

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ В ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ**

В соответствии с п.7.1.13 ПУЭ питание электроприемников здания должно осуществляться 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 3х220 В, следует предусматривать перевод сети на напряжение 380/220 В с системой заземления TN-S или TN-C-S.

Согласно п.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. Запрещение подключения нулевого рабочего (N) и нулевого защитного (PE) проводников под общий контактный зажим группового щитка объясняется следующим. При подключении под один зажим PEN-, PE-, N- проводников возможен случай нарушения контакта между PEN с одной стороны и N-, PE- с другой стороны при сохранении контакта между N и PE. При этом возникает реальная опасность электропоражения из-за выноса потенциала фазы на зануленный корпус электроприемника через защитный контакт штепсельной розетки. Поэтому при подключении нулевых защитных проводников на нулевой шине группового щитка должно предусматриваться необходимое количество дополнительных клеммных зажимов - по числу групповых линий, содержащих штепсельные розетки.

Во всех помещениях необходимо присоединять открытые проводящие части светильников и стационарных электроприемников (электрических плит, кипятильников, бытовых кондиционеров, электрополотенец и т.п.) к нулевому защитному проводнику (п.7.1.68).

Металлические корпуса однофазных переносных электроприборов и настольных средств оргтехники класса I должны присоединяться к защитным проводникам трехпроводной групповой линии (п. 7.1.69).

Следует подчеркнуть, что изложенные выше новые требования ПУЭ относятся ко всем помещениям, в том числе и без повышенной опасности поражения электрическим током, и требуют зануления всех стационарных и переносных электроприемников любой мощности.

В помещениях без повышенной опасности допускается применение подвесных светильников, не оснащенных зажимами для подключения защитных проводников, при условии, что крюк для их подвески изолирован (п. 7.1.70).

В соответствии с п. 7.1.45 7-го издания ПУЭ однофазные двух- и трехпроводные линии, а также трехфазные четырех-пятипроводные линии при питании однофазных нагрузок, должны иметь сечение нулевых рабочих (N) проводников, равное сечению фазных проводников.

Трехфазные четырех-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 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 16мм<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.

Из перечисленных выше изменений и дополнений к ПУЭ следует, что комплекс стандартов ГОСТ Р 50571 «Электроустановки зданий» и «Правила устройства электроустановок» предписывают применение в жилых и общественных зданиях электрических сетей с системами заземления типа TN-C-S или TN-S (см. рис.13 и таб.2). В системе TN-C-S функции нулевого рабочего (N) и нулевого защитного (PE) проводников объединены в одном проводнике (PEN) в части сети (в наружной питающей линии). Другими словами, наружная питающая линия к отдельно стоящим зданиям должна выполняться однофазной двухпроводной (L, PEN) или трехфазной четырехпроводной (L1, L2, L3, PEN), а внутренняя электропроводка — однофазной трехпроводной (L, N, PE) или трехфазной пятипроводной (L1, L2, L3, N, PE). Здесь буквой L обозначены фазные провода.

В системе TN-S функции нулевого рабочего (N) и нулевого защитного (PE) проводников разделены по всей сети, то есть PEN-проводник отсутствует. Наружная питающая линия и внутренняя электропроводка выполняются однофазной трехпроводной (L, N, PE) или трехфазной пятипроводной (L1,L2, L3, N, PE).

Как уже говорилось выше, разновидности системы TN (см. рис.13) различаются между собой уровнем безопасности, который в свою очередь зависит от вероятности обрыва PEN-проводника. При такой неисправности в системах TN-C и TN-C-S имеет место вынос потенциала фазы на все зануленные металлические корпуса электроприемников, подключенных после точки обрыва по ходу энергии, по цепи: фаза-рабочая обмотка электроприемника - нулевой рабочий проводник - точка соединения нулевых рабочего и защитного проводников - нулевой защитный проводник - корпус. Наибольшей вероятностью обрыва PEN-проводника характеризуется система TN-C, где этот обрыв может произойти как в питающей линии (особенно, если она воздушная), так и во внутренней электропроводке. Следует подчеркнуть, что применение системы TN-C в электроустановках зданий ПУЭ 7-го издания не предусмотрено (п.7.1.13). Система TN-C-S обеспечивает более высокий уровень безопасности, т.к. обрыв может произойти практически только в питающей линии. Однако переход к системе TN-C-S требует дополнительных затрат: групповые линии выполняются не двух-, а трехпроводными. Наибольшей степенью безопасности характеризуется система TN-S, где PEN- проводник

отсутствует, а значит, рассматриваемая неисправность исключена. Однако это достигается существенным увеличением затрат, т.к. в питающей линии по всей ее длине от подстанции до потребителя необходимо иметь нулевой защитный проводник (РЕ), то есть питающая линия в системе TN-S имеет на один провод больше, чем в системах TN-C и TN-C-S.

