочей температурой 45 °С и выше - теплоустойчивыми лаками (исключение - шины в корпусах электролиза алюминия).

Контактные соединения шин токопроводов необходимо выполнять сваркой, за исключением межванных, а также шунтирующих токопроводов (ошиновки) и присоединения шин к выпрямителям, коммутационным и другим аппаратам, к крышкам или торцевым плитам электролизеров.

Для прокладки по электролизерам в зонах высокой температуры должны использоваться провода или кабели с нагретостойкой изоляцией и оболочкой.

Для шунтирования выводимого из работающей серии электролизера (электролизной ванны) следует предусматривать стационарное или передвижное шунтирующее устройство (разъединитель, выключатель, короткозамыкатель, жидкометаллическое коммутирующее шунтирующее устройство). Передвижное шунтирующее устройство должно быть изолировано от земли.

Снижение влияния магнитных полей на работу устройств и приборов, размещаемых в зале (корпусе и др. производственных помещениях) электролиза, а также на работу самих электролизеров, должно обеспечиваться соблюдением отраслевых норм соответствующего производства.

**7.10.23.** Электрическая изоляция серий электролизных ванн, строительных конструкций здания, коммуникаций (токопроводов, трубопроводов, воздухопроводов и др.) должна исключать возможность внесения в зал (корпус) электролиза потенциала земли и вынос из зала (корпуса) потенциала (см. также 7.10.24, 7.10.29-7.10.30).

Электрическая изоляция от земли серий электролизеров и ванн гальванических покрытий и токопроводов к ним должна быть доступна для осмотра и контроля ее состояния.

**7.10.24.** В залах (корпусах) электролиза (за исключением залов с электролизными установками для получения водорода методом электролиза воды) помимо элементов, указанных в 7.10.23, должны иметь электрическую изоляцию от земли:

внутренние поверхности стен на высоту до 3 м и колонны на высоту до 3,5 м от уровня рабочих площадок первого этажа в одноэтажных зданиях или второго этажа в двухэтажных зданиях;

металлические и железобетонные конструкции рабочих площадок, расположенные возле электролизеров;

перекрытия шинных каналов и полов возле электролизеров;

металлические крышки люков;

металлические части вентиляционных устройств, расположенные на полу и у стен корпуса;

металлические трубопроводы, кронштейны и другие металлические конструкции, расположенные в пределах помещения на высоте до 3,5 м от уровня пола;

подъемно-транспортные механизмы (см. 7.10.21).

**7.10.25.** Металлические и железобетонные конструкции рабочих площадок возле электролизеров должны накрываться (за исключением конструкций у электролизеров установок электролиза магния и алюминия)

решетками из дерева, пропитанного огнестойким составом, не влияющим отрицательно на его диэлектрические свойства, или из другого диэлектрического материала.

**7.10.26.** Вводы шин токопроводов в корпус (здание) электролиза должны ограждаться металлическими сетками или конструкцией из электроизоляционных материалов на металлическом каркасе на высоту не менее 3,5 м от уровня пола. Сетки или металлические конструкции каркаса должны быть изолированы от токопровода.

**7.10.27.** Токопроводы электролизных установок, за исключением межванных, шунтирующих токопроводов и токоподводов (спусков) к торцевым ваннам, должны иметь ограждение в следующих случаях:

при расположении горизонтальных участков токопроводов над проходами на высоте менее 2,5 м над уровнем пола или нахождении их в зоне движения кранов и цехового транспорта<sup>1</sup>;

при расстоянии менее 2,5 м между токопроводами, расположенными на высоте ниже 2,5 м над уровнем пола, и заземленными трубопроводами или заземленным оборудованием<sup>1</sup>;

при расположении токопроводов вблизи посадочных площадок мостовых кранов, если расстояние от них до этих площадок составляет менее 2,5 м.

