

ВВЕДЕНИЕ

Широчайшее применение электроэнергии во всех сферах деятельности человека, в том числе и в строительстве, привело к необходимости всеобщего обучения работников, связанных с эксплуатацией разнообразного электрооборудования, основам электробезопасности. В этой связи обеспечение всесторонней безопасности труда при эксплуатации электрооборудования приобрело важнейшее значение.

Опасность поражения электрическим током подтверждается статистическими данными о числе смертельных исходов от поражения электрическим током. 75–80 % смертельных поражений током происходит в наиболее распространенных электроустановках напряжением до 100 В [1].

Снижение уровня электротравматизма ведется по двум направлениям:

- Разработка современных правил, инструкций по охране труда, направленных на достижение безопасности организации труда работников и применение современных индивидуальных электрозащитных средств.

- Использование современных технических средств, обеспечение электробезопасности (качественная изоляция токоведущих проводов, применение защитного зануления и заземления электрооборудования, повсеместное использование устройств защитного отключения).

В последние годы проделана большая работа по унификации отечественных норм и правил с аналогичными стандартами и директивами Международной электротехнической комиссии (МЭК).

1. ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

1.1. Характеристика электроустановок

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 [4].

Открытые или наружные электроустановки это электроустановки, незащищенные зданием от атмосферных воздействий. Электроустановки, защищенные только навесами, сетчатыми ограждениями и т.п., рассматриваются как наружные.

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

1.2. Требования к персоналу, обслуживающему электроустановки

Работники, выполняющие работы в электроустановках, должны иметь профессиональную подготовку, соответствующую сложности выполняемой работы.

Проверка состояния здоровья работника проводится до приема его на работу, а также периодически, не реже одного раза в два года.

Электротехнический персонал, занятый обслуживанием электроустановок, перед допуском к самостоятельной работе должен быть обучен приемам освобождения пострадавшего от контакта с поврежденной электроустановкой и оказания доврачебной помощи при поражении человека электрическим током.

Персонал, обслуживающий электроустановки, должен пройти проверку знаний или правил по охране труда при эксплуатации электроустановок [2], правил устройства электроустановок [3], а также правил технической эксплуатации электроустановок потребителей [4], утвержденных приказом Минэнерго РФ № 6 от 13.01.2003.

Работник обязан изучить правила обеспечения пожарной безопасности в электроустановках, правила пользования электрозащитными средствами в пределах требований, предъявляемых к со-

ответствующей должности. Работнику, прошедшему проверку знаний по охране труда при эксплуатации электроустановок, выдается удостоверение установленной формы, в которое заносятся результаты проверки знаний.

При выполнении специальных работ, таких как работы на высоте более 5 м, испытания оборудования повышенным напряжением и т.п., в удостоверении должна быть сделана соответствующая запись.

Работник, проходящий стажировку, дублирование, должен быть закреплен распоряжением руководителя за опытным работником. Допуск к самостоятельной работе должен быть оформлен соответствующим распоряжением руководителя организации.

1.3. Требования к электропомещениям

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

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

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

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

Особо сырые помещения — помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100 % (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой) [4; 5].

2. ЗАЩИТА ЧЕЛОВЕКА ОТ ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОТОКА

2.1. Действие электрического тока на организм человека

Поражения электротоком в строительстве приводят к смертельному исходу в 70...80 % случаев. При этом большинство смертельных несчастных случаев происходит на электроустановках напряжением до 1000 В, которые в основном применяются в строительстве. Предупреждение электротравм является важной задачей

охраны труда, которая на практике реализуется в виде системы организационных и технических мероприятий, обеспечивающих защиту людей от поражения электрическим током.

Опасность эксплуатации электроустановок определяется тем, что токоведущие проводники (или корпуса машин, оказавшиеся под напряжением в результате повреждения изоляции) не подают сигналов опасности, на которые реагирует человек. Реакция на электрический ток возникает лишь после его прохождения через ткани человека. В этих случаях возникают судороги мышц или остановка дыхания и сердца, что не позволяет человеку самостоятельно освободиться от контакта с установкой (или проводами), находящимися под напряжением. Степень поражения человека зависит от силы электротока, рода и величины напряжения, частоты электрического тока, пути прохождения тока через человека, продолжительности действия тока, условий внешней среды [1].