Упомянутым выше совместным Решением 1993 г. Госстрою России предписано дать указания строительным, проектным организациям о внесении изменений в проектную документацию и о разработке новых проектов в соответствии с комплексом стандартов ГОСТ Р 50571 и новыми требованиями ПУЭ; с участием заинтересованных организаций рассмотреть вопрос о реконструкции электрических сетей действующего фонда жилых зданий в целях обеспечения возможности использования электрооборудования класса защиты I.

Госэнергонадзору (Технадзору) предписано, начиная с 1.01 1995 г., осуществлять приемку электроустановок зданий с учетом требований утвержденных государственных стандартов и уточненных требований ПУЭ.

### **Технические решения**

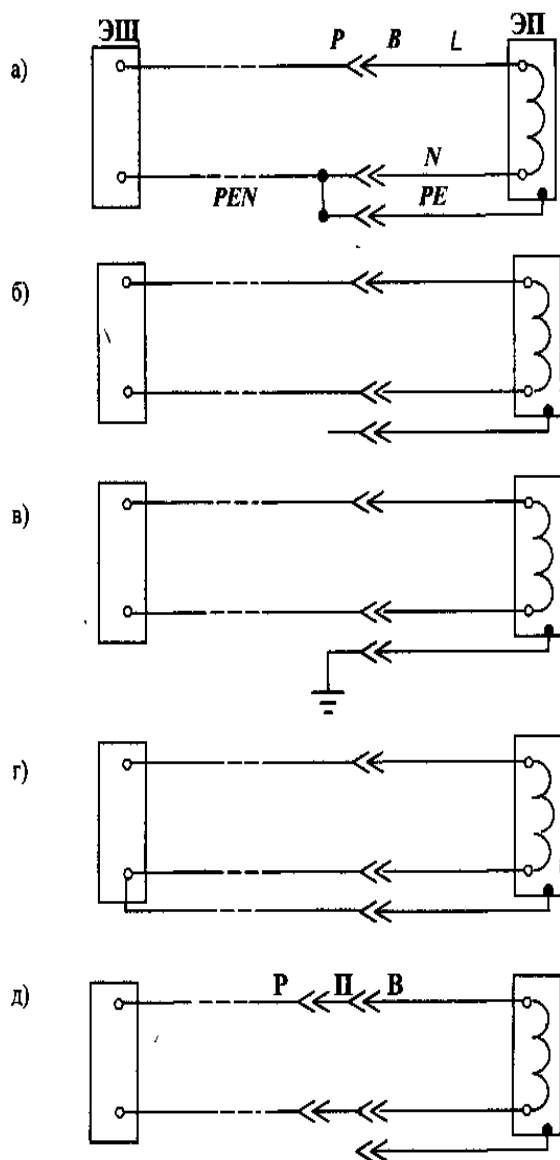
Выше рассмотрены новые требования российских стандартов и Правил устройства электроустановок (ПУЭ) к электроснабжению и электробезопасности жилых и общественных зданий. В соответствии с этими требованиями для электроснабжения зданий должны применяться сети с системой заземления типа TN-C-S или TN-S, а однофазные групповые линии должны выполняться трехпроводными (фаза, нулевой рабочий N и нулевой защитный РЕ проводники). Эти меры открывают широкие возможности для безопасного применения электротехнических изделий класса защиты I и объективно способствуют снижению электротравматизма.

Следует подчеркнуть, что указанные выше новые требования стандартов и ПУЭ могут быть реализованы только во вновь строящихся, реконструируемых и капитально ремонтируемых зданиях. В существующем жилом фонде осуществить переход к трехпроводным групповым сетям в сколько-нибудь сжатые сроки едва ли возможно. Значит, в течение ближайших десятилетий в электроустановках жилых зданий будут параллельно существовать сети TN-C-S и TN (без системы зануления). С другой стороны, во всех этих сетях будут эксплуатироваться электробытовые приборы классов защиты 0, I, II. Указанное обстоятельство требует практического решения и отражения в нормативно-технической документации вопросов, касающихся подключения к сети приборов различных классов защиты.

В зданиях-новостройках с сетями TN-C-S трехконтактные штепсельные розетки предназначены для использования приборов класса I. Что касается приборов класса 0 и II, то их обычные двухштырьковые вилки не могут быть включены в розетки с защитным контактом. Поэтому приходится использовать соответствующие переходники. Заметим, что в последнее время стали выпускаться приборы классов 0 и II с вилками из литой резины, имеющими фланец с прорезями, позволяющими включить их в трехконтактные розетки. Однако следует учесть, что при этом не обеспечивается должный контакт в штепсельном соединении, так как обычные двухштырьковые вилки имеют диаметр штырьков 4 мм, тогда

как трехконтактные вилки - 4,8 мм. Возможен другой вариант: наряду с трехконтактными розетками (для приборов класса I) предусматривать определенное количество обычных розеток (для приборов классов 0 и II). В нормативной документации указанные вопросы пока не нашли отражения, то есть их решение дается на откуп проектным и монтажным организациям, а в худшем случае - самим пользователям. Во всех случаях использование приборов класса 0 в сетях TN-C-S ухудшает условия электробезопасности и существенно снижает эффект, достигаемый путем перехода от двух- к трехпроводным групповым сетям. Однако, как показано выше, запрет приборов класса 0 практически не реален.