**7.10.28.**<sup>1</sup> В залах электролиза (за исключением залов с электролизными установками для получения водорода методом электролиза воды) не разрешается устройство магистрали заземления трехфазных приемников переменного тока производственных механизмов. Для таких электроприемников открытые проводящие части следует присоединять к PE-проводнику. В качестве дополнительной меры возможно использование устройства защитного отключения.

Открытые проводящие части электроприемников переменного тока при расстоянии от них до токоведущих частей электролизеров менее 2,5 м должны иметь съемную изолирующую оболочку.

**7.10.29.** Трубопроводы в корпусах электролиза алюминия, в цехах и в залах электролиза (за исключением залов с электролизными установками для получения водорода методом электролиза воды) рекомендуется выполнять из неэлектропроводных материалов.

При использовании металлических трубопроводов (в том числе гуммированных), защитных труб и коробов должны применяться электроизолирующие вставки, подвески и изоляторы.

Должны предусматриваться меры по снижению токов утечки - отводу тока из растворов, которые поступают в электролизеры или отводятся от них по изолированным или выполненным из неэлектропроводных материалов (фиолита, винилпласта, стеклопластика и др.) трубопроводам.

Рекомендуется использование устройств разрыва струи или принятие других эффективных мер.

<sup>1</sup> На установки электролиза алюминия не распространяется.

**7.10.30.** Бронированные кабели, металлические трубопроводы, защитные трубы, а также коробка коммуникаций технологических, паро-, водоснабжения, вентиляции и др. в залах (корпусах) электролиза должны быть размещены, как правило, на высоте не менее 3,5 м от уровня рабочих площадок (не менее 3,0 м - для залов электролиза водных растворов), изолированы от земли или ограждены, иметь электроизолирующие вставки на входе и выходе из зала (корпуса), а также в местах отводов к электролизерам и подсоединения к ним.

При расположении в залах (корпусах) электролиза перечисленных коммуникаций ниже указанной высоты они, кроме того, должны иметь две ступени электрической изоляции от строительных конструкций, а также электроизоляционные вставки по длине зала (корпуса), размещаемые согласно требованиям отраслевых норм.

Трос, на котором в зале (корпусе) электролиза крепятся провода или кабели, должен быть электроизолирован от строительных конструкций.

**7.10.31.** Кабельные линии электролизных установок должны прокладываться по трассам, на которых маловероятны аварийные ситуации (например, невозможно попадание расплавленного электролита при аварийном уходе электролита из электролизера).

**7.10.32.** Электротехническое оборудование, устанавливаемое на фундаментах, рамах и других конструкциях, не должно иметь скрытых от наблюдения разъемных электрических соединений. Разъемные электрические соединения должны быть легко доступны для обслуживания и ремонта.

**7.10.33.** Электрические распределительные устройства напряжением до 1 кВ для силовой и осветительной сетей должны располагаться на расстоянии не менее 6 м от неогражденных токопроводов или частей электролизеров, находящихся под напряжением выпрямленного тока.

**7.10.34.** Щит центральный и (или) КИПиА (если их необходимость обоснована) должны быть оборудованы соответствующими средствами для регулирования и управления технологическими процессами электролиза и контроля за работой оборудования, включая преобразователи, а также системой сигнализации, извещающей о пуске, остановке и нарушениях режима работы оборудования или о повреждении изоляции в контролируемых электрических цепях.

**7.10.35.** Для включения в работу оборудования, находящегося вне зоны видимости, должна предусматриваться пусковая сигнализация. Рекомендуется также применение в обоснованных случаях оптических устройств (зеркал, телескопических труб и др.) и устройств промышленного телевидения.



**7.10.36.** В электролизных установках, в которых при аварийных ситуациях требуется немедленное отключение питания электроэнергией электролизеров, в зале электролиза и в помещении центрального щита управления и (или) щита КИПиА должны быть установлены кнопочные выключатели для аварийного отключения выпрямителей. Должна быть исключена возможность использования этих аппаратов для последующего включения выпрямителей в работу.