Как показывает практика, спасение человека возможно, если время, в течение которого человек находится под действием электрического тока, не превышает 3...5 мин.

Тело человека обладает электрическим сопротивлением, которое складывается из сопротивления кожи и сопротивления внутренних органов. Наибольшим сопротивлением обладает верхний слой кожи, имеющий толщину до 0,2 мм, внутренние органы обладают небольшим сопротивлением — 200...500 Ом. При наличии сухой неповрежденной кожи сопротивление тела человека может колебаться в зависимости от индивидуальных особенностей в пределах 300...100000 Ом. Большое влияние на снижение сопротивления тела оказывает состояние кожи, наличие пота, общее ослабление организма, состояние опьянения. При сочетании ряда неблагоприятных факторов и в состоянии опьянения сопротивление тела человека снижается до 300...500 Ом.

В расчетах, связанных с определением тока, проходящего через человека, сопротивление тела человека $R_{\text{ч}}$ принимается равным 1000 Ом [1].

Величина тока, проходящего через человека, является фактором, определяющим тяжесть поражения электрическим током. Электрический ток, проходя через человека, оказывает сложное физико-биологическое воздействие на основные системы организма, которое выражается в возбуждении мышечных и нервных тканей, ожогах внешних и внутренних органов, электролизе крови и т.п.

Человек начинает ощущать прохождение тока частотой 50 Гц при силе 0,6...1,5 мА. При токе 10...15 мА возникают судороги мышц рук, которые человек не может самостоятельно преодолеть, т.е. человек не в состоянии самостоятельно разжать руку, которая касается токоведущей части установки. Такой ток принято называть пороговым неотпускающим. При прохождении тока в 25...50 мА возникают спазмы мышц грудной клетки, что вызывает нарушение или прекращение дыхания. При длительном воздействии тока такой величины (5...7 мин) может наступить смерть вследствие прекращения работы легких. Ток силой 100 мА = 0,1 А и более вызывает остановку или хаотические сокращения сердца, что приводит к прекращению кровообращения. Такой ток считается смертельным [1].

Многообразное воздействие электрического тока можно свести к двум видам поражения: электрическим травмам и электрическим ударам. *Электрические травмы* — это повреждения тканей организма под действием проходящего электрического тока, выражающиеся в виде электрического ожога, металлизации кожи, механических повреждений, электрических знаков. Электрический удар вызывает возбуждение живых тканей организма под действием проходящего электрического тока, сопровождающееся непроизвольным сокращением мышц.

2.2. Оказание помощи человеку, пораженному электрическим током

Первая медицинская помощь — это комплекс мероприятий, направленных на восстановление и сохранение жизни и здоровья пострадавшего, осуществляемый немедицинскими работниками. Главным условием успеха первой медицинской помощи является быстрота ее оказания, а также находчивость, быстрота действий, знания и умение подающего помощь. Поэтому каждый работник должен знать приемы оказания помощи человеку, пораженному электрическим током. Оказывающий помощь должен знать: основные признаки нарушения жизненно важных функций организма, общие принципы оказания первой медицинской помощи, основные способы переноски пострадавших.

Вначале применяются все доступные способы для освобождения пострадавшего от контакта с электроустановкой и, следовательно, прекращения действия электрического тока. Для прекращения кон-

такта с электроустановкой необходимо: нажав красную кнопку «Стоп», отключить электроустановку от сети или оттянуть пострадавшего за сухую одежду, или перерубить топором с деревянной ручкой токоведущий провод (в установках до 1000 В). В электроустановках напряжением более 1000 В для выполнения указанных выше способов следует использовать диэлектрические перчатки, боты, а для отбрасывания токоведущих проводов — изолирующие штанги или клещи. В исключительных случаях для отключения тока можно использовать преднамеренное замыкание накоротко фаз электроустановки путем набрасывания на линии воздушных передач оголенного провода, один конец которого заземлен.

После освобождения пострадавшего от действия электрического тока необходимо немедленно оценить его состояние для оказания первой помощи.