Аналогичные вопросы возникают в существующем жилом фонде с



двухпроводными групповыми сетями и обычными двухконтактными штепсельными розетками. При эксплуатации в таких сетях приборов класса защиты I возникает вопрос: как "задействовать" третий защитный контакт штепсельной розетки, которая входит в комплект прибора, либо приобретается вместе с ним? Здесь возможны следующие варианты, встречающиеся на практике:

а) в розетке между нулевым контактом цепи питания и защитным контактом ставится перемычка, то есть защитный контакт соединяется с нулевым рабочим проводником;

б) защитный контакт розетки остается свободным, «незадействованным»;

в) защитный контакт соединяется с естественным или искусственным заземлителем;

г) защитный контакт соединяется с защитным проводником PE, прокладываемым дополнительно от группового щитка до розетки;

д) трехконтактная розетка не используется, трехконтактная вилка питающего прибор кабеля через переходник включается в обычную двухконтактную розетку.

Вариант а) соответствует сети типа TN-C, применение которой в электроустановках зданий не предусмотрено ни ГОСТ Р, ни ПУЭ. В этом варианте

обеспечивается зануление корпуса электроприемника, однако в случае обрыва совмещенного нулевого рабочего и защитного проводника PEN на корпус прибора через рабочую обмотку и перемычку выносится потенциал фазы даже при исправной изоляции самого прибора. Это наиболее опасный и потому недопустимый способ подключения к сети трехконтактной розетки.

Варианты б) и д) означают сознательный отказ от зануления, то есть прибор класса I используется как прибор класса 0. В случае замыкания на корпус последний оказывается по отношению к земле под напряжением вплоть до фазного.

Вариант в) соответствует сети типа TT, то есть означает применение защитного заземления (без зануления) в сети с глухозаземленной нейтралью, что запрещено ПУЭ (п. 1.7.39). Такой вариант характерен для сельской местности, где в качестве искусственного заземлителя может быть использован металлический штырь, кол и пр., вбитый в землю. Поскольку сопротивление растеканию такого заземлителя намного больше, чем заземлителя нейтрали трансформатора, то в случае замыкания на корпус большая часть фазного напряжения оказывается на корпусе. Это особенно опасно в домах городского типа, где в качестве естественного заземлителя может быть ошибочно использован водопровод, канализация, система отопления. В случае замыкания на корпус в каком-либо приборе, будет иметь место вынос потенциала во все помещения, где проходят упомянутые выше коммуникации.

Вариант г) с точки зрения электробезопасности является наиболее правильным, так как означает переход от двух- к трехпроводной групповой Сети, то есть к сети типа TN-C-S, что соответствует новым нормативным требованиям. Однако это означает реконструкцию электрической сети с большим объемом монтажных работ, которые под силу только квалифицированным специалистам, но не самим жильцам. К тому же ПУЭ (п. 1.7.80) требуют прокладки нулевых защитных проводников совместно или в непосредственной близости с фазными. Поскольку в большинстве случаев существующая электропроводка скрытая и трасса ее неизвестна, указанное требование может быть не выполнено. Это может привести к увеличению ширины петли "фаза-нуль", росту ее внешнего индуктивного сопротивления, и, как следствие, к отказу зануления. По указанным причинам данный вариант нельзя считать реальным.

Из всех рассмотренных вариантов использования приборов класса I в существующем жилом фонде предпочтение следует отдать варианту д), как наиболее простому и наименее опасному. Однако следует иметь в виду, что при этом должный уровень электробезопасности не обеспечивается, и необходимы дополнительные меры защиты. Одной из таких мер является применение устройств защитного отключения (УЗО). Заметим, что установка УЗО целесообразна не только в зданиях с двухпроводными групповыми сетями, но и в новостройках с сетями типа TN-C-S. Сейчас ведутся активные работы по созданию и совершенствованию нормативной базы по применению УЗО.