**7.10.37.** Электролизные установки, на электролизерах которых возможно появление повышенного напряжения (например, за счет «анодного эффекта»), должны быть оборудованы сигнализацией для оповещения об этом персонала.

**7.10.38.** В помещениях электролизного производства, в том числе на преобразовательной подстанции, должна предусматриваться громкоговорящая и (или) телефонная связь, в соответствии с принятой системой обслуживания на предприятии (опытно-промышленной установке).

**7.10.39.** Для контроля за режимом работы серии ванн в помещениях корпусов, станций (цехов) электролиза или на преобразовательной подстанции должны предусматриваться:

амперметр на каждую серию;

вольтметр на каждую серию и каждый корпус, если они питаются от сборных шин;

вольтметр на каждую ванну (или вольтметр с многопозиционным переключателем на группу ванн) в тех случаях, когда по рабочему напряжению на ваннах ведется технологический процесс;

устройства (приборы) контроля изоляции каждой системы шин выпрямленного тока или группы электролизеров, получающих питание или от контролируемой сети выпрямленного тока, или от сети переменного тока через индивидуальные или групповые разделительные трансформаторы;

счетчики вольт-часов или ампер-часов (в зависимости от технологических требований) на серию или группу ванн;

счетчик расхода электрической энергии, установленный на первичной стороне преобразовательного трансформатора выпрямительного агрегата.

## УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОЛИЗА ВОДЫ И ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

**7.10.40.** Средняя точка серии электролизеров не должна иметь глухого заземления. Допускается использование нейтрали серии для устройств контроля изоляции, не создающих в нормальном режиме глухой связи нейтрали с землей.

**7.10.41.**<sup>1</sup> Между токоведущими частями в проходах между рядами электролизеров (не отгороженных один от другого) расстояния должны быть не менее 1,2 м при максимально возможном напряжении между ними до 65 В и не менее 1,5 м - при напряжении свыше 65 В. Проходы между продольным рядом ванн и стеной, между торцевыми ваннами и стеной должны быть шириной не менее 2,5 м. Допускается местное сужение до 1,5 м проходов между ваннами и колоннами здания и стойками эстакад, несущих токопроводы или материалопроводы, при условии обязательного покрытия колонн и стоек в проходе на высоту не менее 2,5 м от пола электроизоляционным листовым материалом, например пластиковыми листами на сварке.

От токопроводов электролизеров и других токоведущих частей до заземленного технологического оборудования и арматуры светильников расстояние должно быть не менее 2,5 м.

<sup>1</sup> Если требования, приведенные в 7.10.41, на реконструируемых установках выполнить невозможно, то заземленные коммуникации и оборудование следует покрыть изоляционными материалами или изолирующими кожухами из винилпласта, стеклопластика и т.п.

## ЭЛЕКТРОЛИЗНЫЕ УСТАНОВКИ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА (ВОДОРОДНЫЕ СТАНЦИИ)

**7.10.42.** Электролизеры водородных станций должны быть оборудованы следующей электрической защитой:

от однополюсных замыканий на землю, кроме электролизеров, у которых крайний электрод или корпус крайней ячейки по конструкции заземлен, например, через газоотделитель;

от межполюсных коротких замыканий;

от обратных токов при применении двигателей-генераторов (на реконструируемых установках).

**7.10.43.** Электролизеры водородных станций, работающие под напряжением свыше 250 В по отношению к земле, должны иметь по периметру сетчатое ограждение.

**7.10.44.** Вокруг электролизера водородных станций должны быть уложены диэлектрические коврики (дорожки).

**7.10.45.** На водородных станциях расстояния между электролизерами, а также между электролизерами и стенами помещения должны соответствовать указанным в 7.10.41.