Последовательность действий следующая:

- Убедиться в отсутствии пульса на сонной артерии.
- Освободить грудную клетку от одежды и расстегнуть поясной ремень, не тратя время на определение признаков дыхания.
- Прикрыть мечевидный отросток и нанести удар по груди, если нет сознания и пульса на сонной артерии.
- Начать непрямой массаж сердца. При этом глубина продавливания грудной клетки должна быть не менее 3–4 см.
- Сделать «вдох» искусственного дыхания. Зажать нос, захватить подбородок, запрокинуть голову пострадавшего и сделать максимальный выдох ему в рот.

При оказании первой помощи нельзя:

- Наносить удар по груди и проводить непрямой массаж сердца, не освободив грудину и не расстегнув поясной ремень;
- Наносить удар при наличии пульса на сонной артерии.
- Наносить удар по мечевидному отростку или в область ключиц.
- Делать «вдох» искусственного дыхания, предварительно не зажав нос пострадавшего [1].

Основные правила выполнения комплекса реанимации следующие:

- Если помощь оказывает один спасатель, то делаются два «вдоха» искусственного дыхания после 30 надавливаний на грудину.
- Если помощь оказывают два и более человека, то два «вдоха» искусственного дыхания делают после пяти надавливаний на грудину.

- Для быстрого возврата крови к сердцу надо приподнять ноги пострадавшего.
- Для сохранения жизни головного мозга следует приложить холод к голове.
- Для удаления воздуха из желудка необходимо повернуть пострадавшего на живот и надавить кулаком ниже пупка.
- При надавливании на грудину нельзя располагать ладони так, чтобы большой палец был направлен на спасателя.

Искусственное дыхание и наружный массаж сердца необходимо выполнять до появления устойчивого пульса и дыхания. Если пульс и дыхание не восстанавливаются, то меры помощи надо осуществлять до прибытия врача [1].

2.3. Основные причины электротравм

Все электроустановки принято разделять по напряжению на две группы: напряжением до 1000 В и напряжением свыше 1000 В. Наибольшее число травм происходит на электроустановках напряжением до 1000 В. Это объясняется тем, что такие электроустановки широко применяются в строительстве и промышленности и часто обслуживаются недостаточно подготовленным персоналом. Электроустановок напряжением свыше 1000 В значительно меньше и к их обслуживанию допускаются только высококвалифицированные работники [2].

Причинами электротравматизма являются:

- Появление напряжения на частях установок и машин, не находящихся под напряжением в нормальных условиях эксплуатации (корпуса, пульты и др.). Часто это происходит вследствие повреждения изоляции в электромоторах, кабелях и проводах.

- Образование электрической дуги между токоведущей частью установки и человеком возможно в электроустановках напряжением свыше 1000 В. Для того чтобы предотвратить возникновение дуги между токоведущими частями и работающими людьми, установлено минимально допустимое расстояние от токоведущих частей до человека. В электроустановках напряжением до 1000 В расстояние до токоведущих частей не нормируется, но не допускается прикосновения. При 15 кВ это расстояние составляет 0,7 м, при 220 кВ — 3,0 м.

- Появление «шагового напряжения» на поверхности земли в результате замыкания токоведущих проводов на землю.

- Прочие причины, к которым можно отнести несогласованные действия персонала, отсутствие надзора за электроустановками, находящимися под напряжением, и ряд других организационных причин [2].

Поскольку поражающим фактором является сила тока, а сопротивление человека не является стабильным и может изменяться в широких пределах, то ограничить величину тока, проходящего через человеческий организм, можно только путем уменьшения приложенного напряжения. Следовательно, безопасным может считаться такое значение приложенного напряжения, при котором через человека будет протекать безопасный ток. Безопасным считается напряжение 12 В.

2.4. Классификация помещений по опасности поражения человека электрическим током

Требования, предъявляемые к электробезопасности в конкретном помещении, зависят от характера окружающей среды.

В отношении опасности поражения человека электрическим током существуют четыре категории помещений: без повышенной опасности, с повышенной опасностью, особо опасные и такие, где имеются особо неблагоприятные условия.