Вопросы электробезопасности, рассмотренные выше, касались, в основном, электроустановок многоэтажных зданий городского типа. Между тем в последнее время идет интенсивное строительство индивидуальных жилых домов, коттеджей, дачных (садовых) домов и других частных сооружений, в которых вопросы электробезопасности

стоят наиболее остро. Это связано с тем, что значительная часть электрооборудования и электрических сетей эксплуатируется в условиях повышенной и особой опасности (насосы, теплицы, сауны, души, летние кухни и пр.). Электрооборудование, как правило, не закреплено за постоянным квалифицированным обслуживающим персоналом. Положение усугубляется тем, что нередко проектные организации, идя на поводу у заказчиков и выполняя их эстетические пожелания, принимают проектные решения, не соответствующие требованиям действующих нормативных документов. В этих условиях весьма своевременным явилось введение в действие «Инструкции по электроснабжению индивидуальных жилых домов и других частных сооружений», разработанной Главгосэнергонадзором и утвержденной Минтопэнерго РФ 16.03.1994 г. В соответствии с Инструкцией АО «РОСЭП» в 1994 г. разработаны «Рекомендации по электроснабжению индивидуальных жилых домов, коттеджей, дачных (садовых) домов и других частных сооружений», где рассмотрены конкретные вопросы проектирования электроснабжения указанных объектов, в частности, обеспечения их электро- и пожарной безопасности.

В соответствии с Инструкцией электробезопасность людей как внутри объекта, так и снаружи должна была быть обеспечена комплексом электрозащитных технических мероприятий, включающих применение УЗО как в месте присоединения к владельцу электрических сетей; так и внутри объекта, повторное заземление нулевого провода на воздушном вводе, зануление электроприемников, использование двойной изоляции ввода в объект. Рассмотрим указанные требования более подробно.

Зануление стационарных и переносных электроприемников в индивидуальных домах и других частных сооружениях должно осуществляться в полном соответствии с изложенными выше требованиями комплекса стандартов ГОСТ Р 50571 и ПУЭ. Для электроснабжения используется питающая сеть типа TN-C-S; однофазные групповые линии выполняются трехпроводными; защитные контакты штепсельных розеток для электроприборов класса I и металлические корпуса стационарных электроприемников подключаются к нулевому защитному проводнику PE, прокладываемому от вводно-распределительного устройства и имеющему такое же сечение, как и фазный проводник L. Использование нулевого рабочего проводника N для зануления запрещается.

Характерной особенностью любого объекта индивидуального строительства, (например, садового участка) является наличие наружных электропроводок: ответвление от воздушной линии (ВЛ); вводов в сооружения и выводов из них; внутриобъектной электропроводки, предназначенной для электроснабженияхозпостроек и других электроприемников, расположенных на территории объекта и питаемых через один общий счетчик. Все указанные элементы системы электроснабжения должны соответствовать требованиям ПУЭ, строительных норм и Инструкции. В частности, ответвления от ВЛ длиной до 25 м должны быть выполнены изолированным проводом, а более 25 м допускается выполнять неизолированным проводом с установкой дополнительных опор. Минимальные расстояния до земли должны быть: проводов ответвления - 6м над проезжей частью и 3,5 м над пешеходными участками; вводов (выводов) и проводов внутриобъектной электропроводки - 2,75 м. При невозможности соблюдения указанных расстояний необходима установка дополнительной опоры или трубостойки на строении. Внутриобъектная проводка не должна проходить над проезжей частью территории объекта.

Минимальные сечения проводов должны составлять: медных - 6 мм<sup>2</sup> для ответвления и 2,5 мм<sup>2</sup> для ввода; алюминиевых - соответственно 16 мм<sup>2</sup> и 4 мм<sup>2</sup>.

Ввод в объект следует выполнять через стены изолированным проводом или кабелем с негорючей оболочкой. Допускается выполнять ввод через крышу в стальной трубе (трубостойке). Проход через стену изолированных проводов осуществляется в изоляционных полутвердых трубках, оконцованных изолированными втулками в сухих помещениях и воронками в сырых помещениях или при выходе наружу. При этом должны быть приняты меры, предотвращающие попадание воды в проход через стену или крышу. Если ввод осуществляется через стену из горючего материала, то провода, изоляционная трубка, втулки должны быть заключены в стальную трубу. Вывод проводов из дома для электроснабжения хозяйственных и других потребителей осуществляется так же, как и ввод. Ввод внутриобъектной электропроводки в хозяйственные постройки рекомендуется выполнять проводами или кабелями без их разрезания во избежание возгорания помещений из-за плохих контактных соединений на вводе.