Между оборудованием должны предусматриваться следующие проходы:

основные - шириной не менее 1,5 м по фронту обслуживания машин (компрессоров, насосов и т.п.) и аппаратов, имеющих арматуру и контрольно-измерительные приборы; для малогабаритного оборудования (с шириной и высотой до 0,8 м) допускается уменьшать ширину прохода до 1 м; для возможности обслуживания со всех сторон (если в этом есть необходимость) между оборудованием, а также между оборудованием и стенами помещений - шириной не менее 1 м; для осмотра и периодической проверки и регулировки оборудования и приборов - шириной не менее 0,8 м.

Нормируемая минимальная ширина проходов должна обеспечиваться между наиболее выступающими (на высоте менее 2 м) частями оборудования с учетом фундаментов, изоляции, ограждения и т.п.

## ЭЛЕКТРОЛИЗНЫЕ УСТАНОВКИ ПОЛУЧЕНИЯ ХЛОРА

**7.10.46.** В установках электролиза поваренной соли ртутным, мембранными и диафрагменными методами, а также при электролизе соляной кислоты должны обеспечиваться: возможность аварийного ручного отключения питания электроэнергией электролизеров в соответствии с 7.10.36, а также из помещения пульта управления и машинистом хлорных компрессоров при их остановке;

автоматическое отключение электродвигателей хлорных и водородных компрессоров при всех методах электролиза, кроме электродвигателей хлорных компрессоров при ртутном методе электролиза, при внезапном отключении выпрямленного тока, питающего электролизеры (с выдержкой 2-3 с после отключения тока);

автоматическое отключение (с выдержкой до 3 мин) электродвигателей хлорных компрессоров при ртутном методе электролиза с одновременным включением системы аварийного поглощения хлора;

автоматическое отключение системой блокирования с выдержкой 3-5 с выпрямителей, питающих электролизеры, для всех методов электролиза при внезапной остановке всех электродвигателей хлорных компрессоров, если в течение указанного периода не произойдет самозапуск, а также при остановке группы электродвигателей ртутных насосов (число электродвигателей в группе определяется в каждом конкретном случае) с одновременным включением системы аварийного поглощения хлора из системы и одновременной подачей сигнала в зал электролиза, помещение компрессоров и щита КИПиА;

автоматическое отключение выпрямителя электролизной установки при повышении давления газа хлора во всасывающем коллекторе компрессора сверх установленного предела;

сигнализация в зал электролиза, в помещение щита КИПиА и на преобразовательную подстанцию при внезапном отключении одного из нескольких работающих хлорных компрессоров;

сигнализация в зал электролиза и помещение щита КИПиА при остановке электродвигателей ртутного насоса или прекращении циркуляции ртути в электролизерах с ртутным катодом.

**7.10.47.** В основных производственных помещениях, кроме сети общего освещения, должна предусматриваться стационарная сеть местного освещения напряжением до 50 В, питаемая от сети общего освещения через разделительный трансформатор.

## УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОЛИЗА МАГНИЯ

**7.10.48.** Электрическую изоляцию, кроме указанной в 7.10.23-7.10.24, должны иметь следующие элементы:

оболочки электролизеров и трубопроводов катодного и анодного отсосов - от земли и строительных конструкций;

полы корпуса, полы и колонны подвала, а также рабочие площадки, другие железобетонные или металлические строительные конструкции - от земли;

части трубопроводов сжатого воздуха и вакуума - от земли, один от другого и от электролизеров;

кабели и аппаратура - от каркаса, на котором установлены трансформаторы;

рабочие площадки у электролизеров (помимо упомянутой выше электрической изоляции от земли) должны быть покрыты диэлектрическим листовым материалом.

**7.10.49.** Расположение электролизеров в установках, сооружаемых вновь, как правило, должно приниматься центральное с двумя проездами со стороны продольных стен.

**7.10.50.** Проезды в залах электролиза должны быть шириной:

при наличии двух проездов со стороны продольных стен - не менее 4,5 м;

при наличии одного проезда между продольными рядами электролизеров - не менее 5,5 м.