Окружающая воздушная среда, заземленное оборудование, токопроводящие полы в значительной мере могут влиять на опасность поражения электрическим током. Агрессивные среды, токопроводящая пыль, высокая влажность и температура воздуха активно разрушают электрическую изоляцию токоведущих проводов, что вызывает на металлических корпусах и других токоведущих частях электрооборудования появление опасного напряжения. Вместе с тем, при этих же условиях снижается электрическое сопротивление тела человека, что также увеличивает опасность поражения человека электрическим током. Все помещения по степени опасности поражения людей электрическим током делятся на четыре класса:

- *Помещения без повышенной опасности.* К ним относятся сухие, беспыльные помещения с нормальной температурой, изолирующими полами, при полном или частичном отсутствии заземленного оборудования, в частности, жилые комплексы, помещения учреждений, классы учебных заведений, конструкторские бюро и т.п.

- *Помещения с повышенной опасностью.* К таким помещениям относятся:

- сырые с относительной влажностью более 75 %;
- в которых температура воздуха постоянно или периодически превышает +35 °С;
- с наличием токопроводящей пыли;
- с токопроводящими полями (металлическими, железобетонными, земляными);
- в которых возможно одновременное прикосновение человека к корпусам электрооборудования и к конструкциям здания, соединенным с землей.
- *Особо опасные помещения.* К ним относятся:
 - сырые, с относительной влажностью воздуха около 100 %;
 - с наличием химически агрессивных паров и газов;
 - имеющие два или более признаков, характеризующих помещения с повышенной опасностью.
- *Помещения с особо неблагоприятными условиями.* Такие условия создаются:
 - при работе в металлических сосудах;
 - при работе в выемках грунта во время земляных работ;
 - при работе внутри трубопроводов, коллекторов, тоннелей, шахт;
 - при работе под открытым небом [4; 5].

3. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СПОСОБОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

Электробезопасность человека можно обеспечить следующими техническими способами:

- *Электрическая изоляция токоведущих частей.* Надежная электрическая изоляция различных токоведущих проводов (внутренние электрические сети, статорные обмотки электродвигателей, обмотки трансформаторов и т.п.) является основой обеспечения электробезопасности. Теоретически надежная и качественная электрическая изоляция может обеспечить 100%-ную электробезопасность для электрооборудования и сетей, находящихся под напряжением. Однако на практике электрическая изоляция может быть разрушена вследствие механических повреждений, действия химически активной среды, повышенной температуры, неправильной эксплуатации электроустановок. При этом может появиться напряжение на корпусах машин и оборудования, которые не находятся под

напряжением в нормальном режиме работы. В электротехнике различают рабочую, дополнительную, двойную и усиленную изоляции [4].

Рабочей является электрическая изоляция токоведущих частей электроустановки, обеспечивающая ее нормальную работу в заданных условиях эксплуатации. Например, изоляция статорной обмотки асинхронного электродвигателя от его корпуса; изоляция между фазными проводами трехфазной сети.

Дополнительной называют изоляцию, предусмотренную дополнительно к рабочей для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения рабочей изоляции.

Двойная изоляция представляет собой электрическую изоляцию, состоящую из рабочей и дополнительной изоляции.

Усиленная изоляция — это улучшенная рабочая изоляция, обеспечивающая такую же степень защиты от поражения током, как и двойная изоляция.

Например, двойной изоляцией обладает электрическая дрель с пластмассовым (диэлектрическим) корпусом, который является второй степенью изоляции.

Электрическая изоляция силовой или осветительной электропроводки считается достаточной, если ее сопротивление между проводом каждой фазы и землей или между разными фазами на участке, ограниченном последовательно включенными плавкими предохранителями, составляет не менее 0,5 МОм.

- *Зануление.* Это превращение замыкания на корпус электроустановки в однофазное короткое замыкание. В результате возникает большой ток короткого замыкания, который вызывает срабатывание токовой защиты и отключение поврежденного участка.

- *Защитное заземление.* Состоит в соединении корпуса электроустановки с заземляющим устройством, что обеспечивает защиту людей от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям оборудования, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения электрической изоляции. При заземлении снижается напряжение «прикосновения».

- *Защитное отключение.* Это быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при изменении (сверх установленных пределов) параметров электроустановки или электрической сети (появление напряжения на кор-

пуге, уменьшение сопротивления фазного провода относительно земли и др.).