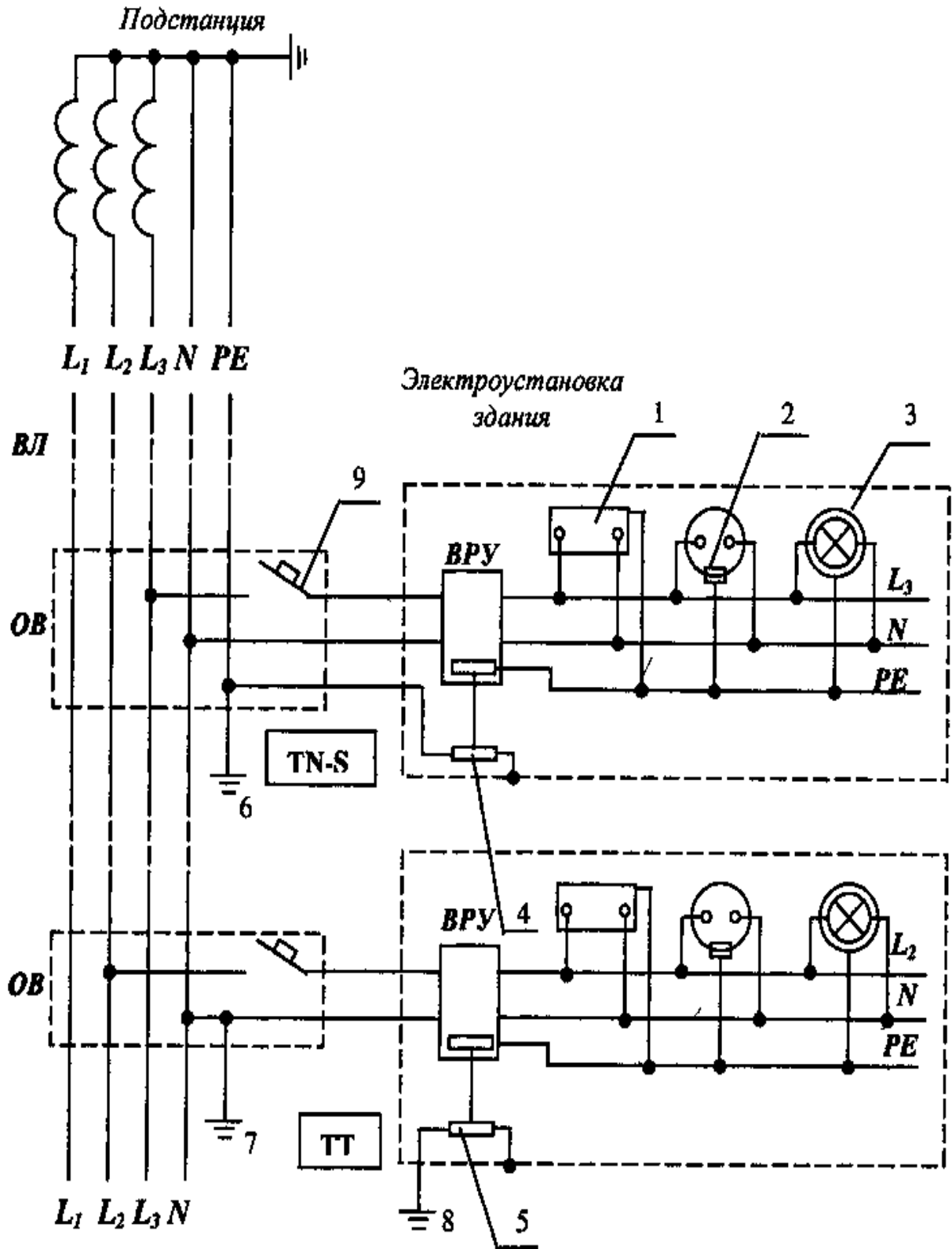
Важным мероприятием, направленным на повышение электробезопасности объектов индивидуального строительства, является повторное заземление нулевого PEN-провода на воздушном вводе в объект. Необходимость повторного заземления при однофазном вводе определяется в каждом конкретном случае проектом системы электроснабжения, а при трехфазном вводе является обязательным во всех случаях. Для этого в первую очередь следует использовать расположенные поблизости естественные или искусственные заземлители. Сопротивление повторного заземлителя не должно превышать 30 Ом. При удельном сопротивлении грунта более 100 Ом\*м допускается увеличение указанной нормы в 0,01ρ раз, но не более десятикратного (здесь ρ - удельное сопротивление грунта, Ом\*м). Допускается не выполнять повторное заземление нулевого провода на воздушном вводе в объект, если питающая линия имеет длину менее 200 м или имеет хотя бы одно повторное заземление при длине более 200 м. Повторное заземление также не выполняется, если питание объекта осуществляется кабелем, проложенным в земле.

Конструктивно повторное заземление нулевого провода на воздушном вводе в объект должно быть выполнено так, чтобы в случае обрыва PEN-проводника ответвления от ВЛ к объекту, нулевой провод ввода в дом оставался присоединенным к заземлителю. При этом обеспечивается снижение потенциала, вынесенного на зануленные корпуса электроприемников, который при отсутствии связи с заземлителем был бы равен полному потенциалу фазы.

Содержащееся в Инструкции требование об установке УЗО в месте присоединения к владельцу электрических сетей в настоящее время признано завышенным и фактически отменено "Временными указаниями по применению устройств защитного отключения в электроустановках жилых зданий", утвержденными Главгосэнергонадзором (информационное письмо №42-6/9-ЭТ от 29.04.97). Согласно этому документу применение УЗО для объектов индивидуального строительства рекомендуется на вводе в объект, либо в отдельных групповых линиях. Обязательным является применение УЗО для групповых линий, питающих штепсельные соединители наружной установки, а также штепсельные розетки ванных и душевых помещений, если они не подсоединяются к индивидуальному

разделяющему трансформатору. Уставка срабатывания по току утечки указанных УЗО не должна превышать 30 мА.