В обоих случаях должен обеспечиваться свободный проход шириной не менее 1 м между транспортным средством и стеной корпуса или установленным оборудованием.

**7.10.51.** Проход между продольным рядом электролизеров и стеной при наличии одного проезда должен быть шириной не менее 2 м.

**7.10.52.** Между токопроводами двух рядов электролизеров расстояние должно быть не менее 4 м.

## УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОЛИЗА АЛЮМИНИЯ

**7.10.53.** Электрическую изоляцию от земли, дополнительно к указанным в 7.10.23-7.10.24, должны иметь следующие конструкции:

фундаменты электролизеров и подземные каналы;  
опорные колонны электролизеров и междуэтажного перекрытия.

**7.10.54.** Металлические перекрытия поперечных каналов токопроводов в корпусах электролиза должны иметь электрическую изоляцию, а на участках между смежными электролизерами эти перекрытия должны иметь электроизолирующие вставки.

Металлические перекрытия продольных проемов и каналов токопроводов должны иметь электрическую изоляцию от этих проемов и каналов, а на участках между смежными электролизерами должны иметь электроизолирующие вставки.

**7.10.55.** Металлические перекрытия проемов и каналов токопроводов у электролизеров должны иметь потенциал катода электролизера.

**7.10.56.** Напольные вентиляционные решетки в корпусах электролиза и электролитического рафинирования алюминия следует укладывать на электроизоляционные основания.

**7.10.57.** Металлические переплеты в окнах и аэрационных шахтах допускается устанавливать на высоте не менее 3 м от уровня пола в одноэтажных и второго этажа в двухэтажных корпусах.

**7.10.58.** Торцы первого этажа в двухэтажных корпусах электролиза и электролитического рафинирования алюминия должны быть ограждены металлической сеткой, электрически изолированной от строительных конструкций, или перегородкой из неэлектропроводных материалов на высоту не менее 1,7 м от уровня земли. В ограждении должны быть ворота или двери, запираемые замком.

**7.10.59.** Корпуса электролиза должны иметь вдоль наружных стен аэрационные проемы, закрытые на высоту не менее 1,7 м от уровня земли надежно заземленными металлическими сетками, которые не должны затруднять вентиляцию корпуса.

**7.10.60.** Лестницы на второй этаж и площадки второго этажа, а также перильные ограждения второго этажа в двухэтажных корпусах электролиза должны выполняться из неэлектропроводных материалов. Допускается изготовление перил и лестниц из металла с покрытием пластиком или другими электроизоляционными материалами.

**7.10.61.** Между выступающими частями электролизеров при их продольном расположении расстояние должно быть не менее 0,7 м. Это расстояние между торцами электролизеров может быть уменьшено до пределов, допускаемых конструкцией электролизеров, если нахождение людей в указанной зоне исключено.

**7.10.62.** Между стенками продольных каналов токопроводов (проемов) в центральном проходе корпуса расстояние должно быть не менее 3,5 м.

**7.10.63.** Металлические трубопроводы сжатого воздуха и вакуума, а также магистральные металлические газоходы системы верхнего газоотсоса для электролизеров с боковым токоподводом и обожженными анодами, проложенные вдоль корпуса, должны иметь электроизоляционные вставки через каждые 40 м. Магистральные металлические газоходы от электролизеров с верхним анодным токоподводом должны иметь перед входом в подземный канал две последовательно установленные электроизоляционные вставки.

**7.10.64.** Газоотсосные патрубки электролизеров должны иметь электрическую изоляцию от магистральных газоотсосных трубопроводов.

**7.10.65.** Газоотсосные патрубки электролизеров с подземной системой газоотсоса должны иметь электрическую изоляцию от строительных конструкций.

**7.10.66.** У электролизеров с боковым токоподводом и с самообжигающимся анодом должны иметь электрическую изоляцию:

катодный кожух - от фундамента или от опорных строительных конструкций;

металлоконструкции электролизеров - от анода и от катодного кожуха;

шторные укрытия - от катодного кожуха;

анодные пакеты шин - от металлоконструкций;

крюки для временной подвески анода - от металлоконструкций или же должен быть узел электрической изоляции непосредственно на переносных тросах для временной подвески анода при перетяжке анодной рамы.