- *Ограждение неизолированных токоведущих частей и расположение их на недоступной высоте.* Неизолированные токоведущие части (провода), закрепленные на изоляторах, располагают на определенной высоте, где они недоступны для случайного прикосновения, или их закрывают крышками, кожухами, например, в местах соединительных зажимов электродвигателей, в распределительных устройствах. Если ограждения изготовляют из диэлектриков, то их располагают на определенном расстоянии от неизолированных токоведущих частей, величина которого зависит от напряжения установки. Например, наименьшее расстояние для установок напряжением до 1000 В составляет 50 мм, 6000 В — 120 мм, 10 000 В — 150 мм.

- *Малое напряжение.* Применяют для уменьшения опасности поражения электрическим током путем использования напряжения 12–50 В.

В особо неблагоприятных условиях (в колодцах, подвалах, сырых помещениях) для питания переносных электросветильников применяют напряжение 12 В. В помещениях с повышенной опасностью поражения электротоком (аккумуляторные, котельные, другие помещения с повышенной влажностью и токопроводящими полами) необходимо применять переносные лампы, работающие при напряжении до 50 В. Для получения малого напряжения применяют специальные понижающие трансформаторы. При этом один конец вторичной обмотки трансформатора и его корпус следует заземлять на случай пробоя изоляции между первичной и вторичной обмотками, т.е. для защиты от перехода высокого напряжения (380, 220 В) на вторичную обмотку трансформаторов (рис. 1).

- *Блокировочные устройства.* Такие устройства не допускают ошибок персонала при работе на электроустановках. Например, дверь в распределительное устройство с напряжением выше 1000 В снабжается электромагнитным замком, позволяющим только тогда ее открыть, когда отключены выключатели, через которые напряжение передается внутрь (на распределительное устройство). Как правило, блокировки представляют собой устройства, которые допускают только определен-

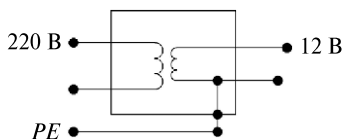


Рис. 1. Схема трансформатора для получения малого напряжения

ный порядок включения (отключения) механизма, исключая тем самым попадание человека в зону, где возможно прикосновение к токоведущим частям.

- *Электрическое разделение сетей.* Осуществляется с помощью специальных разделительных трансформаторов. Сеть делят на отдельные короткие участки (2...6 м) с помощью трансформатора с коэффициентом трансформации 1:1 (рис. 2).

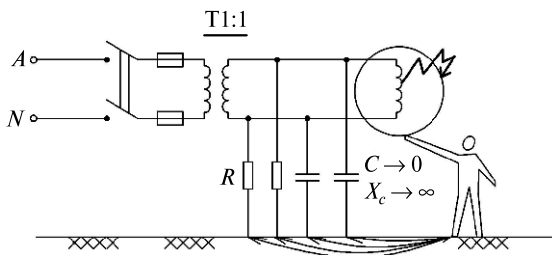


Рис. 2. Схема, поясняющая принцип защитного разделения сетей

При этом емкость конденсатора (провод — земля) мала ($C \rightarrow 0$) вследствие малой протяженности сети и, следовательно, емкостное сопротивление электрических проводов X_c относительно земли велико:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \rightarrow \infty,$$

где f — частота тока; $f = 50$ Гц.

Этим достигается общий высокий уровень изоляции проводов за разделительным трансформатором независимо от активного сопротивления изоляции R .

При пробое изоляции в токоприемнике и прикосновении человека к корпусу через него пройдет ток, определяемый напряжением сети, деленным на сопротивление $X_c \rightarrow \infty$, т.е. ток, проходящий через человека, будет бесконечно мал и не вызовет никаких ощущений:

$$J_t = \frac{U_\Phi}{X_c + R} = \frac{220}{\infty} \rightarrow 0.$$

4. СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

4.1. Виды трехфазных систем электроснабжения

В строительстве применяют четыре вида трехфазных систем энергоснабжения:

- TN-C — это система, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном PEN-проводнике на всем ее протяжении (рис. 3) [5];