Мобильные здания из металла





Выше были рассмотрены технические меры электробезопасности применительно к многоэтажным зданиям городского типа, а также к объектам индивидуального строительства (коттеджи, дачные, садовые домики, внутрихозяйственные постройки).

Для уличной торговли и бытового обслуживания населения в настоящее время широко применяются мобильные здания из металла или с металлическим каркасом (торговые палатки, павильоны, киоски). К таким зданиям в полной мере можно отнести также индивидуальные металлические гаражи. При повреждении изоляции электрооборудования в таком здании под напряжением оказываются не только открытые проводящие части (металлические корпуса электрооборудования), но и сторонние проводящие части (металлический корпус или каркас здания, металлические трубы газового хозяйства, водопровода, отопления, радиаторы, смесители, раковины и пр.). При этом создается повышенная и даже особая опасность поражения электрическим током людей как внутри здания, так и снаружи его. Опасность усугубляется тем, что электропроводка в таких зданиях часто выполняется случайными людьми или самими владельцами и изобилует нарушениями действующих правил и норм. В связи со сказанным к электроснабжению и электробезопасности мобильных металлических зданий предъявляются более жесткие требования, чем к рассмотренным выше объектам частной собственности (коттеджам, садовым домикам и пр.). В соответствии со стандартами электроснабжения здания следует осуществлять от электрической сети напряжением 380/220 В с заземленной нейтралью. Схема электроснабжения – электрическая сеть ТТ. Допускается применять электрическую сеть TN-S с заземленной нейтралью и занулением, с отдельным нулевым рабочим и нулевым защитным проводниками.

Наружную электропроводку к отдельно стоящим зданиям следует выполнять:

- для сетей ТТ - однофазной двухпроводной или трехфазной четырехпроводной;
- для сетей TN-S - однофазной трехпроводной или трехфазной пятипроводной.

Таким образом, ГОСТ предписывает применение сети ТТ в качестве основной, а сеть TN-S лишь допускается к применению. Подчеркнем, что сеть TN-C-S (используемая для электроснабжения всех рассмотренных выше жилых и общественных зданий) и особенно сеть TN-C не допускаются для электроснабжения мобильных зданий из металла, как не обеспечивающие должный уровень электробезопасности.

Система ТТ имеет ряд преимуществ перед системой TN-S. При реализации системы ТТ здание подключается к существующей сети 380/220 В без всяких дополнительных затрат, не считая устройства защитного заземления здания, к которому предъявляются весьма невысокие требования (см. ниже), что позволяет значительно упростить его конструкцию и сократить затраты сил, средств и времени на его сооружение. Для реализации системы TN-S необходимо реконструировать существующую сеть, прокладывая дополнительно от нейтрали трансформатора подстанции до потребителя пятый, нулевой защитный провод, сечение которого должно быть не менее половины сечения фазного провода. Одно только наличие пятого провода повышает стоимость питающей линии на 15-20%. Все разновидности системы TN (TN-S, TN-C-S, TN-C) имеют

общий недостаток - вынос потенциала на все зануленные корпуса электроприемников в случае замыкания на корпус в любом из них. Этот потенциал будет иметь место до тех пор, пока поврежденная часть электроустановки не будет отключена от сети под действием системы зануления, т.е. пока не сработает автоматический выключатель (предохранитель), ближайший к месту повреждения. Кроме того, в сетях TN-C-S и TN-C в случае обрыва PEN-проводника металлические корпуса потребителей (в том числе совершенно исправных) оказываются под фазным напряжением по отношению к земле.

Система TT свободна от указанных выше недостатков системы TN. Однако при ее использовании необходимо иметь в виду одно принципиально важное условие: сеть типа TT обеспечивает электробезопасность только в сочетании с устройством защитного отключения. Кстати, и расчет нормируемого сопротивления растеканию заземлителя мобильного здания (см. ниже) ведется из условия наличия на вводе в электроустановку УЗО, которое в случае появления опасных токов утечки (например, при прямом прикосновении человека к токоведущей части) быстро отключит электроустановку от питающей сети. При отсутствии УЗО система TT несет в себе прямую угрозу электропоражения. Не случайно, система TT (без ссылки на обязательное применение УЗО) запрещена Правилами устройства электроустановок (ПУЭ): согласно п. 1.7.39 в электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью должно быть выполнено зануление. Применение в таких электроустановках заземления корпусов электроприемников без их зануления не допускается. К сожалению, в ГОСТ не содержится прямого указания на неразрывную связь системы TT и УЗО; эта мысль следует из текста ГОСТ лишь косвенно - через требование об обязательном применении УЗО в электроустановках мобильных зданий, вне зависимости от принятой системы электроснабжения (TT или TN-S).