**7.10.67.** У электролизеров с обожженными анодами должны быть электроизолированы:

катодный кожух - от фундамента или опорных строительных конструкций;

металлоконструкции анодной части - от катодного кожуха;

металлоконструкции, установленные на специальных опорах, -от этих опор, опоры - от земли (опоры должны быть электрически соединены с катодным кожухом);

домкраты механизма подъема анодов и анодного токоподвода -от анодной рамы;

укрытия - от катодного кожуха.

**7.10.68.** У электролизеров с верхним токоподводом и с самообжигающимся анодом должны иметь электрическую изоляцию:

катодный кожух - от фундамента или опорных строительных конструкций;

домкраты основного механизма подъема - от специальных опор (при их установке на специальные опоры), специальные опоры - от земли (опоры должны быть электрически соединены с катодным кожухом);

домкраты вспомогательного механизма подъема анода - от анодного кожуха.

**7.10.69.** Система электроизоляции в корпусах электролиза должна исключать наличие потенциала «земля» в ремонтных зонах напольных рельсовых машин и местах загрузки их сырьем до уровня подкрановых балок<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> ПБ 11-149-97 (п. 2.5.42).

**7.10.70.** Рельсы для напольных рельсовых машин должны иметь электроизоляционные вставки на участках между электролизерами. Участки должны иметь потенциал катода соответствующего электролизера, а на участках ремонтных зон - потенциал крайнего в ряду электролизера.

У напольной рельсовой машины должны быть электроизолированы:

ходовые колеса - от металлоконструкций;

привод ходовых колес - от металлоконструкций;

механизм продавливания корки электролита - от металлоконструкций;

соединительное устройство аэрожелоба или монжусных труб - от металлоконструкций машины и соприкасающихся с ними элементов корпуса электролизера;

аэрожелоб и монжусные трубы - от металлоконструкций;

трубопроводы - от металлоконструкций в месте перехода их в исполнительный орган механизма продавливания корки электролита;

стыковочное устройство машины - от металлоконструкций корпуса, число ступеней изоляции должно быть не менее трех;

выдвижной конвейер для загрузки машины анодной массой - от металлоконструкций корпуса, число ступеней изоляции должно быть не менее трех.

**7.10.71.** Подкрановые пути в корпусах электролиза алюминия должны быть заземлены. Сопротивление заземляющих устройств не должно превышать 4 Ом.

**7.10.72.** Электробезопасность при ремонтах электролизеров должна обеспечиваться системой аварийной сигнализации, срабатывающей при потенциале электролизера по отношению к земле свыше 50 В и при замыкании на землю главных цепей выпрямленного тока на других участках серии.

**7.10.73.** Нейтраль в электроустановках напряжением до 1 кВ переменного тока в корпусах электролиза может быть как изолированная, так и глухозаземленная.

Отключение при первом замыкании в электроустановках напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью в корпусах электролиза в соответствии с требованиями технологии недопустимо. Для таких электроустановок должен быть предусмотрен контроль изоляции с действием на сигнал. Звуковой и световой сигналы о снижении изоляции ниже заданного значения должны передаваться в помещения с постоянным пребыванием обслуживающего персонала. Световой сигнал должен указывать магистраль, на которой произошло снижение изоляции.

Электродвигатели, расположенные на изолированной от земли анодной раме электролизера, должны иметь надежное электрическое соединение болтами их корпусов с металлоконструкцией, на которой они установлены. При этом специальный проводник, соединяющий корпус электродвигателя с металлоконструкцией для его установки, не требуется. Эти двигатели могут иметь нормальную изоляцию и должны присоединяться к трансформатору общего назначения с изолированной нейтралью через групповые разделительные трансформаторы с напряжением вторичной обмотки до 220 В, в остальном должны выполняться требования, приведенные в 7.10.18.