- TN-S — основная система, в которой нулевой защитный PE и нулевой рабочий N проводники разделены на всем своем протяжении (рис. 4). Эта система должна применяться во всех новых или реконструируемых промышленных, общественных и жилых зданиях;

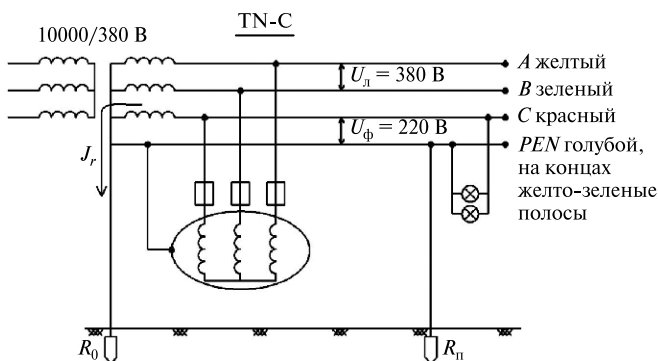


Рис. 3. Система энергоснабжения TN-C:

PEN — совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий проводник

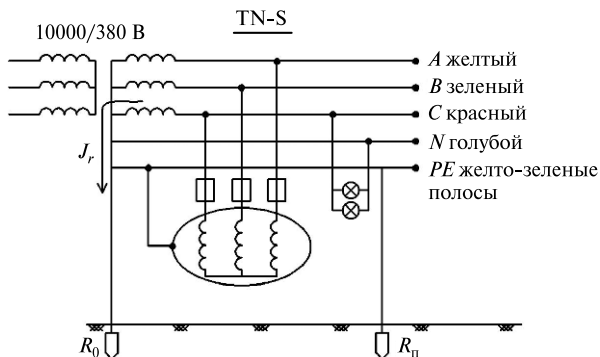


Рис. 4. Система энергоснабжения TN-S:

N — нулевой рабочий проводник; *PE* — нулевой защитный проводник

- система JT — система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли, а корпуса электрооборудования заземлены (рис. 5) [5];

- система TT, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а корпуса электроустановок заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали (рис. 6) [5].

Система TN-S наиболее удобна в эксплуатации, так как позволяет не только питать трехфазные электродвигатели, но и получать фазное напряжение (фаза — нуль рабочий N) для обеспечения включения осветительных приборов и однофазных электродвигателей. Эта система соответствует международным стандартам и обеспечивает наибольшую электробезопасность (см. рис. 4) [5].

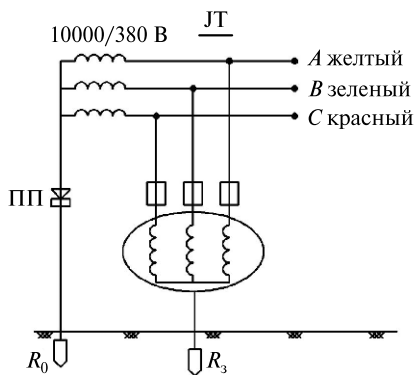


Рис. 5. Система энергоснабжения JT [5]

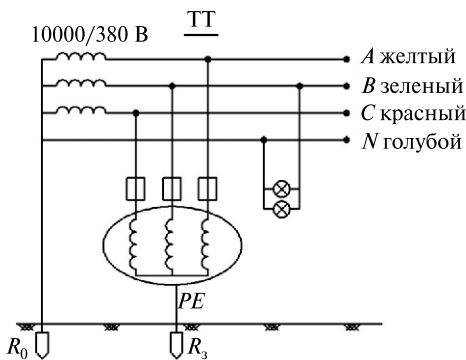


Рис. 6. Система энергоснабжения TT в сетях с глухим заземлением нейтрали [5]

4.2. Требования к нулевому защитному РЕ-проводнику

В качестве РЕ-проводников в электроустановках напряжением до 1000 В могут использоваться:

- специально предусмотренные проводники:
 - жилы многожильных кабелей;
 - изолированные провода в общей оболочке с фазными проводами;
 - стационарно приложенные изолированные или неизолированные проводники;
- открытые проводящие части электроустановок:
 - алюминиевые оболочки кабелей;
 - стальные трубы электропроводок [5].