Электробезопасность людей как снаружи мобильного здания, так и внутри должна быть обеспечена комплексом следующих электрозщитных технических мероприятий:

- применение УЗО внутри здания;
- повторное заземление нулевого рабочего провода (для сети TT) или нулевого защитного провода (для сети TN-S) в месте присоединения наружной электропроводки к питающей сети;
- заземление (для сети TT) или зануление (для сети TN-S) открытых проводящих частей электроустановки здания, а также сторонних проводящих частей;
- двойная изоляция проводов ввода в здание.

УЗО предусматривается как обязательная мера защиты, устанавливается на вводе в здание, располагается во вводно-распределительном устройстве. Уставка срабатывания УЗО по току утечки не должна превышать 30 мА. В месте присоединения наружной электропроводки к питающей электрической сети УЗО не предусматривается; в этом месте должен быть установлен аппарат защиты от токов коротких замыканий.

Требования к повторному заземлению N-проводника (для сети TT) и PE-проводника (для сети TN-S) в мобильных зданиях не отличаются от рассмотренных выше

требований к повторному заземлению нулевого проводника ввода в объекты малоэтажного строительства (коттеджи, садовые домики и др.). Однако при питании мобильных зданий повторное заземление выполняется не на вводе в здание, а на опоре, где к питающей линии присоединяется ответвление к вводу в здание.

Говоря о защитном заземлении или занулении, следует подчеркнуть, что эти меры осуществляются не только в отношении открытых проводящих частей электроустановки, но и в отношении сторонних проводящих частей - корпуса или каркаса здания и других металлических частей, не относящихся к электрооборудованию. При этом должна быть обеспечена непрерывность электрической цепи между всеми металлоконструкциями здания, в том числе и подвижными (двери, люки, полки и др.), в местах их соединения между собой. Тем самым осуществляется мера защиты, дополняющая заземление (зануление) - выравнивание потенциала внутри здания, благодаря чему практически исключается опасность одновременного прикосновения человека к металлическому корпусу электроприемника, оказавшемуся под напряжением, и сторонней проводящей части, не изолированной от земли.

В системе ТТ для заземления металлического корпуса (каркаса) и открытых проводящих частей электроустановки вблизи каждого здания необходимо выполнить заземляющее устройство. Нормируемое значение сопротивления заземлителя определяется по формуле:

$$R = 12 / (1,4 I), \quad \text{Ом}, \quad (1)$$

где 12 - допустимое напряжение прикосновения, В;

1,4 - коэффициент запаса;

I - уставка срабатывания УЗО, равная 0,03 А.

Сопротивление заземлителя в самый неблагоприятный сезон не должно превышать значения, рассчитанного по формуле, равного 286 Ом. Сооружение такого заземлителя не требует значительных затрат сил и средств. Заметим, что использование для этой цели естественных заземлителей ГОСТ Р не предусматривает.

Из сказанного следует существенный недостаток, принципиально присущий системе ТТ. При отсутствии УЗО или при выходе его из строя, в случае замыкания на корпус, фазное напряжение распределится между заземлителями здания и нейтрали трансформатора пропорционально их сопротивлениям (соответственно 286 Ом и 4 Ом - по норме) При этом все заземленные части здания длительно окажутся под напряжением 217 В, что создает прямую опасность электропоражения. Следовательно, в системе ТТ заземление здания не является мерой защиты от косвенных прикосновений, а лишь обеспечивает работу УЗО, которое следует рассматривать как единственную, не имеющую резерва меру защиты. В этих условиях должны предъявляться повышенные требования к надежности УЗО.

Иногда высказывается мнение, что указанный недостаток системы ТТ можно устранить, снижая нормируемое значение R, например до 10 Ом. Ошибочность такого мнения очевидна. При снижении сопротивления заземлителя здания напряжение на нем

уменьшается, но одновременно растет напряжение на заземлителе нейтрали; их сумма всегда равна фазному напряжению. Так, при  $R = 10$  Ом заземленные части здания окажутся под напряжением 157 В, а металлические корпуса электрооборудования подстанции - под напряжением 63 В. При дальнейшем снижении  $R$ , например, до 4 Ом, указанные напряжения будут равны между собой и составят 110 В, что создает реальную опасность электропоражения как в здании, так и на подстанции. Вместе с тем, сооружение заземлителя с таким малым сопротивлением, как 10 или 4 Ом, требует существенных затрат сил и средств. В итоге не только не устраняется опасность электропоражения, но и одновременно система ТТ лишается ее главного достоинства ~ простоты и дешевизны заземлителя здания.

В случае применения системы ТТ внутри здания должна быть предусмотрена главная заземляющая шина (см. рис. 20), которая с помощью заземляющих проводников (не менее двух) соединяется с заземлителем. Контакт заземляющих проводников с главной заземляющей шиной должен обеспечиваться болтовым соединением, а с заземлителем - путем сварки. К главной заземляющей шине при помощи защитных проводников (РЕ) присоединяются металлические корпуса стационарного электрооборудования, а также защитные контакты штепсельных розеток, через которые осуществляется заземление корпусов переносных электроприемников. Корпус (каркас) здания соединяется с главной заземляющей шиной при помощи главного проводника системы выравнивания потенциала. Предусматриваются также проводники системы выравнивания потенциала, соединяющие отдельные конструкции корпуса здания между собой и со сторонними проводящими частями (трубы водоснабжения и др.). Для измерения сопротивления заземляющего устройства должна быть обеспечена возможность отсоединения заземляющих проводников от главной заземляющей шины. Отсоединение от главной заземляющей шины всех подключенных к ней проводников должно быть возможно только при помощи инструмента. Главная заземляющая шина может устанавливаться на металлической конструкции корпуса (каркаса) внутри здания или в корпусе вводно-распределительного устройства. Конкретные требования к упомянутым выше элементам защитного заземления содержатся в ГОСТ Р 50571.10-96 «Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 54. Заземляющие устройства и защитные проводники».

Для системы TN-S внутри здания предусматривается главная зануляющая шина, конструкция которой такая же, как главной заземляющей шины в системе ТТ. Отличие состоит в том, что вместо заземляющих проводников к шине подключается нулевой защитный проводник (РЕ) питающей сети, прокладываемый от нейтрали трансформатора подстанции, а металлические корпуса стационарного электрооборудования и защитные контакты штепсельных розеток соединяются с шиной нулевыми защитными проводниками. Таким образом, в системе TN-S в качестве защиты от косвенных прикосновений используется зануление и УЗО

В перечне электрозащитных мероприятий, предписываемых ГОСТ Р 50669-94, не предусмотрена облицовка изоляционным материалом пола, потолка и стен внутри здания из металла, тем самым допускается возможность прикосновения людей к неизолированным сторонним проводящим частям. Такие здания согласно ГОСТ должны быть отнесены к стесненным помещениям с проводящими потолком, стенами и полом и отвечать более жестким требованиям электробезопасности, чем предписывает ГОСТ. Поэтому

целесообразно внутри здания выполнить облицовку пола, потолка и стен изоляционным материалом.

Двойная изоляция проводов ввода в мобильное здание из металла осуществляется по тем же правилам, что и для объектов частной собственности.

Помимо рассмотренных выше электротехнических мероприятий, в жилых и общественных зданиях находят применение выравнивание потенциала и электрическое разделение сети.

Выравнивание потенциала имеет большое значение для обеспечения электробезопасности в мобильных зданиях из металла, о чем сказано выше.

В соответствии с требованиями ПУЭ 7-го издания (7.1.87, 7.1.88) 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.

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.

В ванных комнатах и в банях металлические корпуса ванн, а в душевых поддоны должны быть соединены металлическими проводниками с металлическими трубами водопровода. Дело в том, что, как показывает практика, не исключено попадание напряжения на корпус ванны или поддон из-за повреждения изоляции проводки, проходящей в непосредственной близости. В то же время трубы водопровода из-за хорошего контакта с землей имеют нулевой потенциал. Таким образом, при отсутствии указанной металлической связи человек, находящийся в ванне или стоящий на поддоне,

прикоснувшись к водопроводному крану, подвергается смертельной опасности, которая усугубляется особой сыростью помещения ванной комнаты или душевой.

Электрическое разделение сети в жилых и общественных зданиях имеет ограниченное применение. Согласно ГОСТ Р допускается в ванных комнатах квартир, гостиниц, общежитии установка розеток, присоединяемых к сети через разделительные трансформаторы. Заметим, что для этой цели промышленность выпускает трансформаторы типа ОСР-0,02/0,22 (0-однофазный, С - сухой, т.е. с естественным воздушным охлаждением; Р - разделительный; 0,22 -первичное и вторичное напряжение, кВ; 0,02 - мощность электроприемника, кВ\*А). Альтернативной мерой электрическому разделению сети является применение УЗО для групповых линий, питающих розетки, установленные в ванных комнатах. УЗО должны реагировать на токи утечки и иметь уставку не более 30 мА.

В соответствии с п.6.1.16 и п. 6.1.18 ПУЭ 7-го издания в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных для светильников местного освещения допускается напряжение до 220 В. В этом случае должно быть предусмотрено или УЗО (30 мА) или питание каждого светильника через разделительный трансформатор, который может иметь несколько электрически несвязанных вторичных обмоток.

Питание переносных светильников напряжением до 50 В должно производиться от разделительных трансформаторов или автономных источников питания.