**7.10.74.** Электроприемники мостовых кранов и напольно-рельсовых машин должны присоединяться к трансформатору общего назначения с изолированной нейтралью.

**7.10.75.** Пусковая аппаратура и аппаратура управления механизмами установок электролиза, по возможности, должна располагаться в специальных электротехнических помещениях.

При размещении такой аппаратуры в шкафах у электролизеров металлические конструкции шкафов должны иметь электрическую изоляцию от пола и других строительных элементов, исключаящую возможность попадания потенциала «земля» на корпус шкафа.

**7.10.76.** В двухэтажных корпусах электролиза алюминия допускается устройство специальных сварочных магистралей для сварки выпрямленным током путем отбора электроэнергии от работающих электролизеров. Использование таких магистралей для электрической сварки заземленных конструкций не допускается, за исключением электросварочных работ при капитальном ремонте электролизеров.

**7.10.77.** Сварочные магистрали для отбора электроэнергии от главного токопровода выпрямленного тока должны быть секционированы.

Электротехнические устройства для присоединения сварочных трансформаторов (подключительные пункты) должны быть изолированы от строительных конструкций и присоединяться к силовой сети с изолированной нейтралью через разделительный трансформатор.

**7.10.78.** Металлические трубопроводы, проложенные вдоль корпусов электролиза на высоте менее 3,5 м, должны иметь электроизоляционные вставки через каждые 4 электролизера, а расположенные вертикально или поперек электролизных серий - через каждые 3 м.

#### **УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО РАФИНИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЯ**

**7.10.79.** Между торцами соседних в ряду электролизеров расстояние должно быть не менее 1 м, а между выступающими частями - не менее 0,6 м. Если между торцами соседних в ряду электролизеров не предусматривается нахождение людей, расстояние между торцами может быть сокращено до пределов, допускаемых конструкцией электролизеров.

**7.10.80.** У электролизеров должны иметь электрическую изоляцию: оболочка - от земли, строительных конструкций, анодных блюмов и металлических конструкций электролизера; пакет анодных шин - от домкратов подъемного механизма анода.

#### **ЭЛЕКТРОЛИЗНЫЕ УСТАНОВКИ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**7.10.81.** Сборные баки для электролита и вентиляционные воздухопроводы электролизных установок ферросплавного производства, выполненные из металла, должны быть заземлены.

#### **ЭЛЕКТРОЛИЗНЫЕ УСТАНОВКИ НИКЕЛЬ-КОБАЛЬТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**7.10.82.** Электролизные ванны никель-кобальтового производства должны быть укрыты и снабжены местными отсосами. (Необходимая степень укрытия определяется при проектировании.) Для загрузки и выгрузки ванны без перерыва тока в серии следует предусматривать шунтирующее ванну устройство, установка и снятие которого должны быть механизированы.

#### **УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОЛИЗА МЕДИ**

**7.10.83.** В залах электролиза рекомендуется применение медных шин токопроводов. Рекомендуемая плотность тока шин 1 А/мм<sup>2</sup>.

Алюминиевые шины применяются в обоснованных случаях, рекомендуемая плотность тока шин 0,7 А/мм<sup>2</sup>.

#### **УСТАНОВКИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ**

**7.10.84.** Корпуса ванн установок гальванических покрытий в гальванических цехах (участках), питающихся по блочной схеме (выпрямитель-ванна), при номинальном напряжении выпрямленного тока выше 110 В должны быть заземлены, а токоведущие части недоступны для прикосновения. Корпуса установленных на ваннах электроприемников переменного тока при их номинальном напряжении выше 50 В должны быть заземлены.

**7.10.85.** Все ванны в автоматических линиях гальванических покрытий должны устанавливаться на изоляторах для защиты ванн от потенциала, возникающего при блуждающих токах.