Не допускается использовать в качестве РЕ-проводников:

- металлические оболочки изоляционных трубок и трубчатых проводов, несущие тросы при тросовой электропроводке, металорукава, 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.

Наименьшие площади поперечного сечения защитных проводников РЕ и PEN должны соответствовать приведенным ниже [5]:

Сечение фазных проводников, мм ²	Наименьшее сечение защитных РЕ-проводников, мм
$S < 16$	S
$16 < S < 35$	16
$S > 35$	S/2

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.

4.3. Прямое и косвенное прикосновения к токопроводящим частям электроустановок

Прямое прикосновение — электрический контакт людей с токоведущими частями, находящимися под напряжением.

Косвенное прикосновение — электрический контакт людей с проводящими частями (корпусами электрооборудования), оказавшимися под напряжением в результате повреждения изоляции [5].

4.3.1. Меры защиты при косвенном прикосновении

Защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного тока и 120 В постоянного тока, т.е. требуется использование зануления, заземления или устройства защитного отключения (УЗО).

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, указанных в соответствующих главах Правил устройства электроустановок (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 12 В постоянного тока — в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных.

4.3.2. Меры защиты от прямого прикосновения

Основная изоляция токоведущих частей должна их покрывать и выдерживать все возможные воздействия, которым она может подвергаться в процессе эксплуатации. Лакокрасочные покрытия не являются изоляцией, защищающей от поражения электрическим током, за исключением случаев, специально оговоренных техническими условиями на конкретные изделия.

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

Однофазное прикосновение. При однофазном прикосновении к системам TN-C и TN-S (см. рис. 3, 4) с глухозаземленной нейтра-

лю трансформатора (когда сопротивление проводника от нулевой точки трансформатора до заземляющего устройства R_0 ничтожно мало — тысячные доли Ом) ток, проходящий через человека, определяется сопротивлением тела человека $R_{\text{ч}}$ и сопротивлением заземления R_0 — нулевой точки трансформатора, сопротивление в которой равно 4...10 Ом. Сопротивлением фазного провода РФ пренебрегаем в силу его небольшого значения — не более 1 Ом.

Тогда ток через человека определяется зависимостью

$$J_t = \frac{U_{\Phi}}{R_{\text{ч}} + R_0}.$$

Такой ток является, безусловно, смертельным, так как превышает величину 0,1 А.

Однофазное прикосновение в системе JT (см. рис. 5) с изолированной нейтралью трансформатора является безопасным при выполнении условия, что сопротивление изоляции фазных проводов $R_{\text{из}}$ относительно земли будет не менее 0,5 МОм. Ток, проходящий через человека, в этом случае определяется по формуле

$$J_t = \frac{3U_{\Phi}}{R_{\text{ч}} + R_0} = \frac{3 \cdot 220}{3 \cdot 1000 + 500\,000} = 0,0013 \text{ А} = 1,3 \text{ мА}.$$

Ток 1,3 мА абсолютно безопасен. Если же сопротивление $R_{\text{из}}$ резко уменьшается, то такое прикосновение станет опасным.

Из этого следует, что в системе JT с изолированной нейтралью (при однофазном прикосновении) ток, проходящий через человека, будет меньше, чем в сетях с глухозаземленной нейтралью. Поэтому, с точки зрения электробезопасности, сети с изолированной нейтралью являются более безопасными. Однако это преимущество имеет место лишь тогда, когда постоянно обеспечивается высокое значение сопротивления изоляции $R_{\text{из}}$ двух других фаз сети. В нормальных условиях эксплуатации $R_{\text{из}} > 0,5 \text{ МОм}$.

В строительстве и промышленности часто трудно обеспечить и надежно контролировать необходимый уровень сопротивления изоляции, поэтому в 90 % применяют сети с глухим заземлением нейтрали. Сети с изолированной нейтралью устраивают на некоторых передвижных механизмах, где относительно просто обеспечить и постоянно контролировать сопротивление фаз ($R_{\text{из}}$).

Двухфазное прикосновение. Однако наибольшая опасность возникает при одновременном касании человека двух фаз в любой

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru