

Организация безопасной эксплуатации электроустановок

Краткий курс лекций

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Лекция 1

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

1.1. Статистика электротравматизма

1.2. Нормативно-техническая документация

1.3. Понятие об электробезопасности

1.4. Факторы, определяющие исход поражения

1.5. Классификация помещений (условий работ) по опасности поражения электрическим током

1.6. Программа обследования состояния техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей

1.7. Техническая документация

1.8. Средства защиты, используемые в электроустановках

Лекция 2

2. ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

2.1 Задачи электротехнического персонала

2.2. Ответственность за выполнение Правил эксплуатации электроустановок потребителей

2.3. Требования к персоналу

2.4. Подготовка персонала

2.5. Производство работ

2.6. Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ

2.7. Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ со снятием напряжения

2.8. Работы без снятия напряжения

Лекция 3

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ. ЗАЩИТА ОТ ПРЯМЫХ ПРИКОСНОВЕНИЙ

3.1. Виды прикосновений в электроустановках

3.2. Номенклатура видов защиты

3.3. Защитные оболочки, ограждения. Безопасное расположение токоведущих частей

3.4. Изоляция токоведущих частей

3.5. Изоляция рабочего места

3.6. Малое напряжение

3.7. Защитное отключение

3.8. Сигнализация, блокировка, знаки безопасности

3.9. Электрическое разделение сети

3.10. Контроль изоляции

3.11. Компенсация токов замыкания на землю

3.12. Средства индивидуальной защиты

Лекция 4

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ. ЗАЩИТА ОТ КОСВЕННЫХ ПРИКОСНОВЕНИЙ

4.1. Защитное заземление. Зануление

4.2. Выравнивание потенциалов

4.3. Система защитных проводов

4.4. Изоляция нетоковедущих частей

4.5. Совместное применение отдельных видов защиты

Лекция 5

5. ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ В ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

5.1. Состояние вопроса

5.2. Технические решения

5.3. Мобильные здания из металла

Лекция 6

6. ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ (ЭМП) ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

6.1 Составляющие ЭМП

6.2. Электрическое поле

6.3. Магнитное поле

6.4. Способы и средства защиты от ЭМП

Лекция 7

7. СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМ

7.1 Причины электризации

7.2. Опасность статического электричества

7.3 Нормирование параметров СЭ

7.4. Меры борьбы со СЭ

Лекция 8

8. ПЕРВАЯ ДОВРАЧЕБНАЯ ПОМОЩЬ ПОСТРАДАВШЕМУ ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

9 МЕРЫ ПО ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

9.1. Нормирование расходов электроэнергии

9.2. Мероприятия по экономии электроэнергии

10 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на реализацию комплекса организационных и технических мер электротравматизм по-прежнему представляет серьёзную опасность. В некоторых отраслях он не снижается, а в строительстве, сельском хозяйстве, быту возрастает. Существенными причинами электротравм являются: нечёткое знание механизма физиологического действия электрического тока на организм человека, недостаточная техническая грамотность, снижающая эффективность применения защитных мероприятий, нарушение действующих правил и инструкций.

Опыт показывает, что такое положение по электробезопасности в значительной мере предопределяется неправильным исполнением обязанностей должностными лицами.

Устранению причин электротравматизма и, как следствие, снижению его способствует обучение специалистов, обслуживающих электроустановки и контролирующих их эксплуатацию. Далеко не последняя роль в этом принадлежит работникам охраны труда.

В соответствии с действующими Правилами эксплуатации электроустановок потребителей инженеры по охране труда (ОТ), допущенные к инспектированию электроустановок, раз в три года должны проходить Проверку знаний по электробезопасности. Инженеру по ОТ, прошедшему I проверку знаний в объёме 4 группы по электробезопасности, выдаётся соответствующее удостоверение (на право инспектирования электроустановок своего предприятия).

Предлагаемые материалы призваны помочь в подготовке к сдаче экзаменов. Они включают в себя основные положения по электробезопасности, в частности, сведения о физиологическом действии тока; классификации помещений по степени опасности поражения электрическим током; задачах электротехнического персонала и требова-

ния к нему, его подготовке; вопросах, включаемых в акт при проверке состояния электробезопасности на предприятии; технических мерах и способах обеспечения электробезопасности; организации эксплуатации электроустановок; знаках (плакатах) по электробезопасности; средствах индивидуальной защиты и ряд других вопросов, знание которых обязательно для работников охраны труда.

Кроме того, на каждом предприятии (организаций) в соответствии с Правилами эксплуатации электроустановок потребителей для непосредственного выполнения функций по организации эксплуатации электроустановок назначается ответственный за электрохозяйство. Он должен проходить аттестацию в той же комиссии, что и инженеры по охране труда, инспектирующие электроустановки.

Предполагается, что эти материалы будут способствовать повышению квалификации инженеров охраны труда, ответственных за электрохозяйство, будут полезны при исполнении ими функциональных обязанностей, позволят более качественно инспектировать состояние электроустановок предприятия.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

1.1. Статистика электротравматизма

Известно, что в среднем электротравмы составляют 3% от общего числа травм, 12-13% - смертельные электротравмы от общего числа смертельных случаев. Это много, если учитывать высокий уровень травматизма в стране.

Принято исчислять электротравматизм в расчёте на 1 млн. жителей. У нас этот показатель составляет 8,8 смертельных электротравм на 1 млн. жителей страны в год (в передовых промышленно развитых странах - не более 3).

К наиболее неблагоприятным отраслям относятся: лёгкая промышленность, где электротравматизм составляет 17% от числа смертельных несчастных случаев, электротехническая промышленность - 14, химическая - 13, строительство, сельское хозяйство - по 40%, наш пресловутый быт - примерно 40%. В Москве от электрического тока погибает около 40 человек в год, а в Московской области в среднем 100 человек.

1.2. Нормативно-техническая документация

К основным нормативным документам по электробезопасности следует отнести:

- Правила эксплуатации электроустановок потребителей (ПЭЭП) изд.5, М., «Энергоатомиздат», 1997.
- Правила устройства электроустановок (ПУЭ) изд.6, М., «Энергоатомиздат», 1998 и новые разделы и главы изд. 7 по мере их готовности.
- Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. М., изд. НЦ ЭНАС, 2001.
- Межотраслевая инструкция по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве. М., изд. НЦ ЭНАС, 2001.

Организации, занимающиеся распространением нормативно-технической литературы, достаточно многочисленны. В Москве к таковым относятся в первую очередь АО «Энергосервис», Центр «Обучение безопасности труда», Центр проектной продукции массового применения, фирма «Электрон» и другие, в том числе и журнал «Охрана труда и социальное страхование».

Представляет интерес специальная техническая литература:

Манойлов В.Е. Основы электробезопасности. М., «Энергоатомиздат», 1991.

Долин П.А. Справочник по технике безопасности. М., «Энергия», 1990.

Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. М., «Энергоатомиздат», 1984.

Князевский Б.А. Охрана труда в электроустановках. М., «Энергия», 1977.

ГОСТ 12.1.009Г76 ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения.

ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Общие требования электробезопасности.

ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

ГОСТ Р 50669-94. Электроснабжение и электробезопасность мобильных (инвентарных) зданий из металла или с металлическим каркасом для уличной торговли и бытового обслуживания населения. Технические требования.

ГОСТ Р 50571 -94. Комплекс стандартов. Электроустановки зданий.

ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Защитное заземление и зануление.

ГОСТ 12.2.007—75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.2.013-87 ССБТ. Машины ручные электрические.

1.3. Понятие об электробезопасности. Электрические травмы

Под электробезопасностью понимается система организационных и технических мероприятий по защите человека от действия электрического тока, электрической дуги, статического электричества, электромагнитного поля.

Электротравма - это результат воздействия на человека электрического тока и электрической дуги.

Электрический ток, проходя через живой организм, производит термическое (тепловое) действие, которое выражается в ожогах отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, крови, нервных волокон и т.п.; электролитическое (биохимическое) действие - выражается в разложении крови и других органических жидкостей, вызывая значительные нарушения их физико-химических составов; биологическое (механическое) действие - выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма, сопровождается непроизвольным судорожным сокращением мышц (в том числе сердца, лёгких).

К электротравмам относятся электрические ожоги (токовые, или контактные; дуговые; комбинированные или смешанные), электрические знаки («метки»), металлизация кожи, механические повреждения, электроофтальмия, электрический удар (электрический шок). В зависимости от последствий электрические удары делятся на четыре степени: судорожное сокращение мышц без потери сознания, судорожное сокращение мышц с потерей сознания, потеря сознания с нарушением дыхания или сердечной деятельности, состояние клинической смерти в результате фибрилляции сердца или асфиксии (удушья).

1.4. Факторы, определяющие исход поражения

Электрический ток - очень опасный и коварный поражающий «недруг»: человек без приборов не способен заблаговременно обнаружить его наличие, поражение наступает внезапно. Более того, его отрицательное воздействие может проявиться не сразу: человек может погибнуть спустя несколько суток после электрического удара.

Основными факторами, определяющими исход поражения, являются: величина тока и напряжения, продолжительность воздействия тока, сопротивление тела, петля («путь») тока, прерывистость тока, род тока и частота, прочие факторы.

Величина тока и напряжения. Электроток, как поражающий фактор, определяет степень физиологического воздействия на человека. Это следует и из определения понятия электробезопасности, которое приведено в ГОСТ 12.1.009-76 ССБТ «Термины и определения».

Напряжение следует рассматривать лишь как фактор, обуславливающий протекание того или иного тока в конкретных условиях. Можно привести десятки примеров, когда люди гибнут от 5-12 В, и есть случаи «не поражения» человека при воздействии напряжения 6-10 кВ (при психологической готовности к электрическому удару, кратковременном воздействии тока, своевременном грамотном оказании доврачебной помощи пострадавшему). Так, директор одного из заводов, осматривая стройку, наступая ногой на провод с повреждённой изоляцией временной электросети, выполненной на напряжении 12 В, получает удар током и погибает. А вот пример иного рода. Главный энергетик одной из войсковых частей, курируя строительство подстанции, при опытной подаче напряжения 10 кВ попытался указать рукой на плохой контакт одной из шин. Произошло перекрытие, его отбросило на пол. Своевременно оказали доврачебную помощь (наружный массаж сердца, искусственную вентиляцию лёгких), и он остался жив. Налицо факт: сколько условий, столько и напряжений. Поэтому совершенно неправомерной представляется формулировка ГОСТ 12.0.003 - 74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», о том, что поражающим фактором является «повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека».

Очень хотелось бы, чтобы в новой редакции ГОСТ эти необоснованные утверждения были исправлены. Доводу о том, что на практике напряжение поражения легче измерить, чем ток, вряд ли должны быть определяющими. По степени физиологического воздействия можно выделить следующие токи:

- 0,8 - 1,2 мА - пороговый ощутимый ток (то есть то наименьшее значение тока, которое человек начинает ощущать);

- 10 - 16 мА - пороговый неотпускающий (приковывающий) ток, когда из-за судорожного сокращения рук человек самостоятельно не может освободиться от токоведущих частей;

- 100 мА - пороговый фибрилляционный ток; он является расчетным поражающим током. При этом необходимо иметь в виду, что вероятность поражения таким током равна 0,5 при продолжительности его воздействия не менее 0,5 с. Указанные значения пороговых токов относятся к токам промышленной частоты при длительности протекания более 1 с.

В новой редакции ГОСТ по электробезопасности предусматривается учесть расчётное соотношение, полученное экспериментальным путём отечественным учёным А.П. Киселёвым ещё в 50-е годы.

Он назвал этот ток «безусловно поражающим»: $I_{пор} = 1,2(30 + 3,7 G_t)$, где G_t - масса тела человека.

Так, при массе человека 65 кг поражающий ток составит 320 мА. Хотя вполне очевидно, что в этом случае существенное значение имеет продолжительность воздействия тока.

Продолжительность воздействия тока. Этот фактор имеет не только физиологическое, но и практическое значение при проектировании устройств защитного отключения.

Установлено, что поражение электрическим током возможно лишь в стоянии полного покоя сердца человека, когда отсутствуют сжатие (систола) или расслабление (диастола) желудочков сердца и предсердий. Поэтому при малом времени воздействие тока может не совпадать с фазой полного расслабления. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» даёт подробную таблицу зависимости допустимых для человека течений токов от продолжительности их воздействия. Так, при продолжительности воздействия 0,1 с допустимый ток составляет 500(400) мА; при 0,2 с - 250 (190) мА; при 0,4 с - 125 (140) мА; при 0,5 с - 100 (125) мА; при 0,7 с - 70 (90) мА; при 1,0 с - 50 (50) мА.

Видно, что в основном соблюдается так называемое соотношение М.Р.Найфельда: ток в миллиамперах, умноженный на продолжительность воздействия в секундах равняется примерно 50, то есть $I t \sim 50$. В скобках указаны значения допустимых токов при учёте нелинейной зависимости сопротивления тела человека от приложенного напряжения. Эти значения вошли в новую редакцию ГОСТ.

Сопротивление тела. Величина непостоянная, зависит от конкретных условий, меняется в пределах от нескольких сотен Ом до нескольких мегаОм. Можно было бы привести электрическую схему замещения сопротивления тела человека (как совокупность соединённых между собой ёмкостных и активных сопротивлений), расчётные соотношения, включающие в себя параметры тела, частотные характеристики приложенного напряжения. С достаточной степенью точности можно считать, что при воздействии напряжения промышленной частоты 50 Герц сопротивление тела человека являясь активной величиной, состоящей из внутренней и наружной составляющих. Внутреннее сопротивление у всех людей примерно одинаково и составляет 600 - 800 Ом. Из этого можно сделать вывод, что сопротивление тела человека определяется в основном величиной наружного, сопротивления, а конкретно - состоянием кожи рук толщиной всего лишь 0,2 мм (в первую очередь ее наружным слоем - эпидермисом),

Примеров тому немало. Вот один из них. Рабочий опускает в электролитическую ванну средний и указательный пальцы руки и получает смертельный удар. Оказалось, что причиной гибели явился имевший место порез кожи на одном из пальцев. Эпидермис не оказал своего защитного действия и поражение произошло при явно безопасной петле тока.

Действительно, если оценить этот факт в относительных единицах и принять сопротивление кожи за 1, то сопротивление внутренних тканей, костей, лимфы, крови составит 0,15 - 0,20, а сопротивление нервных волокон - всего лишь 0,025 («нервы» -- отличные проводники электрического тока!). Кстати, именно поэтому опасно приложение электродов к так называемым акупунктурным точкам. Так как они соединены нервными волокнами, поражающий ток может возникнуть при очень малых напряжениях. Именно один из таких случаев описан в литературе, когда поражение человека произошло при напряжении 5 В (см. Манойлов В. Е.: «Основы электробезопасности», Энергоатомиздат, М., 1991.).

Сопротивление тела не является постоянной величиной: в условиях повышенной влажности оно снижается в 12 раз, в воде – в 25 раз, резко снижает его принятие алкоголя. Зато во время сна оно возрастает в 15-17 раз. (Здесь, видимо, уместной была бы шутка о том, что всё-таки не следует спать на работе, чтобы уменьшить вероятность поражения током). В качестве расчётной величины во всех электротехнических расчётах по электробезопасности условно принято значение, равное 1000 Ом.

Петля («путь») тока через тело человека. При расследовании несчастных случаев, связанных с воздействием электрического тока, прежде всего, выясняется, по какому пути протекал ток. Человек может коснуться токоведущих частей (или металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением) самыми различными частями тела. Отсюда - многообразие возможных петель тока. Наиболее вероятными признаны следующие: «правая рука - ноги» (20% случаев поражения); «левая рука - ноги» (17%); «обе руки - ноги» (12%); «голова - ноги» (5%); «рука - рука» (40%); «нога - нога» (6%), Все петли, кроме последней, называются «большими», или «полными» петлями, ток захватывает область сердца, они наиболее опасны. В этих случаях через сердце протекает 8-12 процентов от полного значения тока.

Петля «нога - нога» называется «малой», через сердце протекает всего 0,4 процента от полного тока. Эта петля в принципе малоопасная. Так в опытах к задним ногам собаки подавалось напряжение 1000 В в течение 12 с, и животное не погибло. Однако, вследствие «подкашивающего» действия тока, человек может упасть в потенциальном поле и тогда эта малоопасная петля превращается в любую опасную.

И здесь уместно привести любопытный факт. На занятиях по электробезопасности на вопрос, каким образом может спастись человек, оказавшийся в потенциальном поле, наряду с правильными ответами (прыжки на одной или двух ногах, выход так называемым «гусиным» шагом) очень часто приводятся совершенно неприемлемые: «лечь на землю и катиться», «ползти» и т.п.

И это при всей очевидности того, что опасность при этом может существенно возрасти, по сравнению с напряжением шага: человек может «вобрать» в себя разность потенциалов на длину тела.

Прерывистые (импульсные) токи, применяемые в различных технологических процессах, при 3-4 импульсах в секунду и выше с точки зрения физиологического воздействия воспринимается как непрерывные токи. Строго говоря, необходим учет коэффициентов формы, амплитуды импульсов, но для практики это не имеет существенного значения.

Для импульсных токов действительны все значения пороговых токов, указанных выше.

Род тока и частота. Влияние этого фактора на вероятность поражения проще всего пояснить с помощью графической зависимости, показанной на рисунке 1. По оси ординат отложены относительные значения пороговых «поражающих» токов, по оси абсцисс - значения частоты в Гц.

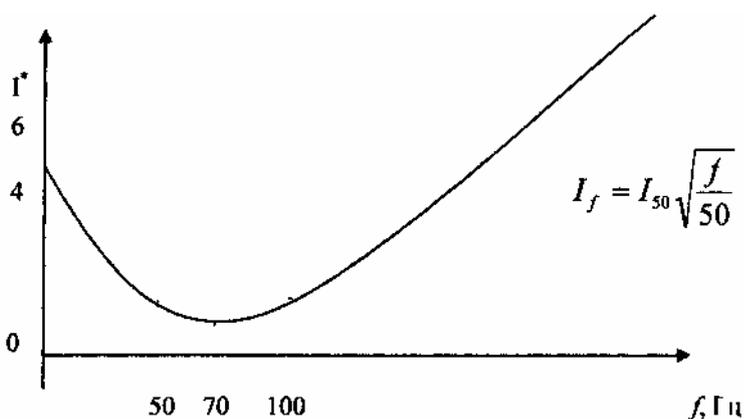


Рис. 1. Зависимость пороговых токов от частоты

Из рисунка видно, что наиболее опасная частота для человека -70 Гц (физиологически: из-за резонансных явлений биополей с внешними электромагнитными полями).

Частота 50 Гц «равноценна» частоте 100 Гц. Поражающий ток при любой частоте выше 200 Гц подчиняется квадратичной зависимости и вычисляется по формуле, показанной на рисунке 1, где I_f -пороговый ток при частоте f ; I_{50} - пороговый ток при частоте 50 Гц.

Опасны переменные токи до 1 кГц; выше 50 кГц практически не опасны, и человек выдерживает длительное время ток в несколько ампер (физиологически: диполи тела человека не успевают «переориентироваться» и в итоге организм не реагирует на такие воздействия).

Кстати, в лабораторных условиях с использованием специальных устройств для исследования физиологического действия тока, при частотах 200 кГц и выше человек спокойно выдерживает ток 10 - 15 А. Эти токи оказываются ниже значений пороговых токов ощущения.

Постоянный ток в 4-6 раз менее опасен, чем переменный ток промышленной частоты (см, рис. 1 - значение тока при частоте, равной 0).

Прочие факторы. Из причин, влияющих на вероятность поражения человека электрическим током и не указанных выше, можно выделить ещё целый ряд. Условно их можно подразделить на 2 группы и сформулировать следующим образом:

1. Всё, что увеличивает темп работы сердца, способствует повышению вероятности поражения. К таким причинам следует отнести усталость, возбуждение, голод, жажду, испуг, принятие алкоголя, наркотиков, некоторых лекарств, курение, болезни и т.п.

2. «Готовность» к электрическому удару, т.е. психологические факторы. Здесь, естественно, не идёт речь о привыкании к опасности и грубых нарушениях мер безопасности при работе в электроустановках.

В этих материалах авторы сознательно не стали рассматривать особенности термического, электролитического, биологического воздействия тока на человека, анализировать виды электротравм (электрические ожоги: токовые или контактные, дуговые, комбинированные, электрические «знаки»; металлизацию кожи; механические повреждения; электроофтальмию; электрический удар, включая состояние клинической смерти). Не стали рассматривать такие наиболее опасные причины, приводящие к клинической смерти, как поражение центральной нервной системы; асфиксию (удушьё); остановку сердца, фибриляцию. Эти вопросы тесно связаны с оказанием первой доврачебной помощи с привлечением специалистов-медиков.

1.5. Классификация помещений (условий работ) по опасности поражения электрическим током

Существенное влияние на электробезопасность оказывает окружающая среда производственных помещений. В отношении опасности поражения электрическим током ПУЭ различают:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность;

2. Помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

а) сырости (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%) или токопроводящей пыли (оседающей на проводах, проникающей внутрь машин, аппаратов и т.п.);

б) токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.);

в) высокой температуры (длительно превышает +35град. С);

г) возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землёй металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой;

3 Особо опасные помещения, характеризующиеся наличием следующих условий, создающих особую опасность

а) особой сырости (относительная влажность близка к 100%; потолок, стены, пол, предметы покрыты влагой);

б) химически активной или органической среды (длительно содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части),

в) одновременно двух или более условий повышенной опасности,

4 Территории размещения наружных электроустановок (на открытом воздухе, под навесом, за сетчатыми ограждениями) - приравниваются к особо опасным помещениям;

5. В ряде нормативных документов выделяются в отдельную группу работы в особо неблагоприятных условиях (в сосудах, аппаратах, котлах и др. металлических ёмкостях с ограниченной возможностью перемещения и выхода оператора) Опасность электропоражения, а значит, и требования безопасности в этих условиях выше, чем в особо опасных помещениях.

Условия производства работ предъявляют определенные требования к питанию таких потребителей, как электроинструмент, светильники местного освещения, переносные светильники.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных они должны питаться от напряжения не более 50 В, в особо неблагоприятных условиях - не более 12 В Подробно эти вопросы рассмотрены – в ПЭУ(пп.1.1.8 - 1.1.13)

1.6. Программа обследования состояния техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей

При оценке состояния электроустановок на предприятии должно быть проверено следующее.

Организация эксплуатации электроустановок: структура эксплуатационной службы и ответственность за эксплуатацию (наличие назначенного приказом по учреждению, организации лица, ответственного за безопасную эксплуатацию электроустановок, достаточность и квалификация электротехнического персонала), обучение электротехнического персонала требованиям действующих нормативных документов и Правил, организация проверки знаний Правил и допуска к работам в электроустановках (соблюдение порядка проверки знаний, оформление результатов проверки, нали-

чие удостоверения о допуске к работам в электроустановках); порядок проведения инструктажей электротехнического персонала, их оформление; наличие должностных и производственных инструкций; наличие актов, протоколов измерений и испытаний (измерение сопротивления изоляции в электроустановках до 1000 В и испытание электроустановок выше 1000 В, измерение сопротивления растеканию тока заземляющих устройств. Измерение сопротивления току срабатывания защиты в цепях «фаза - нуль» в установках до 1000В).

Техника безопасности при работах в электроустановках: оформление заданий на работы (в порядке текущей эксплуатации, по распоряжениями, по нарядам); организация профилактики электротравматизма (расследование и учёт электротравматизма, проверка предписаний по вопросам соблюдения требований ПЭЭП и Межотраслевых Правил по охране труда (по актам обследования, по результатам последних итоговых проверок); учёт электротравматизма.

Техническая документация по технике безопасности (наличие и порядок ведения): журнал инструктажей электротехнического персонала; журнал проверки знаний техники безопасности у лиц с 1 группой по электробезопасности, наличие списка этого персонала; журнал проверки знаний Правил, должностных и эксплуатационных инструкций у электротехнического персонала; журнал учёта средств защиты, используемых в электроустановках; оперативные журналы в электроустановках до 1000 В (на подстанции); перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации в электроустановках до 1000 В; список работ по распоряжениями; журнал учёта дефектов и аварий в электроустановках; журнал учёта выдачи нарядов на работы в электроустановках; журнал учёта выдачи электроинструмента и электрических приборов. В каждом журнале должна быть инструкция (указания) по ведению журнала.

Пользование средствами защиты при работах в электроустановках: список средств защиты, утверждённый главным инженером предприятия и их достаточность; соблюдение сроков испытания, хранения и периодичности осмотра средств защиты; техническое состояние переносных контрольно-измерительных приборов (токоизмерительных клещей, указателей напряжения до и выше 1000 В, указателей фазировки и др.); пользование электрическими ручными переносными машинами и электрическими аппаратами (электрические дрели, светильники, электросварочные аппараты и др.)

Соответствие технического состояния электроустановок требованиям Нормативных документов по электро- и пожарной безопасности: состояние ограждений, наличие предупредительных знаков и плакатов, оперативных надписей; доступность к управлению коммутационными аппаратами (состояние проходов, подходов, отсутствие хранения посторонних предметов в электропомещениях); соблюдение требований пожарной безопасности (соответствие устройств защиты от коротких замыканий и перегрузок, наличие вводов резервного питания для обеспечения аварийного освещения, техническое состояние временных электроустановок (отопительных и др.), наличие первичных средств пожаротушения, наличие инструкций по пожарной безопасности в электроустановках, проверка знаний пожарной безопасности при эксплуатации электроустановок у электротехнического персонала и руководителей подразделений предприятия; соответствие электроустановок требованиям экологической безопасности.

При проверке состояния электроустановок особое внимание следует обратить на электросиловые щиты: наличие замков-запоров, надписи (номер шкафа) на наружной

дверце шкафа, наличие распределительной схемы на внутренней стороне дверцы шкафа, отсутствие некалиброванных вставок («жучков») предохранителей гелей.

Проверяется наличие осветительной арматуры на светильниках местного освещения, расположенных ниже 2,5 м; отсутствие заземления аппаратуры на водопроводные и канализационные трубы, систему отопления.

1.7. Техническая документация

Помимо документов, которые проверяются при обследовании состояния техники безопасности при эксплуатации электроустановок, в соответствии с ПЭЭП на каждом предприятии должна быть следующая техническая документация:

- генплан с нанесёнными сооружениями и подземными электротехническими коммуникациями;
- утверждённая проектная документация;
- акты приёмки скрытых работ, испытаний и наладки электрооборудования, приёмки электроустановок в эксплуатацию;
- исполнительные рабочие схемы первичных и вторичных электрических соединений и т.п.

На каждом предприятии должны быть составлены перечни инструкций и схем, которые утверждаются главным инженером предприятия. Эти перечни пересматриваются не реже одного раза в три года.

Все; изменения, выполненные в процессе эксплуатации электроустановок, должны отражаться в схемах и чертежах немедленно за подписью ответственного за электрохозяйство. Должна быть организована соответствующая информация всех работников, для которых обязательно знание этих схем. Соответствие электрических (технологических) схем (чертежей) фактическому исполнению проверяется не реже одного раза в два года. Должна быть отметка об их проверке.

В должностных инструкциях по каждому рабочему месту следует указывать: перечень этих инструкций, нормативная техническая документация, схемы электрооборудования, знание которых обязательно для работников в данной должности; права, обязанности и ответственность персонала; взаимоотношения с вышестоящим, подчинённым и другим персоналом. Инструкции пересматриваются не реже одного раза в три года.

Дежурный персонал обязан вести оперативную документацию (оперативная схема; оперативный журнал, бланки нарядов-допусков; бланки переключений; журнал дефектов и неполадок; ведомости показаний контрольно-измерительных приборов и электросчётчиков, перечень работ, выполняемых самостоятельно; журнал учёта производственного инструктажа; журнал учёта противоаварийных тренировок; списки лиц, имеющих право отдавать оперативные распоряжения, а также единолично осматривать электроустановки; журнал распоряжений и др.), которую, не реже одного раза в месяц, должен пересматривать вышестоящий электротехнический или административно-технический персонал. Более подробно этот вопрос рассмотрен в ПЭЭП (гл. 1.8, п.п. 1.8.1 - 1.8.14).

«Межотраслевые Правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» определяют следующий перечень распорядительных документов по электробезопасности:

1. Перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации. (2.4.1).
2. Распоряжение о закреплении стажера за опытным работником. (1.2.7).

3. Распоряжение о допуске работника к самостоятельной работе после стажировки. (1.2.7).
4. Список работников, допущенных к оперативным переключениям. (1.3.1).
5. Распоряжение об организации оперативного обслуживания электроустановки. (1.3.2).
6. Список работников, имеющих право единоличного осмотра электроустановок. (1.3.4).
7. Журнал выдачи ключей от электроустановок. (1.3.12).
8. Распоряжение о порядке хранения и выдаче ключей от ЭУ. (1.3.11; 1.3.12).
9. Распоряжение о предоставлении права работникам оперативного персонала выдачи нарядов и распоряжений. (2.1.4).
10. Указание о представлении прав: выдающего наряд, распоряжения; допускающего; ответственного руководителя; производителя работ; наблюдающего. (2.1.10).
11. Приказ о назначении ответственного за исправность и испытание электроинструмента. (10.7).
12. Перечень электроустановок, в которых установка заземлений невозможна или опасна. (3.5.6).
13. Перечень газоопасных подземных сооружений. (4.14.36).
14. Список работников, допущенных к проверке подземных сооружений на загазованность. (4.14.38).
15. Перечень профессий и рабочих мест, требующих отнесения производственного персонала к группе I.
(прил. № 1, стр. 142).
16. Распоряжение о назначении работника, осуществляющего проверку знаний на группу I. (прил. №1, стр.142).

Примечание: В скобках указаны пункты «Межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок».

1.8. Средства защиты, используемые в электроустановках.

В соответствии с Правилами применения средств защиты используемых в электроустановках, под электрозащитными средствами понимаются средства, служащие для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги и электромагнитного поля. Эти средства подразделяются на основные, изоляция которых длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановок и которые позволяют прикасаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением, и дополнительные, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить защиту от поражения током, а применяются совместно с основными электрозащитными средствами. Средства защиты по характеру их применения подразделяются на средства коллективной и индивидуальной защиты (ГОСТ 12.4.011 -- 75),

К основным электрозащитным средствам для работы в электроустановках напряжением выше 1000 В относятся: электроизмерительные клещи, указатели напряжения, указатели напряжения для фазировки; изолирующие устройства и приспособления для работ на воздушных линиях с непосредственным прикосновением к токоведущим частям (изолирующие лестницы, площадки, канаты, корзины телескопических вышек и т.д.).

К дополнительным электрозащитным средствам, применяемым в электроустановках напряжением выше 1000 В, относятся: диэлектрические перчатки; диэлектрические боты; диэлектрические ковры, индивидуальные экранирующие комплекты; изолирующие подставки и накладки; переносные заземления, оградительные устройства; плакаты и знаки безопасности и т.д.).

К основным электрозащитным средствам, применяемым в электроустановках напряжением до 1000 В, относятся: изолирующие штанги; изолирующие и электроизмерительные клещи; указатели напряжения; диэлектрические перчатки; слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками. В дополнительные электрозащитные средства в электроустановках до 1000 В включены: диэлектрические галоши; диэлектрические ковры; переносные заземления; изолирующие подставки и накладки; оградительные устройства; плакаты и знаки безопасности.

Персонал, обслуживающий электроустановки, должен быть снабжён всеми необходимыми средствами защиты, обеспечивающими безопасность его работы. Ответственность за соответствующую организацию использования средств защиты возлагается на начальника цеха, службы, подстанции, участка сети, мастера участка, а в целом по предприятию - на главного инженера. Всем электрозащитным средствам, за исключением диэлектрических ковров, подставок, плакатов и знаков безопасности, должны быть присвоены инвентарные номера. Необходимо вести журналы учёта и содержания средств защиты, которые должны проверяться один раз в шесть месяцев ответственным за состояние средств защиты.

Средства защиты, кроме изолирующих поставок, диэлектрических ковров, переносных заземлений, ограждений, плакатов и знаков, подвергаются эксплуатационным испытаниям (периодическим и внеочередным, проводимым после ремонта). После испытания на средствах защиты, кроме инструмента с изолирующими рукоятками и указателей напряжения до 1000 В, ставится штамп с указанием даты следующего испытания.

Плакаты и знаки безопасности применяются для предотвращения ошибочного включения коммутационных аппаратов; для предупреждения об опасности при приближении к токоведущим частям, находящимся под напряжением и т.п. Они делятся на: предупреждающие, запрещающие, предписывающие и указательные.

По характеру применения плакаты и знаки подразделяются на постоянные и переносные.

Постоянные плакаты и знаки, как правило, изготавливаются из электроизоляционных материалов, а на бетонные и металлические поверхности наносятся красками с помощью трафаретов. Допускается установка металлических плакатов и знаков. Переносные плакаты следует изготавливать из электроизоляционных материалов.

К знакам и плакатам предупреждающим относятся:

1. **«Осторожно! Электрическое напряжение».** Фон жёлтый, кайма и стрела чёрные. Знак постоянный для предупреждения об опасности поражения электрическим током; исполняется по ГОСТ 12.4.026 - 76; применяется в электроустановках напряжением до и выше 1000 В; укрепляется на внешней стороне входных дверей РУ (за исключением дверей КРУ и КТП, расположенных в этих устройствах), наружных дверей камер выключателей и трансформаторов, дверей щитов и сборов напряжением до 1000 В и т.п.

Аналогичный знак применяется в населённой местности, Укрепляется на металлических и деревянных опорах напряжением выше 1000 В на высоте 2,5 м от земли, при пролётах менее 100 м и переходах через дороги — на каждой опоре.

2. Знак предупреждающий постоянный. **«Осторожно! Электрическое напряжение»**. Рамка и стрела наносится посредством трафарета чёрной краской. Фоном служит поверхность бетона, Применяется на железобетонных опорах воздушных линий (ВЛ).

3. Плакат переносный для предупреждения об опасности поражения электрическим током. **«Стоп. Напряжение»**. Чёрные буквы на белом фоне. Кайма красная. Размеры знака 280x210 мм. Применяется в электроустановках до и выше 1000 В. В ЗРУ вывешивается на временных ограждениях токоведущих частей, находящихся под рабочим напряжением, на постоянных ограждениях камер, соседних с рабочим местом. В ОРУ вывешивают при работах с земли на канатах и шнурах, ограждающих рабочее место; на конструкциях вблизи рабочего места на пути к ближайшим токоведущим частям, находящимся под напряжением.

4. Плакат переносный для предупреждения об опасности поражения электрическим током при проведении испытаний повышенным напряжением. **«Испытание. Опасно для жизни»**. Чёрные буквы на белом фоне. Кайма красная шириной 10 мм, Стрела красная. Размер плаката 280x210 мм. Вывешивается на оборудовании и ограждениях токоведущих частей при подготовке рабочего места для проведения испытаний повышенным напряжением.

5. Плакат переносный для предупреждения об опасности подъема по конструкциям с возможным приближением к токоведущим частям, находящимся под напряжением. **«Не влезай. Убьёт!»**. Чёрные буквы на белом фоне. Кайма красная шириной 10 мм. Стрела, красная. Размер плаката 280x210 мм. Вывешивается в РУ по соседству с конструкцией, предназначенной для подъёма персонала к рабочему месту, расположенному на высоте.

К запрещающим плакатам относятся:

6. Плакат переносный для запрещения подачи напряжения на рабочее место. **«Не включать. Работают люди»**. Красные буквы на белом фоне. Кайма красная шириной 10 мм. Размер 240x130 мм или 80x50 мм. Применяется на приводах разъединителей нагрузки, на ключах и кнопках дистанционного управления коммутационной аппаратуре до 1000 В, у снятых предохранителей и т.п. Размеры 240x130 мм или 80x50 мм. Применяется на приводах разъединителей нагрузки, на ключах и кнопках дистанционного управления, коммутационной аппаратуре до 1000 В, у снятых предохранителей и т.п.

7. Плакат переносный для запрещения подачи напряжение на линию, на которой работают люди. **«Не включать. Работа на линии»**. Белые буквы на красном фоне. Кайма белая шириной 10 мм. Размеры 240x130 мм или 80x50 мм. По аналогии с предыдущим плакатом вывешивается на приводах, ключах и кнопках управление коммутационных аппаратов, с помощью которых может быть подано напряжение на линии, на которых работают люди.

8. Плакат переносный для запрещения подачи сжатого воздуха, газа. **«Не открывать. Работают люди»**. Красные буквы на белом фоне. Кайма красная шириной 10 мм. Размер плаката 240x130 мм. Вывешивается на клапанах и задвижках, при ошибочном включении которых может быть подан сжатый воздух на работающих людей

или приведён в действие выключатель или разъединитель, на котором работают люди и т.п.

Предписывающие плакаты таковы:

9. Плакат переносный для указания рабочего места. «*Работать здесь*». Представляет из себя белый круг диаметром 200 мм на зелёном фоне. Буквы чёрные внутри круга. Кайма белая шириной 15 мм. Размеры плаката 200x250 мм или 100x100 мм. Вывешивается на рабочем месте или в месте прохода за ограждение.

10. Плакат переносный для указания безопасного пути подъёма к рабочему месту, расположенному на высоте. «*Влезать здесь*». Вывешивается на конструкциях или стационарных лестницах, по которым разрешён подъём. Описание знака аналогично предыдущему.

К указательному плакату относится:

11. Плакат переносный для указания о недопустимости подачи напряжения на заземленный участок электроустановки. «*Заземлено*». Чёрные буквы на синем фоне. Размеры плаката 240x130 мм или 80x50 мм. Вывешивается на приводах разъединителей, отделителей и выключателей нагрузки, на ключах и кнопках дистанционного управления.

Вид знаков и плакатов по электробезопасности показан на рисунке 2, Размеры плакатов разрешается увеличивать в отношении 2:5, 4:1, 6:1.

ЗНАКИ И ПЛАКАТЫ ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИЕ



ПЛАКАТЫ ЗАПРЕЩАЮЩИЕ



ПЛАКАТЫ ПРЕДПИСЫВАЮЩИЕ

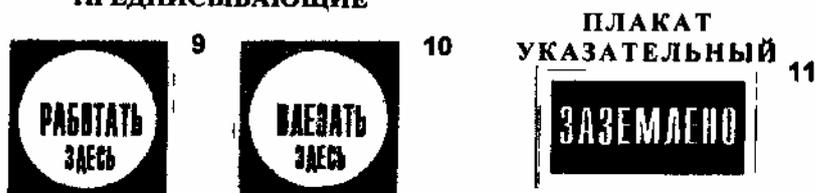


Рис. 2. Плакаты и знаки безопасности

С 1993 года в число запрещающих плакатов включены:

«Опасное электрическое поле. Без средств защиты проход запрещён». Красные буквы на белом поле. Кайма шириной 13 мм, раздор 240x130 см. Плакат постоянный. Применяется в (ОРУ) напряжённости электрического поля (ЭП) на высоте 1,8 м от уровня планировки на ограждениях участков, на которых уровень ЭП выше 15 кВ/м: на маршрутах обхода ОРУ; вне маршрутов обхода ОРУ, но в местах, где возможно пребывание персонала при выполнении других работ (например, под низко провисшей ошиновкой оборудования или системы шин). Плакат может крепиться на специально для этого предназначенного столбе высотой 1,5-2 м. Предназначен для предупреждения ЭП на персонал и запрещения передвижения без средств защиты.

«Работа под напряжением. Повторно не включать». Красные буквы на белом фоне. Кайма красная шириной 5 мм, размер 80x50 см. Плакат переносный. Применяется на ключах управления выключателей ремонтируемой воздушной линии (ВЛ) при производстве работ под напряжением. Предназначен для запрещения повторного ручного включения выключателей ВЛ после из автоматического отключения без согласования с производителем работ.

Остановимся более подробно на некоторых видах электрозащитных средств, применяемых в электроустановках напряжением до 1000 В.

Изолирующие клещи (рис. 3). Предназначены для замены трубчатых предохранителей типов ПР и НПН на токи 15...60 А. Установка и снятие предохранителей, как правило, производится при снятом напряжении. Допускается производить эти операции под напряжением, но без нагрузки; при этом необходимо пользоваться диэлектрическими перчатками и очками.

Электроизмерительные клещи (рис. 4). Предназначены для измерения тока, напряжения и мощности без разрыва цепи. Клещи состоят из рабочей части (разъемный магнитопровод, обмотка, измерительный прибор)

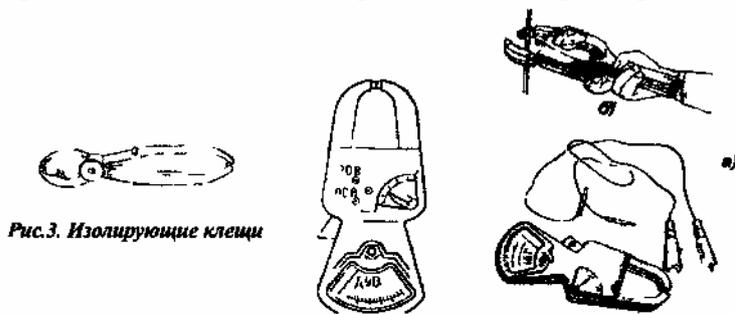


Рис.3. Изолирующие клещи

Рис.4. Электроизмерительные клещи

и корпуса, являющегося одновременно изолирующей частью с упором и рукоят-

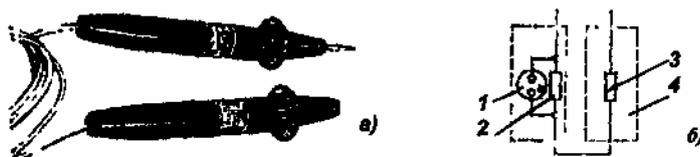


Рис. 5. Двухполюсный указатель напряжения типа МИИ-1:
а-общий вид; б-принципиальная схема; 1-неоновая лампа; 2-шунтирующее сопротивление; 3-добавочное сопротивление; 4-корпус.

кой. В установках до 1000 В измерения клещами может производить одно лицо с группой не ниже III.

Указатели напряжения (рис. 5 и 6). Двухполюсные указатели, работающие по принципу протекания активного тока, предназначены для установок переменного и постоянного тока. Применение контрольных ламп для проверки отсутствия напряжения запрещается в связи с опасностью их взрыва при включении на линейное напряжение 380 В. Однополюсные указатели рекомендуется применять для определения фазного провода при подключении электросчётчиков, патронов, выключателей, предохранителей и т.п. При пользовании однополюсными указателями напряжения во избежание их неправильного показания применение диэлектрических перчаток запрещается.

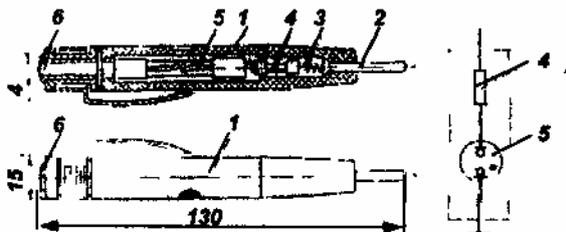


Рис. 6. Однополюсный указатель напряжения типа УНН-1
1-корпус; 2-щуп; 3-пружина; 4-добавочное сопротивление;
5-неоновая лампа; 6-контактная втулка.

ется. Проверять отсутствие напряжения нужно как между фазами, так и между каждой фазой и заземлённым корпусом или заземляющим (зануляющим) проводом. При этом используется двухполюсный указатель. Перед применением исправность указателя должна проверяться на токоведущих частях, заведомо находящихся под напряжением. В закрытых установках до 1000 В проверку отсутствия напряжения может производить одно лицо с группой не ниже III.



Рис. 7. Набор слесарно-монтажного инструмента

Изолированный инструмент (рис. 7). Это слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками (ключи гаечные разводные, плоскогубцы, пассатижи, кусачки, отвёртки, монтерские ножи и т.п.), применяемый для работы под напряжением до 1000 В в качестве основного электрозащитного средства. Изолирующие рукоятки должны быть выполнены в виде диэлектрических чехлов или не снимаемого покрытия из влагостойкого, масло-бензостойкого, нехрупкого, нескользкого (рифлёного) изоляционного материала. У отвёрток изолируется не только рукоятка, но и стержень на всю его длину. Изоляция должна покрывать всю рукоятку и иметь упор. Перед каждым применением инструмент должен быть осмотрен. Рукоятки не должны иметь раковин, трещин, сколов, вздутий, увлажнений и загрязнений. При работе с изолированным инструментом под напряжением необходимо применять дополнительные средства защиты (диэлектрические галоши, ковры, изолирующие подставки). Применение диэлектрических перчаток не требуется.

Рассмотренные выше электрозащитные средства являются основными для электроустановок до 1000 В.

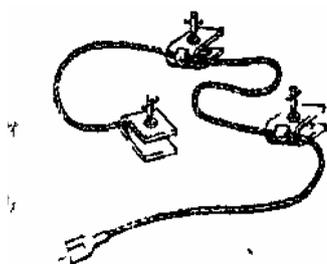


Рис. 8. Переносное заземление

Переносные заземления (рис. 8 и 9). При отсутствии стационарных заземляющих ножей переносные заземления являются наиболее надёжным средством защиты при работе на отключённых токоведущих частях от ошибочно поданного или

наведенного напряжения. При ошибочном включении электроустановки, токоведущие части которой замкнуты накоротко и заземлены, возникает трёхфазное короткое замыкание на землю, срабатывает защита (предохранители, автоматические выключатели), и установка быстро отключается. При затягивании процесса отключения безопасность работающих обеспечивается тем, что вблизи места наложения заземления фазные и линейные напряжения близки к нулю. Переносное заземление должно обладать электродинамической и термической стойкостью по отношению к возникшему току короткого замыкания, в связи с чем к нему предъявляются следующие требования:

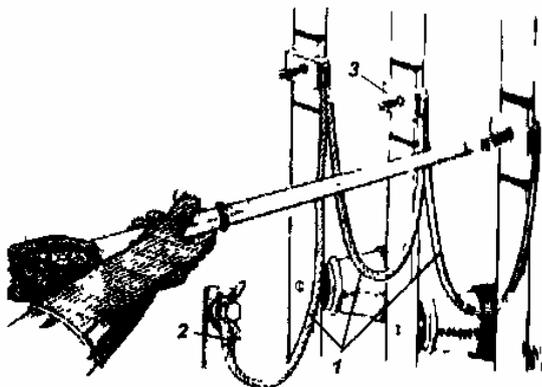


Рис. 9. Наложение переносного заземления на шины электроустановки с помощью изолирующей штанги:
 1-провод переносного заземления; 2-наконечник для присоединения переносного заземления к заземляющей шине электроустановки;
 3-винтовой зажим для закрепления на шине

а) провода должны быть голыми, гибкими, многожильными медными сечением не менее 25 мм² в установках выше 1000 В и не менее 16 мм² в установках до 1000 В. Сечение проводов можно определить по формуле:

$$S_{\text{мин}} = \frac{I_{\text{уст}} \sqrt{t_a}}{272}$$

$S_{\text{мин}}$ - минимальное сечение, мм;

$I_{\text{уст}}$ - наибольшее значение установившегося тока к.з., кА,

t_a - время выдержки защиты, с.

б) зажимы для присоединения закорачивающих проводов к шинам (струбцины)

должны иметь такую конструкцию, чтобы при прохождении тока к.з. заземление не могло быть сорвано электродинамическими силами.

в) наконечник на проводе для заземления должен выполняться в виде струбцины или соответствовать конструкции зажима (барашка) на заземляющем проводе или конструкции.

г) элементы переносного заземления должны быть соединены путём прессовки, сварки или болтами с предварительным лужением контактных поверхностей. Применение пайки запрещается.

Переносные заземления накладываются на токоведущие части в установленных для этого местах, которые очищаются от краски и окаймляются чёрными полосами.

Операция наложения заземления неразрывно связана с проверкой отсутствия напряжения. Переносное заземление сначала нужно присоединить к земле, а затем сразу после проверки отсутствия напряжения наложить на токоведущие части. Закреплять струбцины на токоведущих частях нужно с помощью специальной штанги или непосредственно руками в диэлектрических перчатках. Снимать переносные заземления нужно сначала с токоведущих частей, а затем отсоединять от земли.

В электроустановках напряжением до 1000 В все операции по наложению и снятию переносных заземлений могут выполняться одним лицом с группой не ниже III.

Все переносные заземления должны быть пронумерованы. Должен быть строгий учёт всех наложенных заземлений.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

2.1. Задачи электротехнического персонала

На предприятиях (организациях, учреждениях) создаётся энергетическая служба. Если её нет, то обслуживание электроустановок может осуществлять специальная организация или электротехнический персонал другого предприятия по договору.

Руководитель предприятия должен обеспечить содержание оборудования и электрических сетей в исправном состоянии; своевременное и качественное проведение профилактических работ, ремонта энергетического оборудования; обучение электротехнического персонала и проверку знаний; надёжность электроустановок и безопасность их обслуживания; отсутствие технологий с вредным влиянием на окружающую среду; учёт и анализ неисправностей электроустановок, несчастных случаев, принятие мер по устранению причин их возникновения; разработку должностных и производственных инструкций; выполнение предписания органов Госэнергонадзора.

На предприятии (организации) должен быть назначен ответственный за электрохозяйство (для непосредственной организации эксплуатации электроустановок) и лицо, его замещающее. Как правило, обязанности ответственного за электрохозяйство возлагаются на главного энергетика. Ответственный за электрохозяйство назначается приказом после обучения и присвоения соответствующей группы по электробезопасности (V - в электроустановках выше 1000 В и IV - в электроустановках до 1000 В) Допускается выполнение его обязанностей по совместительству.

На малых предприятиях, в кооперативах, где используются только осветительные установки, электроинструмент и электрические машины до 400 В, поступающие в розничную торговую сеть для продажи населению, ответственность за безопасную эксплуатацию электроустановок может быть возложена на руководителя без группы по электробезопасности (по согласованию с органами Энергонадзора). На индивидуальных и семейных предприятиях с электроустановками до 1000 В, используемых для производственных нужд (электродвигатели производственного и технологического назначения; электрические котлы; бойлеры и другие нагревательные приборы; освещения производственных помещений, складов, дворов, ферм) ответственным за электрохозяйство может быть назначен владелец предприятия, член семьи после обучения и присвоения III группы по электробезопасности (при его письменном согласии).

По решению руководителя могут быть назначены ответственные за электрохозяйство структурных подразделений.

Ответственный за электрохозяйство обязан обеспечить надёжную, экономичную и безопасную работу электроустановок; разработку и внедрение мероприятий по экономии электрической энергии, компенсации реактивной мощности, снижению норм удельного расхода энергии на единицу продукции; внедрение новой техники и технологии в электрохозяйство, организацию и своевременное ведение планово-предупредительного ремонта и профилактических испытаний электроустановок; систематический контроль за графиком нагрузки предприятия, поддержание режима электропотребления, установленного энергосистемой, обучение, инструктирование и периодическую проверку знаний персонала энергослужбы; учёт расхода электроэнергии; наличие и своевременную проверку средств защиты и противопожарного инвентаря; выполнение предписаний Энергонадзора в установленные сроки; своевременное расследование аварий и отказов в работе электроустановок, а так же несчастных случаев от поражения электрическим током; ведение технической документации, разра-

ботку необходимых положений, своевременное представление установленной отчетности вышестоящим организациям и предприятию «Энергонадзор».

Инженер по охране труда осуществляет ведомственный энергетический надзор за выполнением на предприятиях требований ПЭЭП и других руководящих документов. К инспектированию электроустановок допускаются не все инженеры по охране труда, а только те, которые по своему должностному положению контролируют электрохозяйство и удовлетворяют следующим требованиям: имеют общий производственный стаж не менее 3-х лет; прошли проверку знаний в объеме IV группы по электробезопасности и получили удостоверение на право инспектирования электроустановок данного предприятия.

Инженер по охране труда, контролирующей электроустановки, выполняет следующие функции: определяет порядок организации и своевременного проведения инструктажей с электротехническим персоналом; участвует в работе комиссий по проверке знаний норм и правил работы в электроустановках, контролирует своевременность и качество проведения такой проверки; контролирует своевременность прохождения персоналом первичного и периодического медицинского освидетельствования, даёт предписание по устранению недостатков в организации безопасной эксплуатации электрохозяйства, обязательные для электротехнического персонала; принимает участие в расследовании всех случаев поражения электрическим током, нарушения норм и правил работы в электроустановках; анализирует совместно с ответственным за электрохозяйство причины электротравматизма и профзаболеваний и разрабатывает мероприятия по их устранению и профилактике; участвует в комиссии по внедрению стандартов по электробезопасности ССБТ и контролирует выполнение необходимых мероприятий; участвует в совещаниях с электротехническим персоналом по разбору случаев электротравматизма или допущенных нарушений Правил и инструкций; контролирует наличие на рабочих местах инструкций по электробезопасности и их своевременное обновление; помогает оформлению стендов, организации уголков электробезопасности в цехах, на предприятии. (Дополнительно по этому вопросу см. ПЭЭП, гл. 1.2, пп. 1.2.1.-1.2.9.).

2.2 Ответственность за выполнение Правил эксплуатации электроустановок потребителей

За нарушение в работе электроустановок несут персональную ответственность: работники, непосредственно обслуживающие электроустановки (за нарушение по их вине); работники, проводящие ремонт (за низкое качество ремонта); руководители и специалисты энергослужбы (за неудовлетворительное техническое обслуживание и невыполнение противоаварийных мероприятий). Это отражается в должностных инструкциях.

Ответственность может быть дисциплинарной, административной или уголовной. Она устанавливается инструкциями и действующим законодательством. При обнаружении неисправности электроустановок или средств защиты каждый работник должен немедленно сообщить об этом своему непосредственному руководителю.

Государственный надзор за соблюдением ПЭЭП осуществляется органами Госэнергонадзора (см. ПЭЭП, пп. 1.2.10 - 1.2.12),

2.3. Требования к персоналу

Электротехнический персонал предприятий подразделяется на:

административно-технический, который организует оперативные переключения, ремонтные, монтажные и наладочные работы в электроустановках и принимает непосредственно участие; обладает правами оперативного, ремонтного, оперативно-ремонтного персонала;

оперативный, ведёт оперативное управление электрохозяйством, оперативное обслуживание, переключение, подготовку рабочего места, допуск к работам и надзор за работающими; должен пройти стажировку на рабочем месте не менее двух недель;

ремонтный - за ним ремонт, реконструкция, монтаж электроустановок, испытание, измерение, наладка, регулировка электроаппаратуры;

оперативно-ремонтный, осуществляет функции оперативного и ремонтного персонала на закрепленных за ним электроустановках;

электротехнологический персонал, обслуживает электротехнологические установки и процессы (электролиз, электросварка и т.п.); имеет достаточные знания и навыки для безопасного выполнения работ по техническому обслуживанию энергонасыщенного производственно-технического оборудования. Он не входит в состав электротехнической службы, имеет группу по электробезопасности II и выше.

Руководитель, в подчинении которого находится электротехнологический персонал, должен иметь группу по электробезопасности не ниже, чем у подчинённого персонала. Перечень должностей ИТР и электротехнологического персонала, которым необходимо иметь группу по электробезопасности, утверждает руководитель.

Производственному **неэлектротехническому персоналу**, выполняющему работы с опасностью поражения электрическим током присваивается I группа по электробезопасности. Он ежегодно проходит инструктаж, который проводит лицо из электротехнического персонала с группой по электробезопасности не ниже 3. Оформление производится в специальном журнале, удостоверение не выдается. Электротехническому персоналу с группой по электробезопасности II-V выдаётся соответствующее удостоверение. II группа присваивается лицам, которые не имели группы (ученикам, электросварщикам, крановщикам, термистам и т.п.); III, IV, V - лицам электротехнического персонала в зависимости от знаний, стажа работы в действующих электроустановках. Перечень должностей ИТР, электротехнического персонала, которым необходимо иметь группу по электробезопасности утверждает руководитель предприятия, организации.

Работники из электротехнического персонала до 18 лет к работе в электротехнических установках не допускаются. Практикантам из учебных заведений до 18 лет разрешается пребывание в действующих электроустановках под постоянным надзором лиц из электротехнического персонала с группой не ниже III в электроустановках до 1000 В, не ниже IV в электроустановках выше 1000 В. Им до 18 лет запрещается допуск к самостоятельной работе и присвоение группы III и выше.

Электротехнический персонал не должен иметь увечий и болезней, мешающих производственной работе. Состояние здоровья электротехнического персонала определяется медицинским освидетельствованием при приёме на работу, а так же периодическими осмотрами (сроки устанавливаются органами здравоохранения). От медицинского освидетельствования освобождается административно-технический персонал, не принимающий участие в оперативных, ремонтных, монтажных и наладочных работах и не организующий их.

Требования к объему знаний и умений электротехнического (электротехнологического) персонала с группами по электробезопасности II-V в зависимости от уровня образования и стажа работы приведены в Приложении №1 Межотраслевых Правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок.

В частности, работники, не имеющие профессиональной подготовки (со средним образованием или без него) могут получить II группу после обучения по программе не менее 72 часов в специализированных центрах подготовки персонала (учебных комбинатах).

2.4. Подготовка персонала

Электротехнический персонал при назначении на самостоятельную работу, при переходе на другую работу, при перерыве в работе более 1 года должен пройти производственное обучение на рабочем месте. На время обучения обучаемый прикрепляется к опытному работнику из электротехнического персонала.

После обучения производится проверка знаний с присвоением соответствующей группы по электробезопасности. После проверки знаний - стажировка на рабочем месте (дублирование) продолжительностью не менее 2 недель и только после этого распоряжением по предприятию или цеху осуществляется допуск к самостоятельной работе.

Ответственность за правильность действий обучаемых и соблюдение им требований Правил несут как сам обучаемый, так и обучающий его работник.

Проверка знаний Правил и инструкций подразделяется на первичную (перед допуском к самостоятельной работе, при поступлении на работу), периодическую, внеочередную (при нарушении правил и инструкций, по требованию ответственного за электрохозяйство или органов Госэнергонадзора; после несчастных случаев или крупного нарушения техники безопасности, при плохом состоянии электрооборудования оформляется специальное предписание, которое может направить инженер по охране труда или главный инженер).

Периодическая проверка для электротехнического персонала, непосредственно обслуживающего действующие электроустановки, выполняющего электромонтажные и ремонтные работы, испытания, оформляющего распоряжения и организующего эти работы проводится 1 раз в год; для руководителей и специалистов, не относящихся к предыдущей группе, а также для инженеров по охране труда, допущенных к инспектированию электроустановок, - 1 раз в три года. Допускается продление срока проверки на один месяц (из-за отпуска, болезни).

Получившим неудовлетворительную оценку комиссии назначает повторную проверку в срок не ранее двух недель и не позднее одного месяца со дня последней проверки. Аналогично организуется и третья проверка. При получении неудовлетворительной оценки при третьей проверке знаний производится перевод работника на другую работу, не связанную с обслуживанием электроустановок.

Проверку знаний должна проводить квалификационная комиссия в количестве не менее трёх человек:

у ответственного за электрохозяйство предприятия, его заместителя и инженера по охране труда, контролирующей электроустановки - в составе руководителя (заместителя), инспектора Энергонадзора и представителя службы охраны труда (профсоюза);

у ответственных за электрохозяйство структурных подразделений - комиссия, назначаемая руководителем с участием ответственного за электрохозяйство предприятия;

у остальных - комиссия, назначаемая ответственным за электрохозяйство (с участием непосредственного руководителя работника, чьи знания проверяет комиссия).

Разрешается использование ЭВМ при всех видах проверки, кроме первичной. Проверка знаний проводится индивидуально. Результаты проверки заносятся в журнал специальной формы, выдается удостоверение специальной формы (инженеру по охране труда - с правом инспектирования электроустановок). Роспись членов комиссии может производиться один раз с указанием прописью числа лиц, у которых проведена проверка знаний (ПЭЭП, гл. 1.4. п.п. 1.4.8 - 1.4.20).

Порядок присвоения групп по электробезопасности регламентируется также письмом Главгосэнергонадзора № 42 - 6\20 - ЭТ от 17.07.95, которое разъясняет порядок проверки знаний и присвоения групп по электробезопасности (см. журнал «Охрана труда и социальное страхование» №5, 1997г.)

Кстати, предписывается в учебных комбинатах, на курсах, факультетах повышения квалификации и других специализированных учебно-производственных подразделениях создавать комиссии приказом (распоряжением) руководителя главного или регионального Энергонадзора для проверки знаний и присвоения группы по электробезопасности персоналу предприятий, организаций и учреждений, прошедших в них обучение (повышение квалификации).

Органами Госэнергонадзора выдаётся специальное разрешение на создание таких комиссий, а сами члены комиссий проходят проверку знаний электробезопасности в этих органах (выдавших разрешение). При этом председателем комиссии, как правило, назначается старший государственный инспектор по энергетическому надзору.

Во всех случаях комиссии создаются, как правило, в количестве не менее пяти человек, в приказе (распоряжении) члены комиссии перечисляются пофамильно, список членов комиссии уточняется и утверждается. Из состава комиссии назначается председатель, один или несколько заместителей. Все члены комиссии должны иметь группу по электробезопасности (за исключением председателя профкома). Председатель комиссии должен иметь V группу по электробезопасности, если в электрохозяйстве есть электроустановки на напряжение выше 1000 В; если таковых нет - председателю комиссии достаточно иметь IV группу.

В ряде случаев для работы на предприятиях, в учреждениях и организациях может привлекаться электротехнический персонал, имеющий соответствующую группу по электробезопасности, для работы по совместительству. Проверка их знаний может не проводиться, но решение об этом принимает местный орган Госэнергонадзора по письменному обращению руководителя (владельца) предприятия, учреждения, организации, принимающих специалиста для работы по совместительству. Во всех подобных случаях, поступающие на работу по совместительству специалисты должны представить удостоверение и выписку из журнала (протокола) проверки знаний норм и правил работы в электроустановках по основной работе, которая должна быть заверена первым руководителем и печатью.

2.5. Производство работ

Работы в электроустановках в отношении мер безопасности подразделяются на выполняемые:

со снятием напряжения;

без снятия напряжения на токоведущих частях и вблизи них;

К работам со снятием напряжения относятся работы, выполняемые в электроустановке (или части её), в которой с токоведущих частей снято напряжение.

К работам без снятия напряжения на токоведущих частях, и вблизи них относятся работы, производимые непосредственно на этих частях. В установках напряжением выше 1000 В, а также на воздушных линиях до 1000 В к этим же работам относятся такие, которые выполняются на расстояниях от токоведущих частей, менее допустимых. Такие работы должны выполнять не менее двух лиц: производитель работ с группой не ниже IV, остальные - ниже III.

2.6. Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность в электроустановках, являются:

А) оформление работы нарядом-допуском, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;

б) допуск к работе;

в) надзор во время работы;

г) оформление перерыва в работе, переводов на другое рабочее место, окончания работы.

Лицами, ответственными за безопасность являются:

а) лицо, выдающее наряд, отдающее распоряжение; утверждающее перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;

б) допускающий - ответственное лицо из оперативного персонала;

в) ответственный руководитель;

г) производитель работ;

д.) наблюдающий;

е) члены бригады.

Межотраслевые правила чётко определяют права и обязанности указанных лиц, а также организационные меры при выполнении всех видов работ.

2.7. Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ со снятием напряжения

При подготовке рабочего места для работ со снятием напряжения оперативным персоналом должны быть выполнены в указанном порядке следующие технические мероприятия:

а) произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения к месту работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационной аппаратуры;

б) на приводах ручного и ключах дистанционного управления коммутационной аппаратурой вывешены запрещающие плакаты;

в) проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, на которых должно быть наложено заземление для защиты людей от поражения электрическим током;

г) наложено заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления);

д) вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты, ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части. В зависимости от местных условий токоведущие части ограждаются до и после наложения заземлений.

В Межотраслевых Правилах по охране труда определён порядок и правила выполнения каждого из указанных мероприятий.

2.8. Работы без снятия напряжения

В электроустановках напряжением до 1000 В при работе под напряжением необходимо:

оградить расположенные вблизи рабочего места другие токоведущие части, находящиеся под напряжением, к которым возможно случайное прикосновение;

работать в диэлектрических галошах или стоя на изолирующей подставке либо на резиновом диэлектрическом ковре;

применять изолированный инструмент (у отверток, кроме того, должен быть изолирован стержень), пользоваться диэлектрическими перчатками.

Не допускается работать в одежде с короткими или засученными рукавами, а также использовать ножовки, напильники, металлические метры и т.п.

Не допускается при работе около неогражденных токоведущих частей располагаться так, чтобы эти части находились сзади работника или с двух боковых сторон.

Не допускается прикасаться без применения электрозащитных средств к изоляторам, изолирующим частям оборудования, находящегося под напряжением.

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ.

ЗАЩИТА ОТ ПРЯМЫХ ПРИКОСНОВЕНИЙ

3.1. Виды прикосновений в электроустановках

Поражение электрическим током происходит в результате прикосновения или недопустимого приближения человека к металлическим частям, находящимся или оказавшимся под напряжением.

Прикосновения к неизолированным токоведущим частям, находящимся под напряжением (оголённые провода, клеммы шины и т.п.), называют *прямыми*; прикосновения к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (металлические корпуса электрооборудования), называют *косвенными*.

Различают *однополюсные* и *двухполюсные* прикосновения. При однополюсном прикосновении человек, стоящий на земле, одной рукой касается неизолированной токоведущей части или корпуса электроприёмника, оказавшегося под напряжением. Ток протекает по петле: рука - нога. При двухполюсном прикосновении человек, изолированный от земли, двумя руками касается неизолированных проводов разных фаз или фазного и нулевого провода. Изоляция человека от земли может обеспечиваться сопротивлением пола и обуви. Петля тока: рука - рука.

Наиболее опасным является прямое двухполюсное прикосновение.

Однополюсные прикосновения, как прямое, так и косвенное, в установках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью также опасны.

Прямые прикосновения случаются, как правило, по вине человека - самого пострадавшего, либо должностного лица, не обеспечившего безопасность. Косвенные

прикосновения происходят из-за повреждения изоляции, как правило, не по вине человека и могут рассматриваться как отказ техники.

3.2. Номенклатура видов защиты

В соответствии с ГОСТ 12.1.019 - 79 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» для обеспечения безопасности при прямых прикосновениях необходимо применять следующие технические способы и средства:

- защитные оболочки;
- защитные ограждения (временные или стационарные);
- безопасное расположение токоведущих частей;
- изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная);
- изоляция рабочего места;
- малое напряжение;
- защитное отключение;
- предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности.

Для защиты от поражения электрическим током при косвенных прикосновениях применяют следующие способы и средства:

- защитное заземление;
- зануление;
- выравнивание потенциала;
- система защитных проводов,
- защитное отключение;
- изоляция нетоковедущих частей;
- электрическое разделение сети;
- малое напряжение;
- контроль изоляции;
- компенсация токов замыкания на землю;
- средства индивидуальной защиты.

Технические способы и средства защиты применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

3.3. Защитные оболочки, ограждения. Безопасное расположение токоведущих частей

Для защиты от случайного прикосновения к неизолированным токоведущим частям или приближения к ним на опасное расстояние они располагаются на недоступной высоте или в недоступном месте.

Если токоведущие части доступны для людей, то они могут закрываться ограждениями или заключаться в оболочки. Ограждения обычно закрывают токоведущие части не со всех сторон, то есть обеспечивают частичную защиту от прикосновения. Ограждения могут быть временными или стационарными, сплошными или сетчатыми. Оболочки обеспечивают различную степень защиты вплоть до полной защиты от:

- соприкосновения с токоведущими частями и попадания твёрдых тел;
- проникновения воды внутрь оболочки.

Степени защиты оболочек и их маркировка установлены ГОСТ 14254 - 80 «Изделия Электротехнические. Оболочки. Степени защиты» и ГОСТ 14255 «Аппараты электрические на напряжение до 1000 В. Оболочки. Степени защиты».

При использовании указанных способов защиты должны быть соблюдены установленные правилами изоляционные расстояния от токоведущих частей до ограждений, оболочек, а также до работающего поблизости человека с учётом всех его возможных поз и используемых инструментов и приспособлений.

3.4. Изоляция токоведущих частей

ГОСТ 12.1.009 - 76 «Электробезопасность. Термины и определения» различает следующие виды изоляции: рабочую, дополнительную, двойную, усиленную.

Рабочая изоляция обеспечивает нормальную работу электроустановок и защиту от поражения электрическим током.

Дополнительная изоляция предусмотрена наряду с рабочей для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения рабочей изоляции.

Двойной называется изоляция, состоящая из рабочей и дополнительной. Материалы, используемые для рабочей и дополнительной изоляции, имеют различные свойства, что делает маловероятным одновременное их повреждение.

Усиленная изоляция - это улучшенная рабочая изоляция, обеспечивающая такую же степень защиты от поражения электрическим током, как и двойная изоляция, но конструктивно выполненная так, что каждую из составляющие изоляции отдельно испытать нельзя.

С двойной изоляцией изготавливаются отдельные электротехнические изделия, например, ручные светильники, ручные электрические машины (электроинструмент), разделяющие трансформаторы. Часто в качестве дополнительной изоляции используется корпус электроприемника, выполненный из изоляционного материала. Такой корпус защищает от поражения электрическим током не только при пробое изоляции внутри изделия, но и при случайном прикосновении рабочей части инструмента к токоведущей части. Если же корпус изделия металлический, то роль дополнительной изоляции играют изоляционные втулки, через которые питающий кабель проходит внутрь корпуса, и изолирующие прокладки, отделяющие электродвигатель от корпуса.

Усиленная изоляция используется только в тех случаях, когда двойную изоляцию затруднительно применить по конструктивным причинам, например, в выключателях, щёткодержателях и др.

Изделия, имеющие двойную изоляцию и металлический корпус, запрещается заземлять или занулять.

На паспортной табличке такого изделия помещается знак - квадрат внутри квадрата.

При эксплуатации электроинструмента с двойной изоляцией необходимо ежемесячное испытание изоляции мегаомметром, а при каждой выдаче для работы - проверка отсутствия замыкания на корпус при помощи специального прибора - нормометра.

3.5. Изоляция рабочего места

Согласно ПУЭ этот способ защиты применяется при невозможности выполнения заземления, зануления и защитного отключения.

ГОСТ 12.1.019 -79 предусматривает изоляцию пола, настила, площадки и т. п., а также металлических деталей в области рабочего места, потенциал которых отличается от потенциалов токоведущих частей, и прикосновение к которым является предусмотренным или возможным.

Допускается обслуживание электрооборудования с изолирующих площадок при условии, что прикосновение к незаземлённым (незанулённым) частям возможно только с этих площадок и исключена возможность одновременного прикосновения к электрооборудованию и частям здания или другого оборудования.

3.6. Малое напряжение

В соответствие с ГОСТ 12.1.009 -76 малым называется номинальное напряжение не более 50 В переменного и не более 110 В постоянного тока, применяемое в целях уменьшения опасности поражения электрическим током.

Малое напряжение применяется, например, для питания ручного электрифицированного инструмента (класса III); местного освещения на станках; ручных светильников в помещениях с повышенной и особой опасностью; светильников общего освещения с лампами накаливания при высоте их подвеса менее 2,5 м. При работах в особо неблагоприятных условиях должны применяться ручные светильники напряжением не выше 12В.

Источниками малого напряжения могут быть: гальванические элементы, аккумуляторы, выпрямители, преобразователи. Наиболее же часто применяются понижающие трансформаторы. Категорически запрещается использовать для этой цели автотрансформаторы, а также резисторы или реостаты, включенные по схеме потенциометра, так как эти устройства имеют гальваническую (электрическую) связь между первичной и вторичной сторонами, что создает опасность электропоражения.

В зависимости от режима нейтрали питающей сети следует заземлять или занулять корпус понижающего трансформатора, а также один из выводов вторичной обмотки - на случай пробоя изоляции между обмотками.

Корпуса электроприёмников малого напряжения не требуется заземлять (занулять), кроме электросварочных устройств и электроприёмников во взрывоопасных помещениях, а также при работах в особо неблагоприятных условиях (в металлических котлах, сосудах, трубопроводах и т.п.).

Применение малого напряжения является эффективным способом защиты, однако, при двухполюсном прикосновении опасность поражения остается. Широкому распространению способа препятствует его неэкономичность: снижение напряжения ведет к возрастанию тока что вызывает необходимость увеличения сечения проводов.

3.7. Защитное отключение

Определение этого способа защиты даётся и ПУЭ: это быстродействующее автоматическое отключение всех фаз участка сети обеспечивающее безопасные для человека сочетания тока и времени его прохождения при замыканиях на корпус или снижении уровня изоляции ниже определённого значения.

Указанные безопасные сочетания тока и времени установлены ГОСТ 12.1.038 - 82 «Электробезопасность Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов». Например, при времени воздействия не более 0,1 с допустимый ток через тело человека составляет 500 мА, при 0,2 с - 250 мА, при 0,5 с - 100 мА и т.д. Следовательно, защита обеспечивается *быстрым* отключением электроустановки при возник-

новении в ней опасности поражения электрическим током. Другими словами, электрозащитная функция УЗО заключается в ограничении *не тока* через человека, а *времени* его протекания.

Современные устройства защитного отключения (УЗО) имеют быстроедействие от 0,03 до 0,2 с.

УЗО создаются на различных принципах действия. Наиболее совершенным является УЗО, реагирующее на ток утечки (дифференциальный ток). Достоинство его состоит в том, что оно защищает человека от поражения электрическим током не только в случае прикосновения к металлическим корпусам, оказавшимся под напряжением из-за повреждения изоляции (о чём говорится в приведённом определении), но и при прямом прикосновении к токоведущим частям. Именно такие УЗО ГОСТ 12.1.019 -79 относит одновременно к средствам защиты как от *косвенных* так и от *прямых* прикосновений.

Кроме того, УЗО выполняет ещё одну важную функцию - защиту электроустановок от возгораний, первопричиной - которых являются утечки, вызванные ухудшением изоляции. Известно, что более трети пожаров возникает от неисправностей электропроводок, поэтому вполне справедливо УЗО называют «противопожарным сторожем».

Применение высокочувствительных УЗО приводит к необходимости поддержания изоляции электрических сетей и потребителей на должном уровне, то есть в конечном счёте требует повышения культуры эксплуатации электроустановок. В противном случае неизбежны частые перерывы электроснабжения потребителей по причине ложных срабатываний УЗО от естественных (фоновых) токов утечки.

УЗО состоит из трёх функциональных элементов: датчика, исполнительного органа и коммутационного устройства. Датчик улавливает токи утечки, стекающие с фазных проводов на землю в случае прямого прикосновения человека или повреждения изоляции. Сигнал о наличии тока утечки поступает в исполнительный орган, где усиливается и преобразуется в команду на отключение коммутационного устройства.

Исполнительный орган УЗО может работать на двух различных принципах: *электронном* и *электромеханическом*. В электронном УЗО исполнительный орган содержит электронный усилитель, в качестве источника питания которого используется сама контролируемая сеть. Надёжность работы таких устройств зависит от наличия и стабильности напряжения сети.

В электромеханическом УЗО вместо электронного усилителя применяется магнитоэлектрическая защёлка, не требующая источника питания. Надёжность таких УЗО значительно выше, они продолжают выполнять электрозащитную функцию при обрыве любого из питающих нагрузку проводов. Достоинством электромеханических УЗО является также отсутствие потребления электроэнергии в основном, дежурном режиме работы, в то время как каждое электронное УЗО потребляет мощность от 4 до 8 Вт. Однако электромеханические УЗО существенно (в 2 - 2,5 раза) дороже электронных.

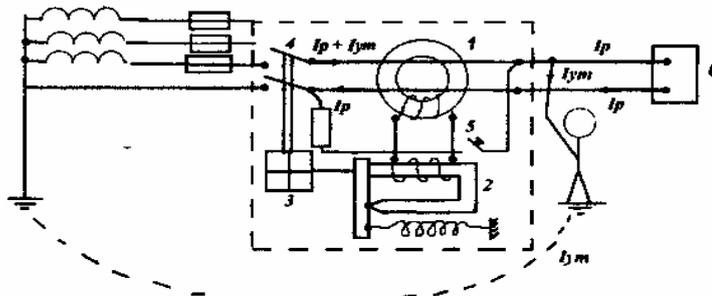


Рис. 10. Электрическая схема электромеханического УЗО

Электрическая схема электромеханического УЗО приведена на рисунке 10. Датчиком устройства служит трансформатор тока утечки (1) кольцевой магнитопровод которого охватывает провода, питающие нагрузку (6) и играющие роль первичной обмотки. При отсутствии тока утечки рабочие токи (I_p) в прямом (фазном) и обратном (нулевом рабочем) проводах равны и наводят в магнитопроводе равные но противоположно направленные потоки; результирующий поток равен нулю и поэтому ЭДС во вторичной обмотке отсутствует. УЗО не срабатывает. При появлении тока утечки (например, при прикосновении человека к оголённому фазному проводу) ток в прямом проводе превышает обратный ток на величину тока утечки ($I_{\Sigma n}$); в сердечнике возникает магнитный поток небаланса, а во вторичной обмотке наводится ЭДС, пропорциональная току утечки. По обмотке магнитоэлектрической защёлки (2) протекает ток, вызывающий срабатывание и воздействие на механизм свободного расцепления (3), отключающий контакты (4). УЗО срабатывает. Таково действие УЗО двухполюсного исполнения в цепи однофазной нагрузки.

Для работы в трёхфазной сети (как трёх-, так и четырёхпроводной) УЗО выполняется четырёхполюсным, то есть магнитопровод охватывает три фазных и нулевой **рабочий** проводники. Согласно первому закону Кирхгофа при любой несимметрии нагрузки алгебраическая сумма мгновенных значений токов в проводах, питающих нагрузку, равна нулю, результирующий поток в магнитопроводе и ЭДС во вторичной обмотке отсутствуют; УЗО не срабатывает. ЭДС во вторичной обмотке наводится и УЗО срабатывает лишь от токов, замыкающихся по путям утечки, минуя нагрузку. Другими словами, токи, замыкающиеся через нагрузку (рабочий ток, сверхток перегрузки), а также токи одно-, двух-, трёхфазных коротких замыканий между проводами, питающими нагрузку, не могут вызвать срабатывание УЗО. Заметим, что **двухполюсное** прикосновение человека с изоляцией от земли УЗО воспринимает как нагрузку и не срабатывает, что является недостатком, принципиально присущим устройствам защитного отключения.

Из сказанного следует, что УЗО не защищает сеть от сверхтоков перегрузок и коротких замыканий, то есть применение УЗО не должно означать отказа от автоматов защиты сети или плавких предохранителей. Некоторые типы устройств защитного отключения (в основном, зарубежного производства) совмещают в себе функции УЗО и автоматического выключателя, что неизбежно ведёт к снижению надёжности и Повышению стоимости за счёт усложнения схемы и увеличения количества компонентов.

УЗО является высокоэффективным и перспективным способом защиты. Оно используется в электроустановках до 1 кВ в дополнение к защитному заземлению (занулению), а также в качестве основного или дополнительного способа защиты, когда другие способы и средства неприменимы или малоэффективны.

В настоящее время в Российской Федерации действует ряд нормативных документов, регламентирующих технические параметры и требования к применению УЗО в электроустановках зданий. Ниже приводится перечень основных документов с краткими выдержками, касающимися применения УЗО.

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) Изд.7-е, 1999г.

Раздел 6 "Электрическое освещение".

П. 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 устройством защитного отключения (УЗО) с током срабатывания до 30 мА...

П. 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.

П. 6.1.17. ...Переносные светильники, предназначенные для подвешивания, настольные, напольные и т.п. приравниваются при выборе напряжения к стационарным светильникам местного стационарного освещения (п.6.1.16.)...

П. 6.1.48. При выполнении схем питания светильников и штепсельных розеток следует выполнять требования по установке УЗО, изложенные в гл. 7.1 и 7.2.

П. 6.1.49 Для установок наружного 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 3 раза меньше уставки срабатывания УЗО по дифференциальному току.

П. 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).

Раздел 7. «Электрооборудование специальных установок»

Глава 7.1. «Электроустановки жилых, общественных, административных, бытовых зданий»

П. 7.1.48. ...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...

П. 7.1.71. Для защиты групповых линий, питающих штепсельные розетки для переносных электрических приборов, рекомендуется предусматривать устройства защитного отключения (УЗО).

П. 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.

П. 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.

П. 7.1.74. В зоне действия УЗО нулевой рабочий проводник не должен иметь соединений с заземленными элементами и нулевым, защитным проводником.

П. 7.1.75. Во всех случаях применения УЗО должно обеспечивать надежную коммутацию цепей нагрузки с учетом возможных перегрузок.

П. 7.1.76. ...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.

П. 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 сек. при снижении напряжения до 50% номинального.

П. 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, видеомэгагнитофоны, персональные компьютеры и др.

П. 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.

П. 7.1.80. В жилых зданиях УЗО рекомендуется устанавливать на квартирных щитках, допускается их установка на этажных щитках.

П. 7.1.81. Установка УЗО запрещается для электроприемников, отключение которых может привести, к ситуациям, опасным для потребителей (отключению пожарной сигнализации и т.п.).

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.

П. 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 электроприемни-

ков 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.

П. 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.

П. 7.1.85. Для жилых зданий при выполнении требований п. 7.1.83 функции УЗО по п.п. 7.1.79 и 7.1.84 могут выполняться одним аппаратом с током срабатывания не более 30 мА.

П. 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 рабочий проводники защита от сверхтока в нулевом рабочем проводнике не требуется.

ГОСТ Р 50669-94 «Электроснабжение и электробезопасность мобильных (инвентарных) зданий из металла или с металлическим каркасом для уличной торговли и бытового обслуживания населения. Технические требования».

Область применения: Настоящий стандарт устанавливает требования к электроснабжению и к электробезопасности мобильных (инвентарных) зданий выполненных из металла или имеющих металлический каркас, предназначенных для уличной торговли и бытового обслуживания населения (торговые павильоны, киоски, палатки, кафе, будки, фургоны, боксовые гаражи и т.п.).

В п.4.2.9 указывается: «Вводно-распределительные устройства зданий должны содержать аппараты управления и защиты, включая УЗО с уставкой по току утечки не выше 30мА».

Данный стандарт является первым и пока единственным отечественным нормативным документом, предписывающим обязательное применение УЗО для определенного класса электроустановок.

Введение данного стандарта при отсутствии соответствующего требования в ПУЭ обусловлено особыми условиями эксплуатации подобных сооружений. Они устанавливаются в общественных местах, где с ними контактирует большое количество людей, для которых эти металлические сооружения представляют чрезвычайную опасность, поскольку условия их эксплуатации равнозначны эксплуатации электроустановок в особо опасных помещениях.

Поправка к ГОСТ Р 50669-94 (письмо Главгосэнергонадзора от 14.02.96 №42-6/113-ЭТ).

п.4.2.9. Вводно-распределительные устройства зданий должны содержать аппараты управления и защиты, включая УЗО с уставкой по току утечки не выше 30 мА.

п.4.2.6. В месте присоединения наружной электропроводки к питающей электрической сети должны быть установлены аппараты защиты от короткого замыкания.

п.4.5.5. Для УЗО проверка должна осуществляться ежемесячно.

3.8. Сигнализация, блокировка, знаки безопасности

Сигнализация (звуковая, световая) применяется в дополнение к другим способам и средствам защиты. Чаще всего она предупреждает о наличии напряжения на электроустановке или её части. Имеются устройства, сигнализирующие о недопустимом приближении к токоведущим частям, находящимся под напряжением. Таковы сигнализаторы, встроенные в монтёрскую защитную каску, или устройства, подающие зву-

ковой и световой сигналы при приближении стрелы автокрана к проводам воздушной линии.

Недоступность токоведущих частей может обеспечиваться применением различного рода блокировок (электрических, механических и др.). Блокировки исключают доступ к токоведущим частям, пока с них не снято напряжение, либо обеспечивают автоматическое снятие напряжения при появлении возможности прикосновения или опасного приближения к токоведущим частям. Часто блокировка применяется совместно с сигнализацией.

В Правилах подчёркивается, что устройства, сигнализирующие об отключённом состоянии аппаратов, блокирующие устройства являются только вспомогательными средствами, на основании показаний или действия которых не допускается делать заключение об отсутствии напряжения. Вместе с тем указание этих устройств о наличии напряжения являются безусловным признаком недопустимости приближения к данному оборудованию.

Плакаты и знаки безопасности относятся к электробезопасным средствам. По своему назначению они делятся на предупреждающие, запрещающие, предписывающие и указательные, а по характеру применения могут быть постоянными и переносными.

Перечень, размеры, форма, места и условия применения плакатов и знаков безопасности регламентированы Правилами применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках.

3.9. Электрическое разделение сети

Как самостоятельный способ защиты или в дополнение к другому, например, к малому напряжению, можно применять разделение сети на отдельные, электрически не связанные между собой участки. Для этого применяют разделяющий трансформатор. По ГОСТ 12.1.009-76 это специальный трансформатор, предназначенный для отделения приёмника энергии от первичной сети и сети заземления.

ПУЭ предъявляют к разделяющим трансформаторам определенные требования.

Они должны удовлетворять специальным техническим условиям в отношении надёжности конструкции и повышенных испытательных напряжений, что исключает пробой изоляции между первичной и вторичной обмотками.

От разделяющего трансформатора разрешается питание только одного электроприёмника с номинальным током плавкой вставки или расцепителя автомата на первичной стороне не более 15 А.

Заземление вторичной обмотки трансформатора не допускается. Корпус трансформатора в зависимости от режима нейтрали питающей сети должен быть заземлён или занулён. Заземление корпуса электроприёмника, присоединённого к такому трансформатору, не требуется.

Первичное напряжение трансформатора должно быть до 1000 В, а вторичное до 380 В, то есть трансформатор может понижать напряжение, например, до малого, но может иметь коэффициент трансформации, равный 1.

Выполнение приведённых требований обеспечивает надёжную изоляцию вторичной цепи от первичной сети, сети заземления и земли, что гарантирует безопасность однополюсного прикосновения к токоведущей части или к корпусу электроприёмника, оказавшемуся под напряжением. Сохраняется опасность поражения при двухполюсных прикосновениях, а также при двойных замыканиях во вторичной сети, однако при соблюдении всех требований ПУЭ к разделяющим трансформаторам и над-

лежащем контроле за их техническим состоянием, вероятность таких замыканий невелика.

Разделение сети можно осуществить также с помощью преобразователя, имеющего отдельные (не связанные электрически) обмотки, и питающего только один электроприёмник (например, преобразователь частоты на 200 или 400 Гц).

Способ отличается высокой эффективностью защиты, применяется в установках до 1 кВ, работающих в условиях повышенной и особой опасности (например, ручной электроинструмент). Недостатком способа является его неэкономичность (для каждого электроприёмника нужен разделяющий трансформатор или преобразователь).

3.10. Контроль изоляции

Поддержание сопротивления изоляции на высоком уровне уменьшает вероятность замыканий на землю, на корпус и поражений людей электрическим током. Контроль изоляции может быть приёмосдаточным, периодическим или постоянным (непрерывным).

В мало разветвлённых сетях с изолированной нейтралью, где ёмкость фаз относительно земли невелика, сопротивление изоляции является основным фактором безопасности. Поэтому ПУЭ требует в сетях до и выше 1 кВ с *изолированной нейтралью* осуществлять *постоянный* контроль изоляции.

В сетях с большой ёмкостью и в сетях с заземлённой нейтралью сопротивление изоляции не определяет безопасности, однако повреждение изоляции может стать причиной поражения при прикосновении к изолированной токоведущей части. Поэтому и в таких сетях должен проводиться контроль изоляции, правда, можно ограничиться периодическим контролем.

Правила предусматривают проведение периодических проверок сопротивления изоляции мегаомметром. Измеряется сопротивление изоляции каждой фазы относительно земли и между фазами на каждом участке между двумя последовательно установленными предохранителями, выключателями и другими устройствами или за последним предохранителем (выключателем). Сопротивление изоляции каждого участка в установках напряжением до 1000 В согласно ПУЭ должно быть не ниже 0,5 МОм на фазу. Неудобство таких измерений состоит в том, что они должны проводиться при полном снятии напряжения с установки и при отключенных электроприёмниках (в осветительных сетях - при вывернутых лампах накаливания). В настоящее время разработаны приборы, позволяющие измерять сопротивление изоляции под напряжением и при включённых электроприёмниках. Постоянный (непрерывный) контроль изоляции проводится под рабочим напряжением с подключёнными потребителями, поэтому он даёт информацию о величине сопротивления изоляции всей электроустановки. Наиболее простой схемой постоянного контроля изоляции является схема трёх вольтметров (рис. 11).

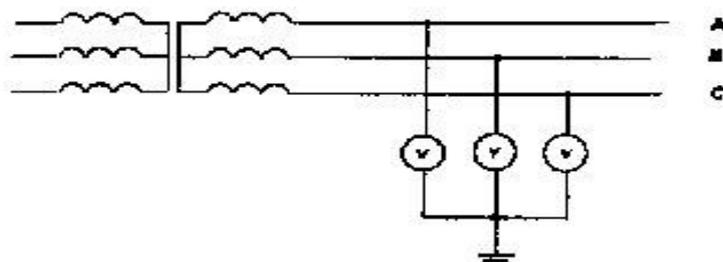


Рис. 11. Схема трёх вольтметров

Принцип действия схемы трех вольтметров можно уяснить с помощью векторных диаграмм (рис. 12).

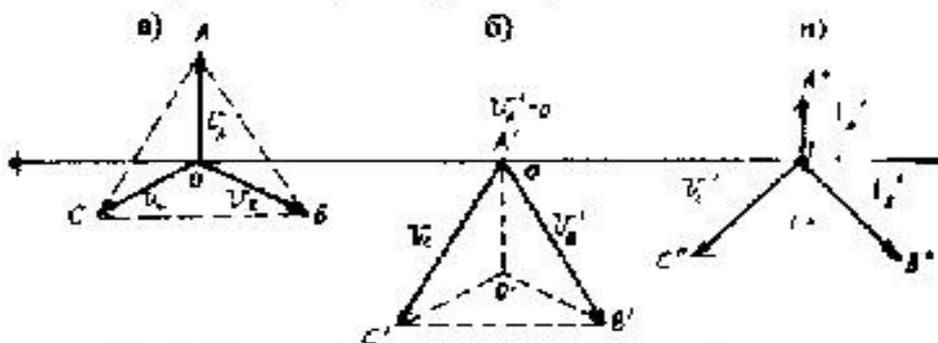


Рис. 12. Три стадии ухудшения изоляции фазы А
 а) исправная изоляция
 б) полное замыкание на землю фазы А
 в) неполное замыкание на землю фазы А

При нормальном состоянии изоляции (рис. 12а) каждый из вольтметров показывает напряжение соответствующей фазы относительно земли. При полном (металлическом, глухом) замыкании одной из фаз, например, фазы А, на землю (рис. 12б) вольтметр подключённый к этой фазе, покажет нуль, а вольтметры подключённые к другим фазам - линейное напряжение.

На практике чаще возникают замыкания на землю через переходное сопротивление (неполное замыкание). В этом случае (рис. 12в) вольтметр повреждённой фазы покажет напряжение больше нуля, но меньше фазного, а вольтметры исправных фаз — напряжение больше фазного, но меньше линейного. Конкретные значения показаний вольтметров определяются величиной переходного сопротивления в месте замыкания на землю.

Следует подчеркнуть, что в сети с изолированной нейтралью при замыкании фазы на землю искажаются лишь напряжения фаз и нейтральной точки относительно земли, тогда как напряжения междуфазные (линейные) и напряжения фаз относительно нейтральной точки сохраняются неизменными, что видно из рис.12. Поэтому при указанных неисправностях электроснабжение потребителей не нарушается. Вместе с тем режим однофазного замыкания на землю является аварийным и, согласно ПУЭ, должен быть устранен за время, не превышающее 2-х часов.

3.11. Компенсация токов замыкания на землю

Этот способ защиты применяется только в сетях выше 1 кВ с изолированной нейтралью, имеющих большую протяжённость, а, следовательно, большую ёмкость фаз по отношению к земле. В таких сетях даже при высоком качестве изоляции в случае однофазного прикосновения человек может быть поражён большой ёмкостной составляющей тока замыкания на землю.

Компенсация осуществляется при помощи дугогасящего реактора, включённого между нейтралью трансформатора и землёй. Индуктивный ток реактора и ёмкостная составляющая тока замыкания на землю находятся в противофазе и взаимно компенсируются в теле человека. Меняя индуктивность реактора, можно добиться полной компенсации, когда ток через человека будет практически равен нулю (при исправной изоляции), то есть однофазное прикосновение человека даже к токоведущей части будет безопасным. В этом смысле данный способ теоретически можно рассматривать как защиту не только от косвенных, но и от прямых прикосновений.

3.12. Средства индивидуальной защиты

Электрозащитные средства служат для защиты людей, работающих в электроустановках, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги и электромагнитного поля. Они делятся на основные и дополнительные.

К *основным* относятся средства защиты, изоляция которых длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановки, и которые позволяют прикасаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

К *дополнительным* относятся средства защиты, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить защиту от поражения, а применяются совместно с основными средствами.

Кроме электрозащитных средств, при работах в электроустановках следует при необходимости применять такие средства индивидуальной защиты, как очки, каски, противогазы, рукавицы, предохранительные монтажные пояса и страховочные канаты.

В «Правилах применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках» дана классификация средств защиты, изложены требования к ним, указания по эксплуатации, методика и нормы испытаний.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ.

ЗАЩИТА ОТ КОСВЕННЫХ ПРИКОСНОВЕНИЙ

Выше (п.3) рассмотрены технические меры защиты от поражения электрическим током при прямых прикосновениях к токоведущим частям. Некоторые из этих мер могут защитить не только от прямых, но и от косвенных прикосновений и в этом смысле являются универсальными. Далее рассматриваются специфические меры защиты от косвенных прикосновений. Следует подчеркнуть, что эти меры не могут по своему принципу действия обеспечить защиту от прямых прикосновений. Здесь же рассматриваются некоторые варианты совместного применения отдельных способов и средств защиты.

4.1. Защитное заземление. Зануление

В вопросах применения и практического выполнения защитного заземления и зануления следует руководствоваться требованиями не только ПУЭ, но и нового комплекса российских стандартов ГОСТ Р 50571, гармонизированных со стандартами Международной электротехнической комиссии (МЭК). В настоящее время идет работа над новой редакцией ПУЭ с целью приведения их в соответствие с указанными стандартами. В ГОСТ Р 50571.2-94 «Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики» приводится классификация систем заземления электрических сетей: IT, TT,

TN-C, TN-C-S, TN-S (см. рис.13). Применительно к сетям переменного тока напряжением до 1 кВ обозначения имеют следующий смысл. Первая буква - характер заземления источника питания (режим нейтрали вторичной обмотки трансформатора): I - изолированная нейтраль; T- глухозаземленная нейтраль. Вторая буква - характер заземления открытых проводящих частей (металлических корпусов) электроустановки: T- непосредственная связь открытых проводящих частей (ОПЧ) с землёй (защитное заземление); N - непосредственная связь ОПЧ с заземлённой нейтралью источника питания (зануление). Последующие буквы (если они имеются) - устройство нулевого рабочего и нулевого защитного проводников: С - нулевой рабочий (N) и нулевой защитный (PE) проводники объединены по всей сети; С-S-проводники N и PE объединены в части сети; S - проводники N и PE работают раздельно во всей сети.

Информационное письмо Главгосэнергонадзора № 42-6/14-ЭТ от 26.07.96 г. вводит в п. 1.7.17 и 1.7.18 ПУЭ 6-го издания определения нулевых проводников трехпроводной групповой сети.

Защитным проводником (PE) в электроустановках называется проводник, применяемый для защиты от поражения людей и животных электрическим током. В электроустановках до 1 кВ защитный проводник, соединенный с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора, называется нулевым защитным проводником.

Нулевым рабочим проводником (N) в электроустановках до 1 кВ называется проводник, используемый для питания электроприемников, соединенный с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной точкой источника в трехпроводных сетях постоянного тока.

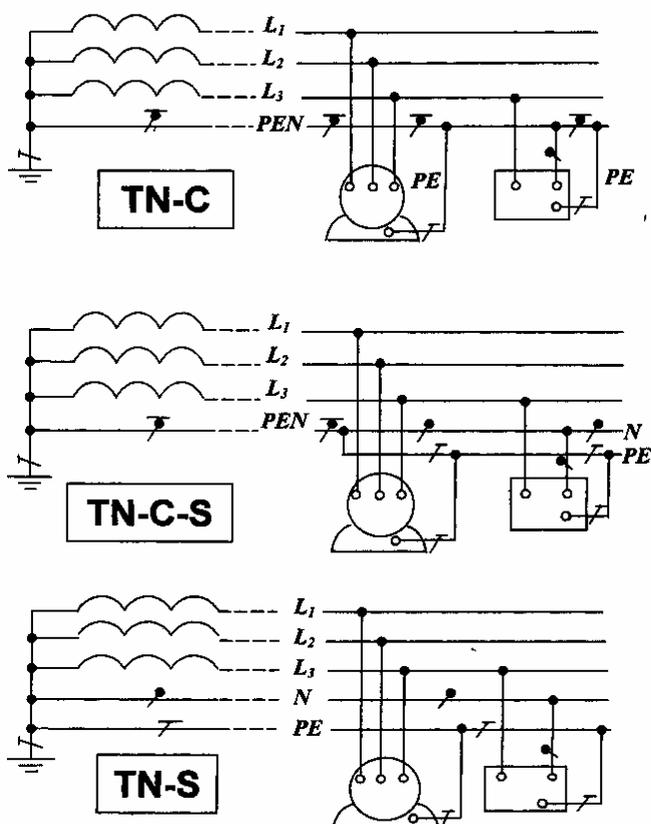


Рис. 13. Разновидности систем заземления

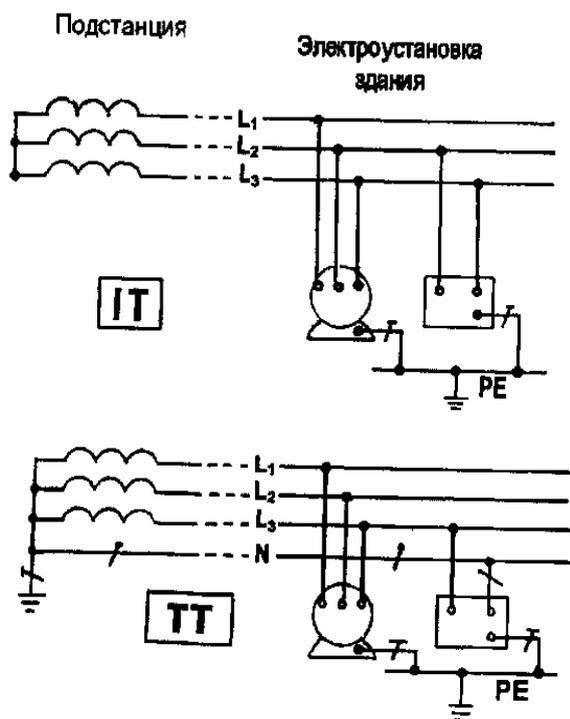


Рис. 13. Разновидности систем заземления

Совмещенным нулевым рабочим и защитным проводником (PEN) в электроустановках до 1 кВ называется проводник, сочетающий функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников.

Проводники, используемые в различных типах сетей, должны иметь определённые обозначения и расцветку (см. табл. 1).

Указанная выше расцветка проводников (жил кабеля) соответствует международным стандартам и введена с целью предотвращения ошибочного подключения к корпусу электроприемника фазного проводника вместо нулевого защитного.

Требования обеспечения возможности легкого распознавания частей, относящихся к отдельным элементам электроустановки, содержится также в п. 1.1.28 6-го издания ПУЭ.

Таблица 1

Наименование	Обозначение		Расцветка
	Букв.	Графич.	
Нулевой рабочий	N		голубой
Нулевой защитный	PE		жёлто-зелёный
Совмещённый нулевой рабочий и нулевой защитный	PEN		жёлто-зелёный с голубыми метками по концам
в трех-фазной	L ₁ L ₂ L ₃		все цвета, кроме выше перечисленных
в одно-фазной	L		

По определению ГОСТ 12.1.009 -76, **защитное заземление** - это преднамеренное электрическое соединение с землей или её эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Зануление - это преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Область применения этих способов защиты определяется режимом нейтрали и классом напряжения электроустановки. В этом отношении ПУЭ выделяют следующие группы электроустановок трёхфазного переменного тока:

- выше 1 кВ в сетях с эффективно заземлённой нейтралью;
- выше 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью;
- до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью;
- до 1 кВ с изолированной нейтралью.

Зануление применяется лишь в одной из перечисленных групп - в электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью. В соответствии с требованиями ПУЭ

такие установки выполняются четырёхпроводными. В остальных группах электроустановок применяется защитное заземление.

Рассмотрим сеть напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью (рис. 13 и 14). В такой сети (по международной классификации сеть типа IT) величина тока замыкания на землю, а следовательно, и вероятность поражения человека зависит от сопротивления путей утечки. Каждый из фазных проводов (L_1 , L_2 , L_3) связан с землёй двумя параллельными цепями (активная и ёмкостная утечка). На рис. 14-а показаны лишь утечки провода L_2 . Сопротивление активной утечки $r_{из}$ определяется качеством изоляции, ёмкостной утечки - протяжённостью и разветвлённостью сети.

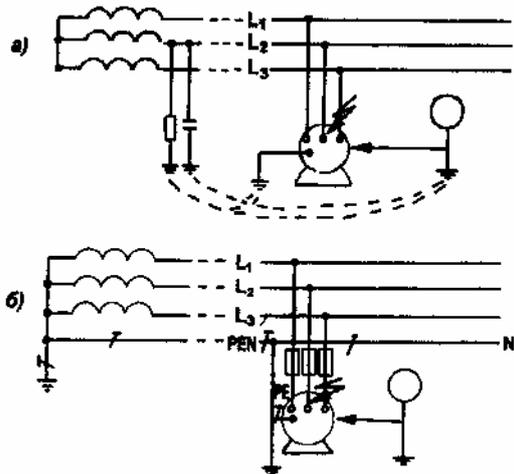


Рис. 14. Защитное заземление (а) и зануление (б).

В сети до 1 кВ при хорошей изоляции ($r_{из} > 500$ кОм) и малой протяжённости ($C = 0$) сопротивление путей утечки велико, а ток замыкания на землю мал, то есть однополюсное прикосновение может быть безопасным для человека даже при отсутствии защитного заземления. Однако этот случай следует рассматривать лишь как теоретический, так как на практике жёсткое выполнение этих условий едва ли возможно. Поэтому применение защитного заземления является обязательным.

Принцип действия защитного заземления заключается в том, что человек, прикоснувшийся к корпусу оборудования, находящемуся под напряжением, оказывается включённым параллельно заземлителю, имеющему значительно меньшее сопротивление, чем тело человека. В результате большая часть тока замыкания на землю пройдёт через заземлитель и лишь незначительная - через тело человека. При отсутствии заземлителя весь ток замыкания на землю пройдёт через тело человека, что может привести к поражению. Из сказанного следует, что чем меньше сопротивление заземлителя, тем надёжнее защита человека.

В соответствии с ПУЭ сопротивление заземляющего устройства в сети до 1 кВ с изолированной нейтралью не должно превышать 4 Ом, а при мощности питающего трансформатора 100 кВА и менее - 10 Ом. Для заземления в первую очередь используют естественные заземлители, то есть находящиеся в соприкосновении с землёй электропроводящие части коммуникаций, зданий и сооружений производственного и другого назначения. Использование протяжённых и разветвлённых естественных заземлителей позволяет снизить сопротивление заземляющего устройства, а также способствует выравниванию потенциала. Если естественные заземлители обеспечивают выполнение всех требований, предъявляемых к параметрам заземляющих устройств,

то искусственные заземлители (специально выполненные для целей заземления) можно не сооружать.

Как уже сказано, зануление применяется в электроустановках до 1 кВ с глухозаземлённой нейтралью (сети типа TN). Из рис. 14-6 видно, что в момент замыкания фазы на корпус образуется петля «фаза-нуль»: начало фазной обмотки трансформатора - фазный провод - место пробоя изоляции - провод РЕ-провод PEN-нейтраль трансформатора. Таким образом, зануление превращает замыкание на корпус в однофазное короткое замыкание (к.з.). Под действием тока к.з. срабатывает защита (предохранитель, автоматический выключатель), и поврежденная часть установки отключается от питающей сети. Чем быстрее произойдёт отключение, тем эффективнее защитное действие зануления: пока повреждённая часть установки остаётся под напряжением, прикосновение ко всем занулённым корпусам электрооборудования (в том числе исправного) опасно. Для уменьшения этой опасности выполняют повторное заземление нулевого провода: ту же роль играет присоединение зануленных корпусов к заземлителю, однако полностью устранить опасность электропоражения такими мерами не удаётся. В соответствии с требованиями ПУЭ в сети напряжением 380 В сопротивление повторного заземления нулевого провода не должно превышать 30 Ом.

Для быстрого и надёжного отключения поврежденной части электроустановки нужно, чтобы ток к.з. имел достаточную величину, а для этого сопротивление петли «фаза-нуль» должно быть малым.

Другими словами, проводимость фазных и нулевых защитных проводников должна быть выбрана такой, чтобы при замыкании на корпус возникал ток к.з., превышающий не менее чем в 3 раза номинальный ток ближайшей плавкой вставки.

Как сказано выше, сети переменного тока напряжением до 1 кВ с глухозаземлённой нейтралью и занулением электроприёмников (сети типа TN) имеют три разновидности: TN-C, TN-C-S и TN-S (см. рис.13). В этих сетях используются три наименования нулевых проводников: нулевой рабочий (N), нулевой защитный (PE) и совмещённый нулевой рабочий и защитный (PEN). В схеме сети имеется характерная точка, где PEN - проводник разветвляется на N- и PE - проводники.

Положение этой точки в конечном счёте определяет параметры и свойства указанных типов сетей: количество и наименование проводов в наружной электропроводке (в питающей линии), во внутренней электропроводке (в групповых линиях) как в однофазной, так и в трёхфазной сети. Основные характеристики сетей с занулением представлены в таблице 2.

Таблица 2

Тип сети	Количество фаз	Наружная проводка (питающая линия)		Внутренняя проводка (групповые линии)		Положение точки разветвления нулевых проводов
		Кол-во проводов	Наименование проводов	Кол-во проводов	Наименование проводов	
1	2	3	4	5	6	7
TN-C	однофазная	2	L, PE N	2	L, PEN	на вводе в электроприём-

	трех- фазная	4	L ₁ ,L ₂ , L ₃ ,PEN	4	L ₁ , L ₂ , L ₃ , PEN	ник
T N-C-S	одно- фазная	2	L,PE N	3	L,N,PE	на вводе в здание (объект)
	трех- фазная	4	L ₁ L ₂ , L ₃ ,PEN	5	L ₁ ,L ₂ ,L ₃ , N,PE	
T N-S	одно- фазная	3	L, N, PE	3	L,N,PE	на под- станции в ней- трали транс- форматора
	трех- фазная	5	L ₁ L ₂ , L ₃ ,N,PE	5	L ₁ ,L ₂ ,L ₃ , N,PE	

Разновидности системы TN (см. рис.13 и таблицу 2) 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 занулённые металлические корпуса электроприёмников, подключенных после точки обрыва по ходу энергии, по цепи: фаза - рабочая обмотка электроприёмника - нулевой рабочий проводник - точка соединения нулевого 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. 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 внутренней проводки выполняются не двух-, а трёхпроводными. 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 её длине от подстанции до потребителя необходимо иметь нулевой защитный проводник (PE), то есть питающая линия в системе TN-S имеет на один провод больше, чем в системах TN-C и TN-C-S.

На практике должны чётко соблюдаться указанные выше области применения защитного заземления и зануления. Недопустимо применение зануления в сети с изолированной нейтралью, равно как и защитного заземления (без соединения металлических корпусов с нулевым проводом) в сети с глухозаземленной нейтралью (сеть типа TT). Нарушение этого требования может привести к поражению электрическим током. Действительно, если в сети с изолированной нейтралью применить зануление, то в случае однофазного замыкания на землю нейтраль, а следовательно, всё занулённое оборудование приобретает по отношению к земле потенциал фазы. Человек, касаясь совершенно исправного оборудования попадает под фазное напряжение. Опасность усугубляется тем, что при отсутствии специальной защиты режим однофазного замыкания на землю может существовать длительное время. По этой причине сеть типа IT (то есть сеть с изолированной нейтралью и занулением) вовсе не предусмотрена комплексом стандартов ГОСТ Р 50571 как недопустимая к применению.

Наоборот, если в сети с глухозаземлённой нейтралью вместо зануления выполнить защитное заземление, то есть применить сеть TT, то при замыкании на корпус фазное напряжение распределится между последовательно включёнными заземлите-

лем корпуса электроприёмника и заземлителем нейтрали трансформатора пропорционально их сопротивлениям. При этом возникает реальная угроза электропоражения у потребителя или на подстанции, тем более что указанный аварийный режим может существовать длительное время, ибо ток, проходящий через последовательно соединённые сопротивления заземлителей корпуса и нейтрали, может быть недостаточным для срабатывания защиты электроприёмника. По указанной причине ПУЭ запрещает применение сети типа ТТ (и. 1.7.39).

В то же время комплекс стандартов ГОСТ Р 50571 рассматривает сеть ТТ как одну из имеющих право на существование. Более того, ГОСТ Р 50669-94 «Электропитание и электробезопасность мобильных (инвентарных) зданий из металла или с металлическими каркасами для уличной торговли или бытового обслуживания населения» предписывает применение для электроснабжения упомянутых зданий именно **системы ТТ как основной** и лишь **допускает применение системы TN-S**. Тем самым считается, что первая обеспечивает более высокий уровень электробезопасности, чем вторая. Таким образом, возникает противоречие между требованиями ПУЭ и новых российских стандартов ГОСТ Р. Однако необходимо учесть, что ГОСТ Р 50669-94 требует обязательного применения в зданиях из металла устройства защитного отключения (УЗО), а сеть ТТ в совокупности с УЗО обеспечивает высокий уровень электробезопасности при меньших материальных затратах, чем сеть TN-S. Поэтому противоречие между указанными нормативными документами может быть снято путём внесения в них чёткого указания о том, что сеть ТТ может применяться только в совокупности с УЗО.

4.2. Выравнивание потенциалов

При пробое изоляции на корпус, присоединённый к заземлителю, обрыве и падении провода на землю потенциалы точек земной поверхности (токопроводящего пола) вблизи от заземлителя приобретают повышенное значение (см. рис.15). Наибольший потенциал, равный потенциалу заземлителя ϕ_3 , имеет точка земли, расположенная точно над заземлителем. При удалении от заземлителя в любую сторону потенциалы точек земли снижаются по гиперболическому закону. Можно считать, что на расстоянии более 20 м от заземлителя зона растекания заканчивается, то есть потенциалы точек земли имеют нулевое значение.

Человек, находящийся в зоне растекания, может попасть под напряжение шага. Напряжение шага (U_m) - это разность потенциалов между двумя точками земли, находящимися одна от другой на расстоянии шага (0,8м), на которых одновременно стоит человек. Из рис.15 видно, что величина U_m зависит от:

- ширины шага: чем она больше, тем больше U_m ;
- расстояния от человека до заземлителя: при удалении от заземлителя U_m уменьшается, обращаясь в нуль за пределами зоны растекания;
- величины потенциала заземлителя: чем больше ϕ_3 , тем больше U_m .

Опасность воздействия напряжения шага состоит в том, что ток, протекая по пути «нога-нога», вызывает судороги мышц, что может привести к падению человека на землю. При этом возникает более опасная для человека петля тока, а также увеличивается расстояние между точками земли, которых он будет касаться. Индивидуальными средствами защиты от напряжения шага в установках выше 1000 В являются диэлектрические боты, а до 1000 В - диэлектрические галоши. Коллективным средством защиты является выравнивание потенциалов.

ловек. Выравнивание потенциала как самостоятельный способ защиты не применяется, оно является дополнением к защитному заземлению (занулению).

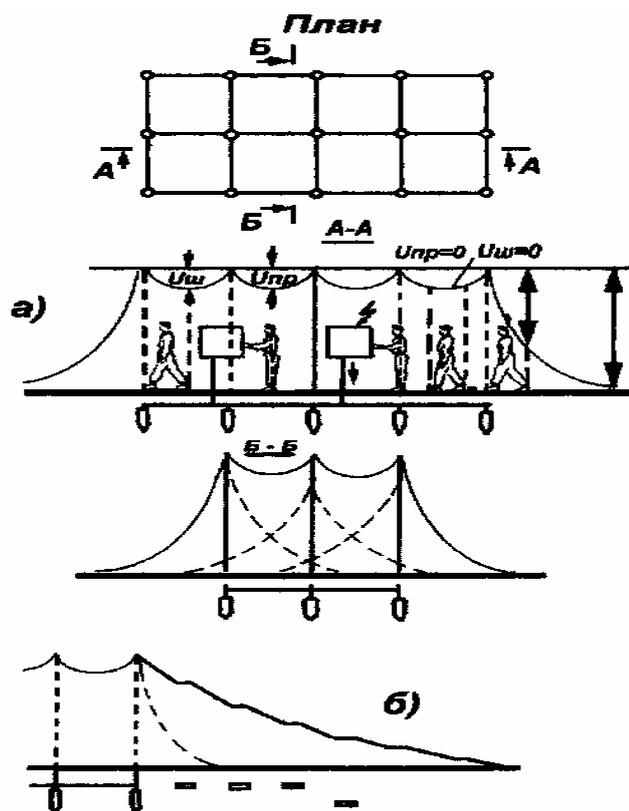


Рис. 16. Выравнивание потенциала:
а) внутри контура
б) за пределами контура

Требования к конструкции и параметры устройств защитного заземления, зануления и выравнивания потенциалов содержатся в ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление» и в ПУЭ, гл. 1.7.

4.3. Система защитных проводов

В сети до 1 кВ с изолированной нейтралью может применяться система защитных проводов, при которой корпуса электроприёмников электрически соединяются между собой, а также с металлическими трубопроводами, оболочками кабелей, металлическими конструкциями зданий и другими заземлителями. Такая мера защиты получила распространение в странах восточной Европы (страны бывшего СЭВ). В нашей стране она применяется в передвижной энергетике, когда источник питания и потребители располагаются на транспортных средствах.

4.4. Изоляция нетоковедущих частей

В отдельных обоснованных случаях, когда другие способы и средства неприменимы или малоэффективны, защита от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением, может осуществляться путём покрытия этих частей изоляционными материалами (лаками, плёнками).

4.5. Совместное применение отдельных видов защиты

Рассмотренные выше технические способы и средства защиты могут применяться как отдельно, так и в определённых сочетаниях одно с другим, что может существ-

венно повысить электробезопасность. Сказанное иллюстрируется классами электротехнических устройств по способам защиты от поражения электрическим током (таблица 3).

Таблица 3

Класс защиты	Характеристика изделия	Способы (средства) защиты от поражения электрическим током
1	2	3
0	Изделия, имеющие рабочую изоляцию и не имеющие элементов для заземления.	Рабочая изоляция
01	Изделия, имеющие рабочую изоляцию, элемент для заземления и провод без заземляющей жилы для присоединения к источнику питания	а) Рабочая изоляция б) Защитное заземление (зануление)
I	Изделия, имеющие рабочую изоляцию и элемент для заземления. Провод для присоединения к источнику питания имеет заземляющую жилу и вилку с заземляющим контактом.	а) Рабочая изоляция. б) Защитное заземление (зануление)
II	Изделия, имеющие двойную или усиленную изоляцию.	Двойная (усиленная) изоляция
III	Изделия, не имеющие ни внутренних, ни внешних электрических цепей с напряжением выше 50 В. Изделия, получающие питание от внешнего источника, должны присоединяться непосредственно к источнику питания с напряжением не выше 50 В. При использовании в качестве источника питания трансформатора или преобразователя его входная и выходная обмотки не должны быть электрически связаны и между ними должна быть двойная или усиленная изоляция	а) Рабочая изоляция б) Малое напряжение в) Электрическое разделение сети

Таблица 3 соответствует ГОСТ 12.2.007 - 75 «Изделия электротехнические. Требования безопасности». Указанные классы защиты относятся к переносным или передвижным электроприёмникам, подключённым к сети через штепсельные разъёмы (розетки). В таблице 3 не упоминаются УЗО как средства электрозащиты, так как они лишь недавно начали внедряться в практику эксплуатации в нашей стране. Между тем защитные свойства любого из рассмотренных классов могут быть существенно повышены путём их сочетания с УЗО.

Устройства защитного отключения могут устанавливаться на вводе в объект (здание). При этом в зону действия УЗО входят все сети и потребители данного объекта. Другой вариант установки УЗО - на групповых линиях, питающих штепсельные

розетки (разъёмы). И, наконец, могут применяться УЗО - вилки, с помощью которых потребители могут подключаться к сети. В зависимости от конструкции УЗО - вилки (двух- или трех контактная) она может включаться в соответствующую розетку двух- или трёхпроводной групповой линии (см. таблицу 4).

Таблица 4

Групповая линия	Класс защиты	Способ защиты	Уровень электробезопасности
Двухпроводная (L,N)	0	Рабочая изоляция	I
Трёхпроводная (L,N,PE)	I	а) Рабочая изоляция б) Зануление	6,5
Двухпроводная (L,N)	0	а) Рабочая изоляция б) УЗО	167
Трёхпроводная (L, N, PE)	I	а) Рабочая изоляция б) Зануление в) УЗО	1075

Двухпроводные групповые линии имеют место в существующем фонде жилых и общественных зданий; они характеризуются низким уровнем электробезопасности, условно принятым за I (см. табл. 4). Во вновь строящихся, реконструируемых, капитально ремонтируемых зданиях должны применяться трёхпроводные групповые линии. Переход от двух - к трёхпроводным групповым линиям, т. е. применение зануления, повышает уровень безопасности в 6,5 раз. Применение УЗО в двухпроводных линиях повышает электробезопасность в 167 раз, а в трёхпроводных - в 1075 раз.

Приведённые данные получены А.И. Якобсом расчётным путём; в качестве электроприёмника рассматривался бытовой холодильник (морозильник).

При использовании УЗО стационарного исполнения совместно с занулением необходимо, чтобы точка разветвления PEN - проводника на N - и PE -проводники находились до УЗО по ходу энергии, а в зоне действия УЗО нулевой рабочий проводник N был надёжно изолирован от PE - проводника, от металлических корпусов электроприёмников и от земли. Выполнение этих условий означает применение УЗО в системе TN-C-S или TN-S (рис.17-а). В этом случае при замыкании на корпус ток однофазного к. з. пройдёт через УЗО только в прямом направлении, а обратный ток замкнётся по проводу PE, минуя УЗО. Последнее сработает, то есть осуществит защиту от косвенных прикосновений. При этом УЗО и зануление резервируют друг друга.

Если точка разветвления нулевых проводов окажется после УЗО, что соответствует сети типа TN-C- (рис. 17-б), то при замыкании на корпус ток к. з. пройдёт через УЗО дважды - в прямом и обратном направлениях, и УЗО не сработает. В этом случае эффективность защиты от косвенных прикосновений будет зависеть только от работоспособности зануления. Поэтому применение УЗО в сети типа TN-C следует считать неправильным. Заметим, что при использовании УЗО - вилки указанные выше условия работоспособности УЗО выполняются автоматически.

Как уже говорилось, система TT (защитное заземление электроприёмников в сети с глухозаземлённой нейтралью) не обеспечивает электробезопасности и потому

запрещена ПУЭ. В то же время система ТТ, дополненная УЗО (см. рис. 18) предписывается ГОСТ Р 50669-94 как основная для питания мобильных зданий из металла или с металлическим каркасом. Более того, система ТТ с УЗО свободна от недостатков, присущих системе TN: повышенного расхода проводов (особенно TN-S) и выноса потенциала на все занулённое оборудование в случае замыкания на корпус в любом из электроприёмников или в случае обрыва PEN - проводника. В системе ТТ с УЗО заземление электроприёмников не является мерой защиты от косвенных прикосновений, а лишь обеспечивает срабатывание УЗО. Поскольку УЗО имеет высокую чувствительность (срабатывает от токов, измеряемых в миллиамперах), заземлитель электроприёмников может иметь значительное сопротивление. Например, при токе срабатывания УЗО, равном 30 мА, сопротивление заземлителя должно быть не больше 286 Ом, при этом напряжение прикосновения не превысит 12В. Сооружение такого заземлителя не требует значительных затрат сил, средств и времени. Следует однако иметь в виду, что в случае отсутствия УЗО или его отказа, при замыкании на корпус фазное напряжение распределится между заземлителями потребителя (286 Ом) и нейтрали трансформатора (4 Ом - по норме). В рассматриваемом примере всё заземлённое оборудование потребителя длительно окажется под напряжением 217 В, что создает опасность электропоражения. В этих условиях должны предъявляться повышенные требования к надёжности УЗО

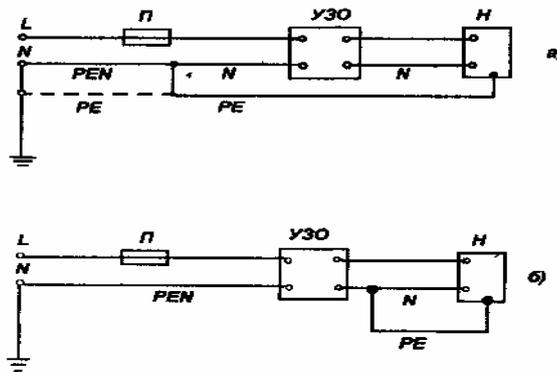


Рис. 17 Схемы включения УЗО в сетях типа TN
 а) правильно (TN-C-S или TN-S)
 б) неправильно (TN-C)

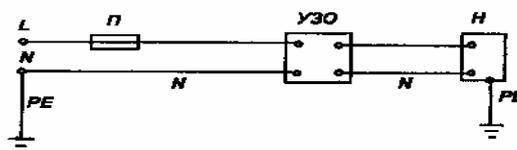


Рис. 18. Схема включения УЗО в сети типа ТТ

5. ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ В ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

5.1. Состояние вопроса

В настоящее время имеет место бурный рост электрификации быта городского и сельского населения. Если 40...50 лет назад электроэнергия в быту использовалась в основном для целей освещения, то теперь жилые и общественные здания все в большей степени насыщаются сложными электрическими приборами и устройствами: холодильниками и морозильниками, стиральными и посудомоечными машинами, электроводонагревателями, электропечами, электроплитами, кондиционерами, электроинструментом и др.

Одновременно расширилась и сфера применения электробытовых приборов. Многие из них стали эксплуатироваться в условиях повышенной и даже особой опасности электропоражения: в кухнях, ванных комнатах, вблизи от водопроводных и газовых труб. Особенно велика опасность поражения электрическим током в сельской местности, на дачных участках, где электробытовые приборы подчас эксплуатируются в помещениях: с земляными полами, а иногда и под открытым небом. Указанные обстоятельства обуславливают недопустимо высокий уровень бытового электротравматизма в России и требуют повышенного внимания специалистов к вопросам электробезопасности.

В нашей стране электроснабжение жилых и общественных зданий осуществляется от сетей трехфазного переменного тока напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью (по международной классификации — сети типа TN). До недавнего времени в жилом фонде для питания однофазных потребителей использовались двухпроводные групповые линии (фазный и нулевой рабочий проводники), а электробытовые приборы имели самый низкий класс защиты от электропоражения - класс 0. В этих условиях средствами защиты от поражения электрическим током являлись лишь рабочая изоляция электрических сетей и потребителей, а также меры по ограничению доступа к токоведущим частям (расположение их на недоступной высоте, ограждения). Применение же такой распространенной на производстве меры защиты, как зануление, и использование приборов класса I, было невозможно, так как требовало реконструкции групповых сетей всего жилого фонда. Попытки использования в быту приборов класса I привели к росту электротравматизма из-за невозможности их правильного подключения в двухпроводной сети.

Весьма эффективным путем повышения электробезопасности жилых и общественных зданий в то время представлялся переход от электробытовых приборов класса защиты 0 на приборы класса II (с двойной или усиленной изоляцией), не требующий реконструкции сетей, с одновременным запрещением приборов класса I. В соответствии с ГОСТ 12.2.013-75 "Машины ручные электрические" продажа населению электроинструмента класса I запрещалась. В дополнение к этому Главгосэнергонадзор принял Решение о необходимости применения в быту ручных электрических машин только с двойной изоляцией (информационное письмо №17-6/25-Т от 6.08.1979 г.). В Решении указывалась номенклатура изделий класса II, разрешенных к применению в быту, и перечень их заводов-изготовителей (часть из них после развала СССР оказалась в ближнем Зарубежье). Всеми другими изделиями, не указанными в Решении,

пользоваться в быту запрещалось. С точки зрения электробезопасности правильность такого решения не вызывает сомнения, однако осуществить его по организационным причинам не представилось возможным. Реальность такова, что в настоящее время наряду с электробытовыми приборами класса 0 и II торговая сеть наводнена приборами класса I как импортного, так и отечественного производства. К тому же в условиях действия Закона РФ «О защите прав потребителей» запрещение пользования в быту приборами класса I стало юридически неправомерным.

В 1993 г. Госстандарт, Госстрой и Минтопэнерго России приняли совместное Решение о развитии нормативной базы для безопасного применения электрооборудования класса защиты I по электробезопасности в электроустановках зданий (опубликовано в журнале "Промышленная энергетика" № 12 за 1993 г.).

В соответствии с этим Решением Госстандартом РФ в 1994 г. был принят комплекс стандартов ГОСТ Р 50571 «Электроустановки зданий», гармонизированных со стандартами Международной электротехнической комиссии (МЭК). Комплекс стандартов распространяется на электроустановки: жилых, общественных и производственных зданий, торговых предприятий, сельскохозяйственных строений, жилых автофургонов и стоянок для них; стройплощадок, зрелищных сооружений, ярмарок и др. временных сооружений. Комплекс стандартов является основополагающим документом во всех областях, входящих в сферу работ по стандартизации и сертификации электроустановок зданий, при разработке и пересмотре стандартов, нормативов и правил, затрагивающих вопросы безопасности электроустановок зданий. В настоящее время осуществляется разработка 7-го издания Правил устройства электроустановок (ПУЭ), которые будут выпускаться и вводиться в действие отдельными разделами и главами по мере завершения работы по их составлению, согласованию и утверждению. Уже вышли в свет раздел 6 и главы 7.1. и 7.2, которые введены в действие с 1.07.2000 г.

В соответствии с п.7.1.13 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 3x220 В, следует предусматривать перевод сети на напряжение 380/220 В с системой заземления TN-S или TN-C-S.

Ниже приводятся некоторые требования главы 7.1 новых ПУЭ.

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 шинке груп-

пового 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, электрополотенц 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 мм² 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 мм² по меди и 16мм² по алюминию независимо от сечения фазных проводников.

Сечение PE проводников должно равняться сечению фазных при сечении последних до 16 мм², 16 мм² при сечении фазных проводников от 16 до 35 мм² и 50% сечения фазных проводников при больших сечениях. -

Сечение PE проводников, не входящих в состав кабеля, должно быть не менее 2,5 мм² - при наличии механической защиты и 4 мм² - при ее отсутствии.

Из перечисленных выше изменений и дополнений к ПУЭ следует, что комплекс стандартов ГОСТ Р 50571 «Электроустановки зданий» и «Правила устройства 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 пи-

тающая 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 (PE), 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.

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

5.2. 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 PE 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 реализуем.

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 приобретаете вместе с ним? Здесь возможны следующие варианты (см. рис. 19), 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 РЕ, прокладываемым дополнительно от группового щитка до розетки;

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

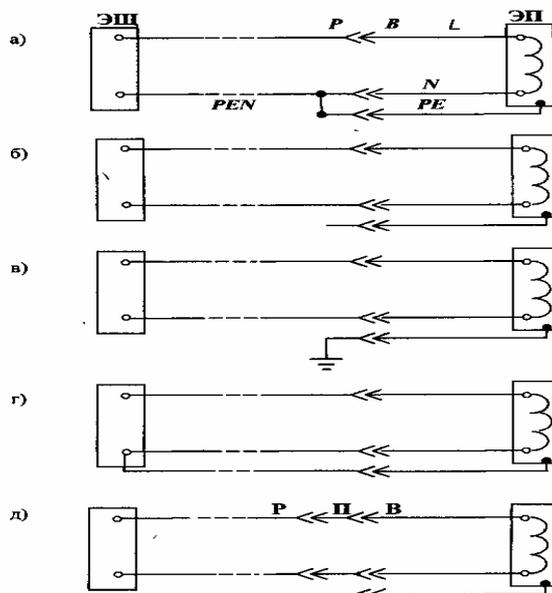


Рис.19. Варианты подключения электроприемника класса защиты I в двухпроводной сети.
 ЭЩ – этажный (квартирный) щиток; ЭП – электроприемник;
 P – розетка; В – вилка; П – переходник.

Вариант а) соответствует сети типа TN-C, применение которой в электроустановках зданий не предусмотрено ни ГОСТ Р 50751, 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 переключку 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 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 электроснабжения хозяйственных 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 - 6 м 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 мм² для ответвления и 2,5 мм² для ввода; алюминиевых - соответственно 16 мм² и 4 мм².

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 за-

землителю. 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 ванн и душевых помещений, если они не подсоединяются к индивидуальному разделяющему трансформатору. Уставка срабатывания по току утечки указанных УЗО не должна превышать 30 мА.

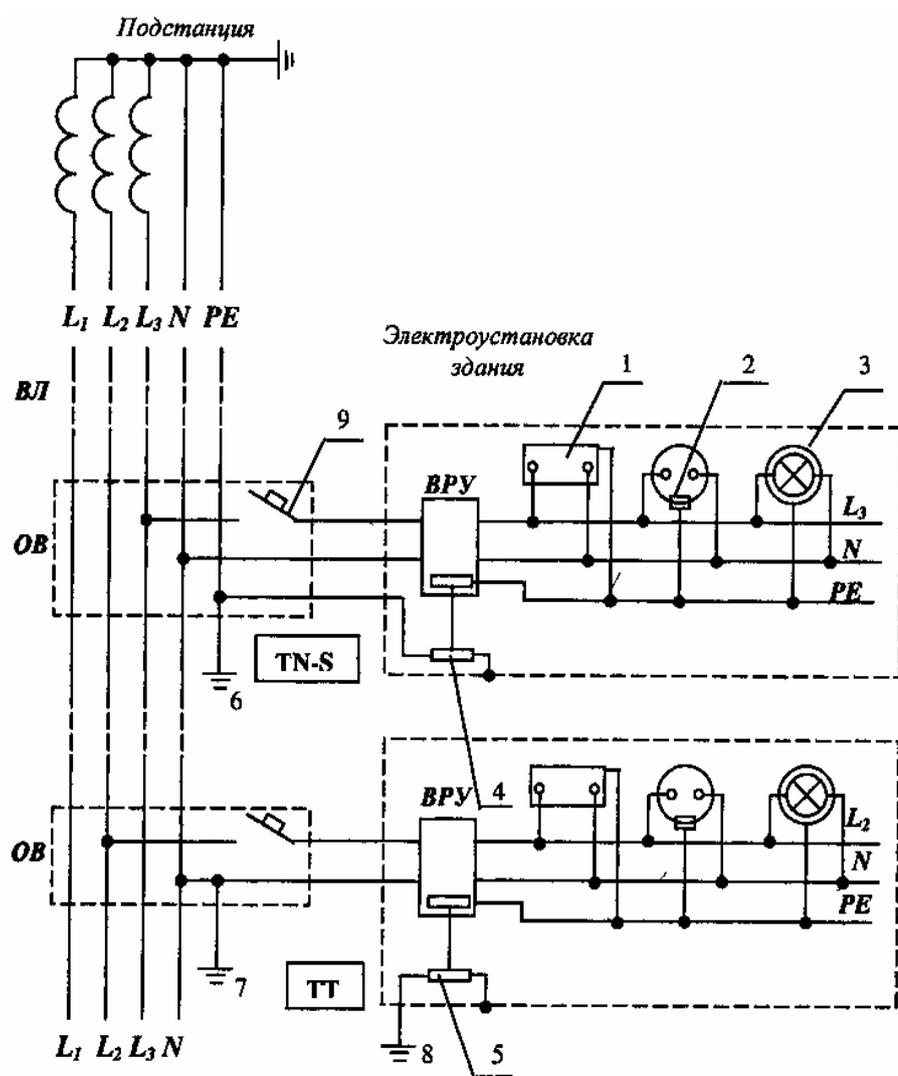


Рис. 20. Системы электроснабжения мобильных зданий

- ВЛ – воздушная линия,
- ОВ – ответвление к вводу,
- ВРУ – вводно-распределительное устройство,
- 1 – однофазный электроприемник,
- 2 – защитный контакт штепсельной розетки,
- 3 – металлический корпус светильника,
- 4 – главная зануляющая шина,
- 5 – главная заземляющая шина,
- 6 – повторное заземление нулевого защитного провода,
- 7 – повторное заземление нулевого рабочего провода,
- 8 – защитное заземление здания,
- 9 – аппарат защиты от сверхтока

5.3. 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.). Эти требования регламентированы действующим ГОСТ Р50669-94 "Электроснабжение и электробезопасность мобильных (инвентарных) зданий из металла или с металлическим каркасом для уличной торговли и бытового обслуживания населения. Технические требования".

В соответствии с указанным стандартом электроснабжение здания следует осуществлять от электрической сети напряжением 380/220 В с заземленной нейтралью (см. рис. 20). 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 (см. рис. 20) 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 (см. рис. 20) 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 ТТ свободна от указанных выше недостатков системы TN. Однако при ее использовании необходимо иметь в виду одно принципиально важное условие: сеть

типа ТТ 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 ТТ несет в себе прямую угрозу электропоражения. Не случайно, система ТТ (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 Р 50669-94 не содержится прямого указания на неразрывную связь системы ТТ и УЗО; эта мысль следует из текста ГОСТа лишь косвенно - через требование об обязательном применении УЗО в электроустановках мобильных зданий, вне зависимости от принятой системы электропитания (ТТ или TN-S).

В соответствии с ГОСТ Р 50669-94 электробезопасность людей как снаружи мобильного здания, так и внутри должна быть обеспечена комплексом следующих электротехнических мероприятий:

- применение УЗО внутри здания;
- повторное заземление нулевого рабочего провода (для сети ТТ) или нулевого защитного провода (для сети TN-S) в месте присоединения наружной электропроводки к питающей сети;
- заземление (для сети ТТ) 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 ТТ) 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 (см. рис. 20).

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 50699-94 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 (см. рис. 20) внутри здания предусматривается главная зануляющая шина, конструкция которой такая же, как главной заземляющей шины в системе TT. Отличие состоит в том, что вместо заземляющих проводников к шине подключается нулевой защитный проводник (PE) 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 Р 50571.13-96 должны быть отнесены к стесненным помещениям с проводящими потолком, стенами и полом и отвечать более жестким требованиям электробезопасности, чем предписывает ГОСТ 50669-94. 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 электрозащитных 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 ванн 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 ванн и душевых помещениях 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 50571.11-96 допускается в ванн и душевых помещениях квартир, гостиниц, общежитий 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 ванн и душевых помещениях. 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.

6. ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ (ЭМП) ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

6.1. Составляющие ЭМП

Воздушные линии электропередачи (ВЛ) и открытые распределительные устройства (ОРУ) являются источниками электромагнитных полей (ЭМП), которые могут оказывать вредные воздействия на людей - обслуживающий персонал и население.

Наиболее чувствительны к электромагнитным полям центральная нервная система, сердечно-сосудистая, гормональная и репродуктивная системы.

Несмотря на многолетние исследования, сегодня ученым еще далеко не все известно о влиянии ЭМП на здоровье человека.

При малых частотах, в том числе 50 Гц, электрическое (ЭП) и магнитное (МП) поля не связаны, поэтому их можно рассматривать отдельно. Электрическое поле возникает вследствие наличия напряжения на токоведущих частях, а магнитное поле обусловлено прохождением тока по этим частям.

Напряженность ЭП зависит от номинального напряжения электроустановки; учет вредного воздействия ЭП на биологический объект начинается при номинальном напряжении 330 кВ и выше.

Напряженность МП зависит от величины тока, поэтому вредное воздействие МП может проявляться в установках всех напряжений.

Наряду с биологическим действием ЭП может вызывать электрические разряды при прикосновении человека к заземленным или изолированным от земли электропроводящим объектам. Разрядный ток может достигать значений, опасных для жизни, а также может вызвать взрыв и пожар.

6.2. Электрическое поле

ГОСТ 12.1.002-84 устанавливает предельно допустимые уровни напряженности электрического поля (ЭП) частотой 50 Гц для персонала, обслуживающего электроустановки и находящегося в зоне влияния создаваемого ими ЭП, в зависимости от времени пребывания в ЭП, а также требования к проведению контроля уровней напряженности ЭП на рабочих местах.

Предельно допустимый уровень напряженности воздействующего ЭП устанавливается равным 25 кВ/м.

Пребывание в ЭП напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

Пребывание в ЭП напряженностью не более 5 кВ/м включительно допускается в течение рабочего дня.

При напряженности ЭП свыше 20 до 25 кВ/м время пребывания персонала в ЭП не должно превышать 10 мин.

Допустимое время пребывания в ЭП напряженностью свыше 5 до 20 кВ/м включительно вычисляют по формуле:

$$T = \frac{50}{E} - 2$$

где T - допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч;

E - напряженность воздействующего ЭП в контролируемой зоне, кВ/м.

Расчет допустимой напряженности, в зависимости от времени пребывания в ЭП производится по формуле:

$$E = \frac{50}{T + 2}$$

где T - время пребывания в ЭП, ч.

Расчет по формуле допускается в пределах от 0,5 до 8,0 ч.

Допустимое время пребывания в ЭП может быть реализовано однократно или дробно в течение рабочего дня. В остальное рабочее время напряженность ЭП не должна превышать 5 кВ/м.

При нахождении персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП время пребывания вычисляют по форме:

$$T_{np} = 8 \left(\frac{t_{E1}}{T_{E1}} + \frac{t_{E2}}{T_{E2}} + \dots + \frac{t_{En}}{T_{En}} \right)$$

где T_{np} - приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту пребыванию в ЭП нижней границы нормируемой напряженности, ч;

$t_{E1}, t_{E2}, \dots, t_{En}$ - время пребывания в контролируемых зонах с напряженностью E_1, E_2, \dots, E_n , ч;

$T_{E1}, T_{E2}, \dots, T_{En}$ - допустимое время пребывания в ЭП для соответствующих контролируемых зон.

Приведенное время не должно превышать 8 ч.

Количество контролируемых зон определяется перепадом уровней напряженности ЭП на рабочем месте. Различие в уровнях напряженности ЭП контролируемых зон устанавливается 1 кВ/м.

Указанные выше требования действительны при условии исключения возможности воздействия электрических разрядов на персонал, а также при условии применения защитного заземления по ГОСТ 12.1.019-79 всех изолированных от земли предметов, конструкций, частей оборудования, машин и механизмов, к которым возможно прикосновение работающих в зоне влияния ЭП.

Следует заметить, что согласно новым Межотраслевым правилам по охране труда допустимая напряженность неискаженного ЭП составляет 5 кВ/м. При напряженности ЭП на рабочих местах выше 5 кВ/м (работа в зоне влияния ЭП) необходимо применять средства защиты. Таким образом, Правила устанавливают более жесткие требования, чем ГОСТ 12.1.002-84.

Учитывая потенциальную опасность ЭМП для здоровья населения, в нашей стране разработаны Санитарные нормы, по ряду параметров являющиеся самыми жесткими в мире.

В Российских Санитарных нормах в качестве предельно-допустимого уровня (ПДУ) облучения населения принимаются такие значения электромагнитных полей, которые при ежедневном облучении в свойственных для данного источника излучения режимах не вызывают у населения без ограничения пола и возраста заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования, в период облучения или в отдаленные сроки после его прекращения.

Влияние электрических полей переменного тока промышленной частоты в условиях населенных мест (внутри жилых зданий, на территории жилой застройки и на участках пересечения воздушных линий с автомобильными дорогами) ограничивается «Санитарными нормами и правилами защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты» № 2971—84. В качестве предельно допустимых уровней приняты следующие значения напряженности электрического поля:

- внутри жилых зданий 0,5 кВ/м;
- на территории жилой застройки 1 кВ/м;

— в населенной местности, вне зоны жилой застройки (земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, земля поселков городского типа, в пределах поселковой черты этих пунктов), а также на территории огородов и садов 5 кВ/м;

— на участках пересечения воздушных линий (ВЛ) с автомобильными дорогами I—IV категории 10 кВ/м;

— в ненаселенной местности (незастроенные местности, хотя бы и частично посещаемые людьми, доступные для транспорта, и сельскохозяйственные угодья) 15 кВ/м;

— в труднодоступной местности (не доступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на участках, специально выгороженных для исключения доступа населения 20 кВ/м.

6.3. Магнитное поле

До недавнего времени считалось, что только электрическая составляющая ЭМП представляет опасность для здоровья человека. Однако исследования последних лет свидетельствуют о том, что магнитная составляющая оказывает вредное воздействие на биологические объекты. В связи с этим появились нормативные документы, устанавливающие ПДУ магнитных полей (напряженность поля Н, А/м и индукция В, Тл), см. таблицу 5.

Таблица 5

Допустимые уровни магнитного поля для персонала

Время пребывания (час)	Допустимые уровни магнитного поля Н (А/м)/В (мкТл) при воздействии	
	общем	локальном
≤1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

Допустимые уровни магнитного поля внутри временных интервалов определяются интерполяцией.

При необходимости пребывания персонала в зонах с различной напряженностью магнитного поля общее время выполнения работ в этих зонах не должно превышать предельно допустимое для зоны с максимальной напряженностью.

Допустимое время пребывания в магнитном поле может быть реализовано одноразово или дробно в течение рабочего дня. При изменении режима труда и отдыха (сменная работа) предельно допустимый уровень магнитного поля не должен превышать установленный для 8-часового рабочего дня.

Измерения напряженности (индукции) магнитного поля должны проводиться при максимальном рабочем токе электроустановки или измеренные значения должны пересчитываться на максимальный рабочий ток (I_{max}) путем умножения измеренных значений на отношение I_{max}/I , где I — ток в источнике магнитного поля в момент измерения.

Напряженность (индукция) магнитного поля измеряется в производственных помещениях с постоянным пребыванием персонала, расположенных на расстоянии

менее 20 м от токоведущих частей электроустановок, в том числе отделенных от них стенами.

Электромагнитная обстановка в жилых помещениях вызывает особую озабоченность как наименее контролируемая. К тому же в данном случае ЭМП воздействует длительное время почти на все население, включая детей, беременных, больных, стариков.

Обычно в квартире уровень ЭП составляет от 5 до 80 В/м, что намного меньше ПДУ, равного 500 В/м.

Магнитные поля для населения в России в настоящее время не нормируются.

Дополнительный критерий безопасности, введенный в качестве рекомендации учеными Швеции, США и ряда других стран - в местах продолжительного пребывания людей, особенно в местах ночного отдыха и пребывания детей, напряженность магнитного поля частотой 50 Гц не должна превышать 0,2 мкТл.

Магнитное поле может превышать уровень 0,2 мкТл на расстоянии до 1,5 м от трансформаторных подстанций, распределительных пунктов электропитания в доме, поэтому место для кровати, кресла, рабочего места школьника или игрового места ребенка надо выбирать, с учетом этого расстояния. Электропроводка самой квартиры, как правило, не несет угрозы здоровью.

В табл. 6 приведены данные о расстоянии, на котором фиксируется значение 0,2 мкТл при работе основных бытовых приборов (по данным Центра электромагнитной безопасности).

Таблица 6

Распространение ЭМП от бытовых электрических приборов (выше

Источник	Расстояние на котором фиксируется значение более 0,2 мкТл
Холодильник, оснащенный системной «No frost» (во время работы компрессора)	1,2 м от дверцы 1,4 м от задней стенки (максимально 27 мкТл)
Холодильник (во время работы компрессора)	0,1 м (только в этом радиусе от мотора)
Утюг (режим нагрева)	0,25 м от ручки
Телевизор «14»	1,1 м от экрана; 1,2 м от боковой стенки
Электрорадиатор	0,3 м
Торшер с двумя лампами по 75 Вт	0,03 м от провода
Электродуховка	0,4 м от передней стенки
Аэрогриль (производство Тайвань)	1,4 м от боковой стенки

Персональный компьютер также является источником ЭМП. Монитор компьютера излучает энергию во всех направлениях.

Общий уровень ЭМП промышленной частоты в производственных и жилых помещениях постоянно растёт в связи с расширением номенклатуры и ростом количества электротехнических и электронных изделий. В сочетании с ЭПМ других частотных

диапазонов образуется новый для человека фактор длительного воздействия, которого не существовало до недавнего времени для большей части населения.

6.4. Способы и средства защиты от ЭМП

В качестве средств защиты от воздействия электрического поля должны применяться:

в ОРУ - стационарные экранирующие устройства (экраны) по ГОСТ 12.4.154 и экранирующие комплекты по ГОСТ 12.4.172, сертифицированные органами Госэнергонадзора России;

на ВЛ - экранирующие комплекты (те же, что в ОРУ).

Экраны изготавливают из металла в виде плоских щитов - козырьков, навесов, перегородок. Экранирующие элементы представляют собой металлические сетки с ячейками размером не более 50x50 мм, либо параллельно расположенные стальные тросы диаметром 5-8 мм и с расстоянием между ними 10-20 см. Экраны должны быть надежно заземлены. Незаземленный экран не обеспечивает защиту.

В заземленных кабинах и кузовах машин, механизмов, передвижных мастерских и лабораторий, а также в зданиях из железобетона, в кирпичных зданиях с железобетонными перекрытиями, металлическим каркасом или заземленной металлической кровлей электрическое поле отсутствует, применение средств защиты не требуется.

Не допускается применение экранирующих комплектов при работах, не исключающих возможности прикосновения к находящимся под напряжением до 1000 В токоведущим частям, а также при испытаниях оборудования (для работников, непосредственно проводящих испытания повышенным напряжением) и электросварочных работах.

При работе на участках отключенных токоведущих частей электроустановок для снятия наведенного потенциала они должны быть заземлены. Прикасаться к отключенным, но не заземленным токоведущим частям без средств защиты не допускается. Ремонтные приспособления и оснастка, которые могут оказаться изолированными от земли, также должны быть заземлены.

Машины и механизмы на пневмоколесном ходу, находящиеся в зоне влияния электрического поля, должны быть заземлены. При их передвижении в этой зоне для снятия наведенного потенциала следует применять металлическую цепь, присоединенную к шасси или кузову и касающуюся земли.

Не разрешается заправка машин и механизмов горючими и смазочными материалами в зоне влияния электрического поля.

В качестве мер защиты от воздействия магнитного поля должны применяться стационарные или переносные магнитные экраны.

Рабочие места и маршруты передвижения персонала следует располагать на расстояниях от источников магнитного поля, при которых обеспечивается выполнение требований, приведенных в таблице 5.

В основе обеспечения безопасности населения от биологического действия электромагнитных полей - система контроля за соблюдением государственных санитарно-гигиенических норм. Чтобы максимально обезопасить себя от биологического действия электромагнитных полей, надо соблюдать простые принципы безопасности.

- **защита расстоянием** - находиться от источников электромагнитных полей на возможно большем расстоянии.

- **защита временем** - находиться вблизи источников электромагнитных полей как можно меньше времени.

- **снижение величины электромагнитного поля** - использовать специально разработанные электромагнитные экраны из радиоэкранирующих материалов, в том числе изделия из радиоэкранирующей ткани.

Одним из вариантов реализации принципа защиты расстоянием является установление охранных зон воздушных ЛЭП напряжением выше 1000 В (ГОСТ 12.1.051-90. ССБТ. Электробезопасность. Расстояния безопасности в охранной зоне ЛЭП напряжением выше 1000 В).

Охранная зона вдоль воздушных линий электропередачи устанавливается в виде воздушного пространства над землей, ограниченного параллельными вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии на расстоянии от крайних проводов по горизонтали, указанном в табл. 7.

Таблица 7

Напряжение ли-	Расстояние, м
До 20	10
Св 20 « 35	15
«35« 110	20
« 110 «220	25
« 220 « 500	30
« 500 « 750	40
«750« 1150	55

Охранная зона воздушных линий электропередачи, проходящих через водоемы (реки, каналы, озера и т.д.), устанавливается в виде воздушного пространства над водной поверхностью водоемов, ограниченного параллельными вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии на расстоянии по горизонтали от крайних проводов для судоходных водоемов - 100 м, для несудоходных водоемов - на расстоянии, указанном в табл. 7.

В охранной зоне линий электропередачи запрещается проводить действия которые могли бы нарушить безопасность и непрерывность эксплуатации или в ходе которых могла бы возникнуть опасность по отношению к людям. В частности запрещается:

- размещать хранилища горючесмазочных материалов;
- устраивать свалки;
- проводить взрывные работы;
- разводить огонь;
- сбрасывать и сливать едкие и коррозионные вещества и горючесмазочные материалы;
- набрасывать на провода, опоры и приближать к ним посторонние предметы, а также подниматься на опоры;
- проводить работы и пребывать в охранной зоне воздушных линий электропередачи во время грозы или экстремальных погодных условиях;
- без согласия организации, эксплуатирующей эти линии, осуществлять строительные, монтажные и поливные работы, проводить посадку и вырубку деревьев, складировать корма, удобрения, топливо и другие материалы, устраивать проезды для

машин и механизмов имеющих общую высоту с грузом или без груза от поверхности дороги более 4 м;

- размещать жилые здания, стоянки и остановки всех видов транспорта, устраивать места отдыха, спортивные и игровые площадки.

В целях защиты населения от ЭМП, излучаемого электробытовыми приборами и оргтехникой, специалисты Центра электромагнитной безопасности дают следующие рекомендации:

- используйте модели электроприборов с меньшим уровнем энергопотребления (меньшей мощности) - они создают электромагнитные поля меньшего уровня;

- размещайте приборы, включающиеся часто и на продолжительное время (электропечь, СВЧ-печь, холодильник, телевизор, электрообогреватели, воздухоочистители, аэроионизаторы), на расстоянии не менее 1,5 м от мест продолжительного пребывания или ночного отдыха, особенно детей;

- если ваша кухня оснащена большим количеством электробытовой техники, старайтесь включать одновременно как можно меньше приборов;

- по возможности используйте приборы с автоматическим управлением, позволяющие не находиться рядом с ними во время работы;

- приобретайте мониторы ПК с пониженным уровнем излучения (меньше всего излучение у мониторов, соответствующих шведским стандартам ТСО-91/92 или 95);

- обязательно заземляйте мониторы и компьютеры на контур заземления здания (нельзя заземлять на батарею отопления, водопроводные трубы, "ноль" розетки);

- используйте дополнительные средства защиты - заземленные защитные фильтры для экрана монитора, снижающие уровень электромагнитного поля;

- ограничивайте время непрерывной работы за компьютером и суммарное время работы согласно, СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы» (табл. 8).

Таблица 8

Допустимое время работы на компьютере

Категория пользователей ПЭВМ	Продолжительность работы на ПЭВМ в течение дня	
	непрерывная	общая
Дети дошкольного возраста	-	7-10 мин
Школьники	10-30 мин	45-90 мин
Студенты	1-2 часа	2-3 часа
Взрослые	до 2 часов	до 6 часов

Нетрудно видеть, что все рассмотренные выше способы и средства защиты как персонала, так и населения, являются реализацией принципов безопасности (защита временем, расстоянием, экранами).

7. СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМ

7.1. Причины электризации

Согласно определению ГОСТ 12.1.018-93 «ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества», статическое электричество (СЭ) это совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией свободного электриче-

ского заряда на поверхности или в объеме диэлектриков или на изолированных проводниках.

По существующим представлениям, в основе процесса электризации лежит образование на границе контактирующих веществ двойного электрического слоя, при механическом разделении которого одно из веществ заряжается положительно, другое - отрицательно. Положительный заряд приобретает вещество, диэлектрическая проницаемость которого больше. При одинаковой диэлектрической проницаемости взаимодействующих веществ статические заряды не возникают. Интенсивность статической электризации при прочих равных условиях зависит от диэлектрических свойств контактирующих вещества по крайней мере, одно из них должно быть диэлектриком. Если оба вещества электропроводны, то возникающие заряды быстро рассеиваются (релаксируют), и электризация отсутствует.

На практике статическое электричество возникает и накапливается в следующих случаях:

При соприкосновении или трении твердых материалов;

При измельчении, перемешивании, пересыпании сыпучих материалов;

При разбрызгивании жидкостей, фильтровании нефтепродуктов через пористые материалы, очистке загрязненных материалов в растворителях;

При транспортировке сыпучих материалов и жидкостей по трубопроводам;

При движении сжатых и сжиженных газов по трубам и истечении их через отверстия;

При движении транспортерных лент и ременных передач;

При движении транспортных средств на резиновом ходу по сухому изолирующему покрытию.

Таков далеко не полный перечень причин и обстоятельств возникновения статического электричества.

7.2. Опасность статического электричества

Опасность статического электричества рассматривают в трех аспектах:

А) искровые разряды статического электричества могут привести к взрыву и пожару;

Б) Электростатическое поле и искровые разряды оказывают вредное воздействие на человека;

В) Статическое электричество может негативно влиять на технологический процесс, выходя браком продукции, снижая производительность оборудования, создавая помехи в работе радиоэлектронной аппаратуры.

Искровые разряды составляют главную опасность статического электричества. Они возникают в тех случаях, когда напряженность электростатического поля достигает или превышает электрическую прочность диэлектрика (для воздуха 30 кВ/см). При определенном значении энергии искры могут воспламеняться парогазовоздушные или горючие пылевоздушные смеси, имеющие место в окружающем пространстве. Такое состояние объекта считается электростатически искроопасным. По ГОСТ 12.1.018-93 электростатическая искроопасность - это возможность возникновения в объекте или на его поверхности разрядов статического электричества, способных зажечь объект, окружающую или проникающую в него среду.

Для воспламенения многих газо- и паровоздушных горючих смесей требуется энергия искры 0,2-0,5 мДж; энергия воспламенения пылевоздушных смесей на один-

два порядка больше. Практически при напряжении 3 кВ от искрового разряда могут воспламеняться почти все газо- и паровоздушные смеси, а при 5 кВ - большая часть пылевоздушных смесей.

Разряды статического электричества на производствах, где образуются или используются взрывоопасные горючие смеси, стали причиной многочисленных взрывов и пожаров со значительным материальным ущербом и травматизмом. Во избежание взрыва и пожара необходимо добиваться электростатической искробезопасности объекта. По ГОСТ 12.1.018-93 это состояние объекта, при котором исключается возможность возникновения пожара или взрыва от разрядов статического электричества.

Электростатическая искробезопасность объекта достигается при выполнении соотношения:

$$W < k * W_{\min} \quad (5)$$

где W - максимальная энергия разрядов, которые могут возникнуть внутри объекта или с его поверхности, Дж;

k - коэффициент безопасности, выбираемый из условий допустимой (безопасной) вероятности зажигания; в случае невозможности определения вероятности его принимают равным 0,4;

W_{\min} - минимальная энергия зажигания веществ и материалов, Дж.

Как видно из (5), безопасность обеспечивается: снижением искроопасности (уменьшением W) и/или снижением чувствительности объекта к зажигающему действию статических разрядов (увеличением W_{\min}). В то же время многие технологические процессы и операции противоречат соотношению (5). Так легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ЛВЖ и ГЖ) с одной стороны, являются диэлектриками, что способствует интенсивной электризации (увеличению W), а с другой стороны, являются взрывопожароопасными веществами, утечки которых из аппаратов и трубопроводов образуют горючие смеси в опасных концентрациях (W_{\min} уменьшается). Другой пример: наполнение емкости нефтепродуктами свободно падающей струей приводит к их разбрызгиванию и перемешиванию, что увеличивает скорость испарения жидкости и образование опасных концентраций паров (уменьшается W_{\min}) и одновременно увеличивается интенсивность электризации (увеличивается W).

Заряды статического электричества могут накапливаться на людях. Это происходит при контактировании с материалами и изделиями, обладающими высокими диэлектрическими свойствами (синтетические полы, ковровые дорожки; обувь с неэлектропроводящими подошвами; одежда и белье из шерсти, шелка, искусственного волокна). В этих условиях потенциал тела человека, изолированного от земли, может достигать 15 кВ и более. При контакте наэлектризованного человека с заземленным предметом возникает искровой разряд, который во взрывоопасной среде может вызывать взрыв и пожар.

Для человека искровой разряд непосредственной опасности не представляет, так как разрядный ток составляет ничтожно малую величину. В зависимости от величины накопленного потенциала искровой разряд ощущается человеком как легкий укол (при 5...7кВ), острый укол (при 7...12кВ), лёгкая судорога (при 12...25 кВ), средняя судорога (при 25...35кВ), острая судорога (при 35...40кВ). Укол или судорога могут вызвать резкие рефлекторные движения и, как следствие, падение с высоты, попадание в опасную зону оборудования и пр. Постоянное ощущение уколов или судорог раздра-

жает нервную систему человека, создаёт психологический дискомфорт, снижает работоспособность.

Кроме искровых разрядов, на человека вредное воздействие оказывает электростатическое поле, вызывая функциональные изменения со стороны нервной, сердечно-сосудистой и других систем организма. Это выражается в ухудшении общего самочувствия, головных болях, болях в области сердца. Кроме того, пыль и вредные вещества, приобретая заряд в электрическом поле, легче проникают в организм. Степень негативного воздействия электростатического поля на человека зависит от напряжённости поля и длительности пребывания в нём человека. В связи с этим указанные параметры нормируются в соответствии с ГОСТ 12.1.045-84 «ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля», а также с СН 1757-77 «Санитарно-гигиенические нормы допустимой напряжённости электростатического поля»

7.3. Нормирование параметров СЭ

Допустимые уровни напряжённости электростатических полей (E_d , кВ/м) устанавливаются в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах (t , ч). Предельно допустимый уровень напряжённости электростатического поля устанавливается равным $E_{пд} = 60$ кВ/м в течение времени $t=1$ ч. При напряжённости поля менее 20 кВ/м время пребывания в нём не регламентируется. При времени воздействия поля свыше 1 ч до 9 ч величину E_d , кВ/м определяют по формуле:

$$E_d = 60/\sqrt{t}, \quad (6)$$

В диапазоне напряжённостей поля от 20 до 60 кВ/м допустимое время пребывания в нём персонала, без средств защиты (t_d , ч) определяется по формуле:

$$T_d = (60/E)^2, \quad (7)$$

где E - фактическое значение напряжённости электростатического поля, кВ/м.

Контроль напряжённости электростатических полей проводится при приёме в эксплуатацию новых установок постоянного тока высокого напряжения; при вводе нового технологического процесса, сопровождающегося электризацией материалов; при организации нового рабочего места; в порядке текущего надзора за действующими электроустановками и технологическими процессами. Напряжённость электростатического поля контролируется на уровне головы и груди работающих в их отсутствие, не менее 3 раз. Определяющим является наибольшее значение измеренной напряжённости. Для измерения напряжённости электростатического поля используются приборы отечественного производства ИНЭП - 20Д и ИЭЗ-П.

Средства защиты от статического электричества должны применяться в соответствии с ГОСТ 12.4.124-83 «ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования». Применение средств защиты работающих обязательно в тех случаях, когда фактические уровни напряжённости или времени воздействия полей превышают значения, соответствующие формулам (6) и (7).

7.4. Меры борьбы со СЭ

Меры защиты от искровых разрядов статического электричества направлены на предотвращение возникновения и накопления статических зарядов и на устранение уже образовавшихся зарядов. Осуществление этих мер обязательно во взрыво- и пожароопасных зонах, классов В-I, В-Ia, В-Iб, В-II, В-IIa, II-I, II-II (Правила устройства электроустановок - ПУЭ, издание 6, гл., 7.3, 7.4). Вне указанных зон защиту осуществ-

влияют в тех случаях, когда статическое электричество негативно влияет на технологический процесс или представляет опасность для работающих.

В соответствии с ГОСТ 12.4.124-83 средства коллективной защиты от статического электричества по принципу действия делятся на следующие виды:

- Заземляющие устройства;
- Нейтрализаторы;
- Увлажняющие устройства;
- Антиэлектростатические вещества;
- Экранирующие устройства.

Наиболее простой и часто применяемой мерой защиты является заземление оборудования, на котором могут возникать и накапливаться электростатические заряды. Заземлению подлежат все металлические и электропроводные неметаллические части оборудования.

Для заземления неметаллических объектов их поверхность покрывают электропроводными эмалями или металлической фольгой и присоединяют к заземлителю. Например, трубопровод из диэлектрического материала с проводящим покрытием присоединяется к заземляющим проводникам с помощью металлических хомутов.

Обычно заземляющие устройства для защиты от статического электричества объединяют с устройствами защитного заземления электроустановок, выполняемого в соответствии с требованиями ПУЭ. Если же заземляющее устройство предназначено только для отвода в землю электростатических зарядов, то его сопротивление растеканию не должно превышать 100 Ом. Неметаллическое оборудование считается электростатически заземленным, если сопротивление любой его точки относительно контура заземления не превышает 10^7 Ом. Агрегаты, трубопроводы, вентиляционные воздуховоды и другое оборудование, образующее технологическую линию, должны представлять собой непрерывную электрическую цепь, которая в пределах цеха присоединяется к заземлителю не менее чем в двух точках.

Изложенные выше требования находят отражение в ведомственных правилах. Например, в соответствии с ВГШБ 01-04-98 «Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности» для защиты от разрядов статического электричества вся металлическая аппаратура, резервуары, газопроводы, нефтепроводы и другие устройства, расположенные как внутри помещений, так и вне их и содержащие ЛВЖ и ГЖ (легковоспламеняющиеся и горючие жидкости) должны быть заземлены.

Эстакады для трубопроводов следует в начале и в конце, а также через каждые 300 м соединять с проходящими по ним трубопроводами и заземлять. При транспортировке и наливке сжиженных углеводородных газов, ЛВЖ и ГЖ, на всем протяжении системы транспортировки должна обеспечиваться непрерывная токопроводящая цепь, замкнутая на заполняемую емкость и эстакаду. Для заземления следует использовать гибкий медный проводник сечением не менее 16 мм^2 . Заземление передвижных объектов, подвергающихся статической электризации, осуществляется с помощью колес из токопроводящей резины, а также с помощью металлических цепей, контактирующих с землей.

Заземление выполняется во всех случаях, вне зависимости от применения других мер защиты.

Снижения уровня электростатических зарядов можно добиться путем ионизации электризуемого материала или среды вблизи его поверхности. Для этой цели применяются нейтрализаторы, которые по принципу ионизации делятся на индукционные, высоковольтные, лучевые, аэродинамические.

Для уменьшения интенсивности образования электростатических зарядов применяют меры, направленные на снижение удельного поверхностного ρ_s , или объемного ρ_v электрического сопротивления материалов. Повышение влажности воздуха до 65...70% значительно снижает ρ_s , и практически полностью устраняет электризацию гидрофильных материалов (древесина, бумага, х/б ткань). Это достигается местным или общим увлажнением воздуха в помещении, если это допустимо по условиям производства. Однако, если электризуемые материалы гидрофобны (сера, парафин, масла), то увлажнение воздуха не дает эффекта. Снижение ρ_s гидрофобных материалов может быть достигнуто химической обработкой их кислотами или поверхностно-активными веществами. Для снижения объемного электрического сопротивления диэлектрических жидкостей (нефтепродукты, растворы полимеров) в них вводят антиэлектростатические присадки АСП-1, Аккор-1, Сигбол (10-15 г на 100л), что приводит к снижению ρ_v в 1000 раз и более. Для снижения объемного электрического сопротивления твердого диэлектрика в его массу вводят антиэлектростатики: ацетиленовый технический углерод, алюминиевую пудру, графит, цинковую пыль. Например, полимер, содержащий 20% ацетиленового углерода, имеет ρ_v , на 10 порядков ниже, чем полимер с другим наполнителем.

В соответствии с ГОСТ 12.4.124-83 антиэлектростатические вещества должны обеспечивать снижение ρ_v материала до 10^7 Ом \times м, ρ_s до 10^9 Ом \times м. Содержание паров антистатиков в рабочей зоне не должно превышать ПДК по ГОСТ 12.1.005-88.

К коллективным средствам защиты от статического электричества можно отнести экранирующие устройства, которые обеспечивают снижение напряженности электростатического поля и количества аэроионов в рабочей зоне за счет их концентрации в ограниченном объеме вне этой зоны. Экранирующие устройства должны быть заземлены в соответствии с требованиями ПУЭ.

В некоторых случаях уменьшение интенсивности электризации может быть достигнуто подбором материалов контактирующих пар, в результате взаимодействия которых возникают заряды противоположных знаков, либо эффект электризации совсем не проявляется. Например, при трении материала, состоящего из 40% нейлона и 60% дакрона, о хромированную поверхность электризация не происходит.

Снижения интенсивности электризации можно добиться изменением параметров технологического процесса, например, уменьшая скорость движения нефтепродуктов по трубопроводам, применяя нижний (а не верхний) налив-слив легковоспламеняющихся жидкостей в емкости, резервуары. Согласно ВППБ 01-04-98 не допускается наливать сжиженные углеводородные газы, легковоспламеняющиеся и горючие жидкости в резервуары, цистерны и тару свободно падающей струей.

Налив следует производить только под уровень жидкости. Трубопровод, подающий продукт, должен быть ниже уровня «мертвого» остатка жидкости в резервуаре.

При истечении жидкостей, имеющих $\rho_v > 10^9$ Ом \times м, в резервуары применяют релаксационные емкости, представляющие собой участок трубопровода увеличенного

диаметра, находящийся у входа в приемную емкость и имеющий хороший контакт с землей, что обеспечивает стекание заряда в землю.

Для предотвращения искровых разрядов с человека необходимо уменьшить электрическое сопротивление его одежды, обуви, пола. Для изготовления специальной антиэлектростатической одежды должны применяться материалы с $\rho_s < 10^7$ Ом х м. Электрическое сопротивление между токопроводящим элементом специальной антиэлектростатической одежды и землей должно быть от 10^6 до 10^8 Ом. Специальная антиэлектростатическая обувь должна иметь электрическое сопротивление между пятником и ходовой стороной от 10^6 до 10^8 Ом.

8. ПЕРВАЯ ДОВРАЧЕБНАЯ ПОМОЩЬ ПОСТРАДАВШЕМУ ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Этот вопрос подробно изложен в Межотраслевой инструкции по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве. Здесь приводятся основные принципиальные положения.

Необходимо как можно быстрее освободить пострадавшего от действия электрического тока, предварительно позаботившись о собственной безопасности. Прежде всего, нужно немедленно отключить электроустановку ближайшим выключателем. При этом надо обезопасить возможное падение пострадавшего и исключить другие травмы. Если быстро отключить установку не удаётся, надо немедленно отделить пострадавшего от токоведущей части.

При номинальном напряжении электроустановки до 1000 В, при отсутствии электрозащитных средств (диэлектрические перчатки, изолирующие клещи, штанга и т. п.), можно пользоваться подручными средствами (сухие канат, доска, палка и др.), оттащить пострадавшего за одежду, если она сухая и отстает от тела, перерубить провода топором с сухой рукояткой и т.д.

В установках выше 1000 В можно пользоваться лишь табельными электрозащитными средствами - основными (штанга, изолирующие клещи, указатель напряжения и т.п.) и дополнительными (диэлектрические перчатки, боты, коврики и др.). Использовать только дополнительные средства, без основных, и тем более подручные материалы в установках выше 1000 В категорически запрещается.

После освобождения пострадавшего от электрического тока нужно оценить его состояние и действовать по универсальной схеме оказания первой помощи на месте происшествия (Схема 1).

Эта схема является универсальной для всех случаев оказания первой помощи на месте происшествия.

Какое бы несчастие ни произошло - автодорожное происшествие, падение с высоты, поражение электрическим током или утопление - в любом случае оказание помощи следует начать с восстановления сердечной деятельности и дыхания, затем приступить к временной остановке кровотечения.

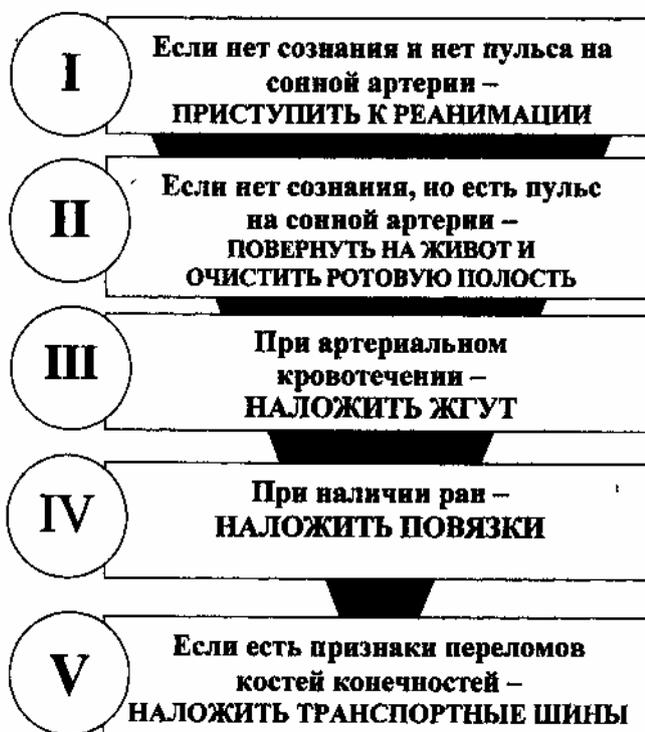
После этого можно приступить к наложению фиксирующих повязок и транспортных шин.

Именно такая схема (см рисунок) действий поможет сохранить жизнь пострадавшего до прибытия медицинского персонала.

Если нет дыхания и нет пульса на сонной артерии (внезапная смерть):

- убедиться в отсутствии пульса; нельзя терять время на определение признаков дыхания;
- освободить грудную клетку от одежды и расстегнуть поясной ремень;
- прикрыть двумя пальцами мечевидный отросток;
- нанести удар кулаком по груди; нельзя наносить удар при наличии пульса на сонной артерии;
- проверить пульс; если пульса нет, начать непрямой массаж сердца. Частота нажатия 50-80 раз в минуту, глубина продавливания грудной клетки не менее 3-4 см;
- сделать «вдох» искусственного дыхания. Зажать нос, захватить подбородок, запрокинуть голову пострадавшего и сделать выдох ему в рот;
- выполнять комплекс реанимации.

Схема 1.



Правила выполнения реанимации:

- Если оказывает помощь один спасатель, то 2 «вдоха» искусственного дыхания делают после 15 надавливаний на грудину.
- Если оказывает помощь группа спасателей, то 2 «вдоха» искусственного дыхания делают после 5 надавливаний на грудину.
- Для быстрого возврата крови к сердцу - приподнять ноги пострадавшего.
- Для сохранения жизни головного мозга - приложить холод к голове.
- Для удаления воздуха из желудка - повернуть пострадавшего на живот и надавить кулаками ниже пупка.

Взаимодействие партнеров:

Первый спасатель - проводит непрямой массаж сердца, отдает команду «Вдох!» и контролирует эффективность вдоха по подъему грудной клетки.

Второй спасатель — проводит искусственное дыхание, контролирует реакцию зрачков, пульс на сонной артерии и информирует партнеров о состоянии пострадавшего: «Есть реакция зрачков! Нет пульса! Есть пульс!» и т.д.

Третий спасатель - приподнимает ноги пострадавшего для лучшего притока крови к сердцу и готовится к смене партнера, выполняющего непрямой массаж сердца.

Если нет сознания, но есть пульс на сонной артерии (состояние комы):

- повернуть пострадавшего на живот, только в положении лежа на животе пострадавший должен ожидать прибытия врачей. Нельзя оставлять человека в состоянии комы лежать на спине;

- удалить слизь и содержимое желудка из ротовой полости с помощью салфетки или резинового баллончика и делать это периодически;

- приложить холод к голове (пузырь со льдом, бутылки с холодной водой и пр.).

Реанимационные мероприятия необходимо проводить до прибытия врача. Констатировать смерть пострадавшего может только врач.

Практические навыки оказания первой помощи пострадавшему от электрического тока должны иметь все лица электротехнического (электротехнологического) персонала, имеющие группу по электробезопасности (Межотраслевые Правила, приложение №1).

9. МЕРЫ ПО ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

9.1. Нормирование расходов электроэнергии

Научно-технический прогресс вызвал резкое возрастание потребления электроэнергии на производстве и в быту.

Существующие энергетические ресурсы ограничены, поэтому возросла потребность в проведении строгого и тщательного анализа обоснованности расходов и в изыскании путей, обеспечивающих наиболее эффективное использование энергоресурсов. Известно, что экономия одной тонны условного топлива обходится в 2-4 раза дешевле, чем её добыча.

На промышленных предприятиях и других объектах активизируется работа по экономии топливно-энергетических ресурсов: выявляются и устраняются непроизводительные потери энергии, осуществляются мероприятия по рациональному расходу энергии. В связи с этим важное значение приобретает разработка научно-обоснованных норм расхода электроэнергии и экономическая оценка планируемых мероприятий по снижению электропотребления.

Норма расхода - это обоснованное необходимое количество электроэнергии для выполнения объектом стоящих перед ним задач. На основании норм расхода планируется потребление и оценивается эффективность использования объектом электроэнергии

Нормы расхода должны учитывать не только нормальное функционирование оборудования или поддержание его в постоянной готовности к действию, но и подготовку, и пуск агрегатов после ремонтов и простоев, а также потери электроэнергии в сетях, трансформаторах, преобразователях.

Разработка норм расхода осуществляется расчётным путём с учетом прогрессивных показателей, достигнутых в использовании электроэнергии объектами того или иного назначения. В качестве исходных данных при разработке норм используются технические характеристики электрооборудования, режимы его работы, расчётные на-

грузки потребителей, отчётные документы о расходе электроэнергии, опыт эксплуатации аналогичных объектов, план организационно-технических мероприятий по экономии электроэнергии.

Например нормы расхода на общее освещение определяются из соотношения:

$$N^{\circ}_{\text{осв}} = K_{\text{зап}} * W_0 * T_{\text{ос}} * 10^{-3}, \text{ кВтч/м}^2,$$

где $K_{\text{зап}}$ - коэффициент запаса (см. табл. 9);

W_0 - удельная мощность освещения, Вт/м² (см. табл. 10);

$T_{\text{ос}}$ - число часов использования максимума осветительной нагрузки в году, ч (табл. 11)

Таблица 9

Коэффициент запаса осветительных установок

Характеристика окружающей среды	Коэффициент запаса		Расчётная периодичность чистки осветительных приборов (не реже)
	Люминесцентные лампы	Лампы накаливания	
С большим выделением пыли, дыма, копоти	2,0	1,7	4 раза в месяц
Со средним выделением	1,8	1,5	3 раза в месяц
С малым выделением	1,5	1,3	2 раза в месяц

Таблица 10

Удельная мощность освещения

Освещаемые объекты	Удельная мощность Вт/м ²
Территории строительных площадок	0,4
Складские территории	7
Помещения зданий, сооружений, рабочие места	8-10
Бытовые и административные помещения	15

Норма расхода на охранное освещение принимается равной: $N^{\circ}_{\text{охр}} = 0,05 N^{\circ}_{\text{осв}}$, кВтч/м².

Таблица 11

**Число часов использования максимума осветитель-
А. Внутреннее освещение**

Кол-во смен	Продолжительность рабочей недели	При наличии естественного света для гео-			При отсутствии естественного света
		4	5	6	
1	5	7	7	8	2150
	6	5	6	7	
2	5		2		4300
	6		2		
3	5		4		6500
	6		4		6500
	непре-		4		7700

Б. Наружное освещение

Время работы	Режим работ	
	В рабочие	Ежедневно
До 24 часов	1750	2100
До 1 часа ночи	2060	2450
Всю ночь	3000	3600

В таблице 12 приведены численные значения средних норм расхода электроэнергии на изготовление некоторых энергоёмких изделий и продукции.

Таблица 12

Средние нормы расхода электроэнергии

Вид продукции	Ед. измерения	Ср. норма расхода
Заготовка и первичная обработка древесины	кВтч/тыс.м ³	4300,0
Пиломатериалы	кВтч/м ³	19,0
Цемент	кВтч/т	106,0
Железобетонные конструкции и детали	кВтч/м ³	28,1
Строительно-монтажные работы	кВтч/тыс.ру б.	220,0
Хлеб и хлебобулочные изделия	кВтч/т	24,9
Мясо	кВтч/т	56,5
Сжатый воздух	кВтч/тыс.м ³	80
Кислород	кВтч/тыс.м ³	470,0
Ацетилен	кВтч/т	3190,0
Производство холода	кВтч/Гкал	480,0
Бурение разведочное	кВтч/м	73,0
Пропуск сточных вод	кВтч/тыс.м ³	225,0

9.2. Мероприятий по экономии электроэнергии

9.2.7. Планирование работы по экономии электроэнергии.

Работа по обеспечению рационального и экономного использования электроэнергии должна вестись повседневно на основе планов организационно-технических мероприятий по экономии энергии, которые являются составной частью общей экономической работы на объектах и включают в себя мероприятия по совершенствованию эксплуатации электроустановок, разработку и соблюдение планов и норм расхода электроэнергии и сокращение её потерь.

Мероприятия по устранению потерь энергии, требующие капитальных затрат, включаются в план организационно-технических мероприятий лишь в том случае, если они оправдываются экономически. Нормативный срок окупаемости капиталовложений для энергетики принят $T_0 = 8,3$ года.

Коэффициент эффективности капиталовложений $K_{эф} = 0,12$.

Осуществление мероприятий по экономии электроэнергии, как правило, мало влияет на величину амортизационных отчислений и эксплуатационных расходов. Поэтому коэффициент эффективности можно определять, исходя лишь из ожидаемой экономии электроэнергии:

$$K_{эф} = \frac{C_1 - C_2}{K} = \frac{c\Delta\mathcal{E}}{K}, \quad (8)$$

где C_1 - стоимость электроэнергии, потребляемой в год до осуществления мероприятий по её экономии, тыс. руб.;

C_2 - то же после осуществления мероприятий по её экономии, тыс. руб.;

$\Delta\mathcal{E}$ - достигнутая экономия электроэнергии, тыс. кВт. ч/год;

c - стоимость единицы электроэнергии, руб./кВт.ч;

K - капиталовложения, необходимые для осуществления мероприятия, тыс. руб.

Коэффициент эффективности должен быть больше нормативного, тогда запланированные мероприятия экономически оправданы, и капитальные затраты окупятся получаемой экономией электроэнергии раньше нормативного срока. Если же расчёт покажет, что коэффициент эффективности меньше нормативного, то затраты не окупятся в нормативный срок, и намеченные мероприятия экономически не оправданы.

Ниже рассмотрены технические и организационные мероприятия по экономии электроэнергии.

9.2.2. Снижение потерь электроэнергии в сетях и линиях электропередачи.

9.2.2.1. Реконструкция сетей без изменения напряжения.

Для уменьшения потерь электроэнергии на перегруженных участках сетей заменяют провода, сокращают их длину путём спрямления и т.д. Экономия при такой реконструкции сетей может оказаться существенной.

9.2.2.2. Перевод сетей на более высокое номинальное напряжение. Такая реконструкция сетей ведёт к снижению потерь электроэнергии.

9.2.2.3. Включение под нагрузку резервных линий электропередачи.

Потери электроэнергии в сетях пропорциональны активному сопротивлению проводов. Поэтому, если длина, сечение проводов, нагрузки и схемы основной и резервной линии одинаковы, то при включении под нагрузку резервной линии потери электроэнергии снизятся в два раза.

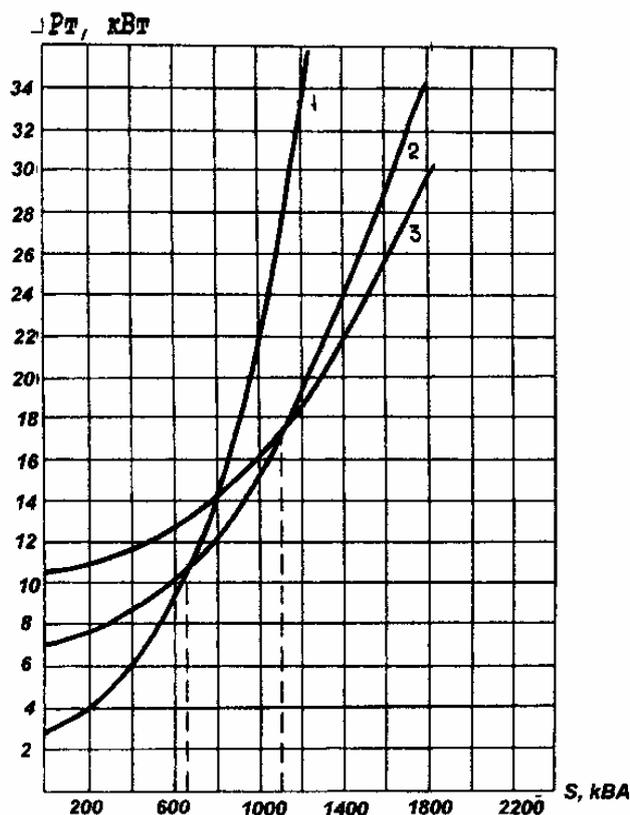


Рис. 21. Кривые приведённых потерь для трансформаторов 1 - один трансформатор; 2 - параллельная работа двух трансформаторов; 3 - параллельная работа трёх трансформаторов.

9.2.3. Снижение потерь электроэнергии в силовых трансформаторах.

9.2.3.1. Устранение потерь холостого хода трансформаторов.

Для устранения этих потерь необходимо исключить работу трансформаторов без нагрузки:

- отключать трансформаторы, питающие наружное освещение, на светлое время суток;

- отключать трансформаторы, питающие летние лагеря, полигоны и площадки на зимний период;

- уменьшать число работающих трансформаторов до необходимого минимума по мере сокращения потребления электроэнергии в ночное время, выходные и праздничные дни, в периоды между занятиями и др.

9.2.3.2. Устранение несимметрии нагрузки фаз трансформатора.

Для устранения несимметрии необходимо производить перераспределение

нагрузок по фазам. Обычно такое перераспределение делают, когда несимметрия достигает 10%. Неравномерность нагрузки характерна для осветительной сети, а также при работе однофазных сварочных трансформаторов.

Для наблюдения за равномерным распределением нагрузок по фазам необходимо производить их замер в период максимума (январь) и минимума (июнь) электропотребления, а также при изменениях в электросетях, присоединении новых потребителей и т.п. При отсутствии стационарных измерительных приборов замер нагрузок производится токоизмерительными клещами.

9.2.3.3. Экономичный режим работы трансформаторов.

Сущность такого режима заключается в том, что число параллельно работающих трансформаторов определяется условием, обеспечивающим минимум потерь мощности. При этом надо учитывать не только потери активной мощности в самих трансформаторах, но и потери активной мощности, возникающие в системе электропитания по всей цепи питания от генераторов электростанций до трансформаторов из-за потребления последними реактивной мощности. Эти потери называются приведёнными.

Для примера на рис. 21 приведены кривые изменения приведённых потерь при работе одного (1) двух (2) и трёх (3) трансформаторов мощностью 1000 кВА каждый, построенные для различных значений нагрузки S. Из графика видно, что наиболее экономичным будет следующий режим работы:

- при нагрузках от 0 до 620 кВА включен один трансформатор;

- при увеличении нагрузки от 620 кВА до 1080 кВА параллельно работают два трансформатора;

-при нагрузках, больших 1080 кВА, целесообразна параллельная работа трёх трансформаторов.

9.2.4. Снижение потерь электроэнергии в асинхронных электродвигателях.

9.2.4.1. Замена мало загруженных электродвигателей двигателями меньшей мощности.

Установлено, что если средняя нагрузка двигателя менее 45% номинальной мощности, то замена его менее мощным двигателем всегда целесообразна. При загрузке двигателя более 70% номинальной мощности его замена нецелесообразна. При загрузке в пределах 45-70% целесообразность замены двигателя должна быть обоснована расчётом, свидетельствующим об уменьшении суммарных потерь активной мощности как в энергосистеме, так и в двигателе.

9.2.4.2. Переключение обмотки статора незагруженного электродвигателя с треугольника на звезду.

Этот способ применяется для двигателей напряжением до 1000 В, систематически загруженных менее 35-40% от номинальной мощности. При таком переключении увеличивается загрузка двигателя, повышаются его коэффициент мощности ($\cos(\varphi)$) и К.П.Д. (табл. 13 и 14).

Таблица 13

Изменение К.П.Д. при переключении электродвигателя с треугольника на звезду

ζ	,1	,15	,2	,25	,3	,35	,4	,45	,5
γ/η_{Δ}	,27	,14	,1	,06	,04	,02	,01	,005	,0

Таблица 14

Изменение $\cos \varphi$ при переключении электродвигателей с треугольника на звезду

\cos	$\cos \varphi_{\gamma} / \cos \varphi_{\Delta}$ при коэффициенте загрузки								
	,1	,15	,2	,25	,3	,35	,4	,45	,5
,78	,94	,87	,80	,72	,64	,56	,49	,42	,35
,79	,90	,83	,76	,68	,60	,53	,46	,39	,32
,80	,86	,80	,73	,65	,58	,50	,43	,37	,30
,81	,82	,86	,70	,62	,55	,47	,40	,34	,20
,82	,78	,72	,67	,59	,52	,44	,37	,31	,26
,83	,75	,69	,64	,56	,49	,41	,35	,29	,24
,84	,72	,66	,61	,53	,46	,38	,32	,26	,22

,85	,69	,63	,58	,50	,44	,36	,30	,24	,20
,86	,66	,60	,55	,47	,41	,34	,27	,22	,18
,87	,63	,57	,52	,44	,38	,31	,24	,20	,16
,88	,60	,54	,49	,41	,35	,28	,22	,18	,14
,89	,59	,51	,46	,38	,32	,25	,19	,16	,12
90	,50	,48	,43	,35	,29	,22	,17	,14	,10
,91	,54	,44	,40	,32	,26	,19	,14	,11	,08
,92	,50	,40	,36	,28	,23	,16	,11	,08	,06

В таблице 13 и 14 обозначено:

η_{Δ} - К.П.Д. двигателя при коэффициенте загрузки K_3 и соединении обмотки статора в треугольник;

φ_{γ} - то же, после переключения обмотки с треугольника на звезду.

Из таблиц видно, что эффект от переключения обмоток статора с треугольника на звезду тем больше, чем меньше номинальная мощность двигателя (то есть меньше его $\cos\varphi_{ном}$) и чем меньше он загружен. Так при $K_3 \geq 0,5$ переключение обмоток не даёт повышения К.П.Д. двигателя.

9.2.5. Экономия электроэнергии за счёт повышения коэффициента мощности ($\cos \varphi$).

Потребители электроэнергии (асинхронные двигатели, трансформаторы, воздушные линии, люминесцентные лампы и др.) для нормальной работы нуждаются как в активной, так и в реактивной мощности.

Известно, что потери активной мощности обратно пропорциональны квадрату коэффициента мощности. Этим подтверждается значение повышения $\cos \varphi$ для достижения экономии электроэнергии.

Потребляемая реактивная мощность распределяется между отдельными видами электроприёмников следующим образом: 65-70% приходится на асинхронные двигатели, 20-25% - на трансформаторы и около 10 % - на прочие потребители.

Для повышения $\cos \varphi$ применяется естественная или искусственная компенсация реактивной мощности.

К мероприятиям естественной компенсации относятся:

- упорядочение технологического процесса, ведущее к улучшению энергетического режима оборудования;
- замена мало загруженных электродвигателей менее мощными;
- переключение статорных обмоток асинхронных двигателей напряжением до 1000 В с треугольника на звезду, если их нагрузка составляет менее 35-40%;

- установка ограничителей холостого хода электродвигателей, когда продолжительность межоперационного периода превышает 10 с;
- регулирование напряжения, подводимого к электродвигателю при тиристорном управлении;
- повышение качества ремонта электродвигателей с целью сохранения их номинальных параметров;
- замена, перестановка, отключение трансформаторов, загружаемых менее чем на 30%;
- введение экономического режима трансформаторов.

Искусственная компенсация основана на применении специальных компенсирующих устройств (статических конденсаторов, синхронных компенсаторов). Применение средств искусственной компенсации допускается только после использования всех возможных способов естественной компенсации и проведения необходимых технико-экономических расчётов.

9.2.6. Экономия электроэнергии в осветительных установках.

9.2.6.1. Применение эффективных источников света.

Одним из наиболее эффективных способов уменьшения установленной мощности освещения является использование источников света с высокой световой отдачей. В большинстве осветительных установок целесообразно применять газоразрядные источники света: люминесцентные лампы, ртутные, металлогалогенные и натриевые лампы.

Перевод внутреннего освещения с ламп накаливания на люминесцентные лампы, а наружного освещения на ртутные (ДРЛ), металлогалогенные (ДРИ) и натриевые (ДНаТ) лампы позволяет значительно повысить эффективность использования электроэнергии.

При замене ламп накаливания люминесцентными лампами освещённость в помещениях возрастает в два и более раз, в то же время удельная установленная мощность и расход электроэнергии снижаются. Например, при замене ламп накаливания люминесцентными лампами в спальнях помещений освещённость возрастает с 30 до 75 лк и при этом экономится 3,9 кВт.ч электроэнергии в год на каждый квадратный метр площади. Это достигается за счёт более высокой световой отдачи люминесцентных ламп. Например, при одинаковой мощности 40 Вт лампа накаливания имеет световой поток 460 лм, а люминесцентная лампа ЛБ-40 - 3200 лм, т.е. почти в 7 раз больше. Кроме того, люминесцентные лампы имеют средний срок службы не менее 12000 ч, а лампы накаливания - лишь 1000 ч, т.е. в 12 раз меньше.

При выборе типа люминесцентных ламп следует отдавать предпочтение лампам типа ЛБ как наиболее экономичным, обладающим цветностью, близкой к естественному свету.

В установках наружного освещения наибольшее распространение получили ртутные лампы типа ДРЛ. Чаще всего используются лампы мощностью 250 и 400 Вт.

Дальнейшее повышение экономичности лампы ДРЛ достигнуто введением в её кварцевую горелку наряду с ртутью иодидов талия, натрия и индия. Такие лампы называются металлогалогенными, имеют обозначение ДРИ. Световая отдача этих ламп в 1,5-1,8 раз больше, чем ламп ДРЛ той же мощности.

Ещё более эффективными для установок наружного освещения являются натриевые лампы высокого давления. Они по экономичности в два раза превосходят лампы ДРЛ и более чем в шесть раз - лампы накаливания.

Для ориентировочной оценки экономии электроэнергии, получаемой при замене источников света на более эффективные, можно пользоваться таблицей 15.

Таблица 15

Возможная экономия электроэнергии за счёт перехода на более эффективные источники света.

Заменяемые источники света	Среднее значение экономии, %-
Люминесцентные лампы - на металлогалогенные	24
Ртутные лампы - на:	
- люминесцентные	22
- металлогалогенные	42
- натриевые	45
Лампы накаливания - на:	
- ртутные	42
- натриевые	70
- люминесцентные	55
- металлогалогенные	66

9.2.6.2. Устранение излишней мощности в осветительных установках.

Наличие завышенной мощности осветительной установки может быть выявлено путём сравнения фактических значений освещённости или удельной установленной мощности с их нормируемыми значениями.

Фактическая освещённость замеряется с помощью люксметра или определяется расчётом.

При выявлении освещённости, превышающей норму необходимо заменить лампы на менее мощные или уменьшить их количество и тем самым довести освещённость до нормы.

Если фактическая удельная установленная мощность превышает норму, то следует уменьшить мощность установки, сократив освещённость до уровня нормы (например, путём изменения высоты подвеса светильников).

Таблица 16

Коэффициент спроса осветительной нагрузки

Наименование помещения	K_c
Мелкие производственные здания и торговые помещения	1,0
Производственные здания, состоящие из ряда отдельных помещений или из отдельных крупных пролётов	0,95
Библиотеки, административные здания, предприятия общественного питания	0,9
Учебные, детские, лечебные учреждения, конторские, бытовые, лабораторные здания	0,8

Складские помещения, электроподстанций	0,6
Наружное освещение	1,0

9.2.6.3. *Исключение нерационального использования осветительных установок.*

Бесхозяйственное отношение к использованию электроэнергии приводит к тому, что осветительные установки без надобности работают днём и ночью. Если полностью устранить нерациональное использование осветительной установки, то экономия электроэнергии за* год может оказаться значительной. Расчёт экономии электроэнергии ведётся с учётом коэффициента спроса (таблица 16).

9.2.6.4. *Автоматизация управления осветительными установками.*

Значительная экономия электроэнергии может быть получена за счёт максимального использования естественного света в сочетании с автоматическим управлением искусственным освещением.

Существуют одно - и двухпрограммные автоматы освещения. Однопрограммные автоматы применяются в тех/случаях, когда освещение должно работать весь период тёмного времени суток. Экономия электроэнергии достигается за счёт точного соблюдения моментов автоматического включения искусственного освещения в зависимости от уровня естественной освещённости. В двухпрограммных автоматах, кроме того, автоматически отключается часть светильников при переводе освещения на ночной режим.

Экономическая эффективность применения автоматов освещения во многом зависит от качества их настройки и правильности размещения фотодатчиков, а для двухпрограммных автоматов, кроме того, от правильности определения моментов перевода освещения на ночной и дневной режимы. Экономия электроэнергии за счёт строгого соблюдения графика работы осветительных установок и отключения части светильников в ночное время может достигать 15-20%.

Более точно экономия электроэнергии может быть определена с помощью электросчетчиков, путём сравнения их показателей до и после автоматизации работы осветительной установки.

Для управления осветительными установками по освещённости применяются фотоавтоматы различных конструкций.

Однопрограммный автомат АО-77 состоит из фотопреобразователя, блока управления и магнитного пускателя. Уставка отключения составляет 5+2 лк, включения 1 ± 3 лк.

Отключение освещения происходит при естественной освещённости, превышающей уставку включения на 5-10 лк. Предельная мощность отключения пускателем ПМ, входящим в комплект автомата, при напряжении сети 380 В составляет 5 кВт.

Двухпрограммный автомат освещения ПРО-68-П представляет собой полупроводниковый фотовыключатель освещения, регулируемый в зависимости от уровня естественной освещённости и дополненный программным временным переключателем для перевода освещения на ночной режим.

6.2.6.5. *Поддержание напряжения в осветительной установке на уровне номинального*

Согласно требованиям руководящих документов колебания напряжения на лампах освещения не должны выходить за пределы 105 - 85% номинального значения.

Снижение напряжения на 1% вызывает уменьшение светового потока ламп: накаливания - на 3,5 %, люминесцентных - на 1,5 %, ДРЛ - на 2,2 %, ДРИ - на 3 %, ДНаТ - на 2%.

Повышение напряжения в питающей сети влечёт за собой увеличение расхода электроэнергии, сокращение срока службы ламп и увеличение их расхода (см. табл. 17 и 18).

Таблица 17

Зависимость увеличения потребляемой мощности от перенапряжения в питающей сети

Пере- напряжение в % от номи- нального	Увеличение потребляемой мощно- сти в % от номинальной для ламп:		
	Нака- ливания	Люми- несцентных	Ртут- ных
0	0	0	0
1	1,6	2,0	2,2
2	3,2	4,0	5,0
3	4,7	6,0	7,0
5	8,1	10,0	12,0
7	11,5	14,0	18,0
10	16,4	20,0	24,0

Таблица 18

**Зависимость снижения срока службы и увели-
чения расхода ламп от перенапряжения**

Лампы	Перенапряжение в % от номиналь- ного						
	5 0						
Относительный срок службы, %							
Нака- ливания	00	7,1	5,8	6,2	0,5	5 8,7	,8
Газо- разрядные	00	5,0	3,0	0,0	5,0	8 0,0	3,0
Относительное количество ламп							
Нака- ливания	00	14	32	51	98	1 58	284
Газо- разрядные	00	05	08	11	18	1 25	37

Приведённые данные показывают, что для обеспечения рационального расходования электроэнергии и снижения затрат на освещение необходимо эффективно ограничивать перенапряжения.

Для устранения колебаний напряжения в осветительных сетях применяют трансформаторы для осветительной нагрузки и компенсирующие устройства, включаемые одновременно с освещением.

Для автоматического регулирования напряжения в осветительной установке используются тиристорные ограничители напряжения ТОН-3 и стабилизаторы СТС.

Ограничители ТОН-3 выпускаются на ток 63 и 100 А. Они могут работать при изменениях подводимого напряжения от 80 до 130% номинального. Быстродействие аппарата составляет 0,08-0,1 с.

Недостатком ограничителя является ухудшение гармонического состава кривых тока как в сетях, питающих ТОН, так и в сетях, отходящих от них. Поэтому нулевой провод по пропускной способности должен быть таким же, как фазные провода.

В осветительных установках с лампами накаливания при наличии постоянного или длительного повышения напряжения следует применять лампы на повышенное номинальное напряжение: 220-230, 230-240 или 235-245 В.

Если в осветительной сети имеют место сильные колебания и отклонения напряжения, как в сторону повышения, так и сторону понижения, целесообразно применять силовые трёхфазные стабилизаторы типа СТС. Они имеют пофазную схему регулирования и обеспечивают стабилизацию выходного напряжения в пределах + 1,5 % при изменении питающего напряжения от -15 до +10. Стабилизация осуществляется как при симметричной, так и при несимметричной нагрузке, а также при холостом ходе. Стабилизаторы обеспечивают компенсацию несимметрии напряжения питающей сети при несимметрии, равной 10%, дополнительная погрешность стабилизации не превышает 1%. Коэффициент нелинейных искажений не превышает 5%. Стабилизаторы СТС выпускаются на номинальные мощности 10, 16, 25, 40, 63, 100 кВА. Они отличаются высокой надёжностью, малой инерционностью (около 0,02с).

9.2.6.6. Улучшение эксплуатации осветительных установок.

К числу технических мероприятий по экономии электроэнергии следует отнести повышение качества обслуживания осветительных установок.

Загрязнение светильников, стен, потолков, окон веществами, находящимися в воздухе - пылью, грязью, конденсатом паров и газов - резко снижает освещённость, ведёт к преждевременному включению освещения.

Из-за несвоевременной чистки осветительной арматуры (рассеивателей, отражателей, ламп) освещённость в помещениях с нормальной средой снижается до 50 %, а в пыльных и грязных помещениях - в 8-10 раз

Очистка осветительной арматуры должна производиться в сроки, установленные лицом, ответственным за электрохозяйство, но не реже предусмотренных ПУЭ (см. табл. 9).

Своевременная чистка оконных стёкол, предохранение их от обледенения зимой сокращает расход электроэнергии на освещение при двухсменной работе зимой - до 15%, а летом - до 90%.

Большое значение имеет цвет стен и потолков помещений. В помещениях со светлой окраской стен и потолков коэффициент отражения выше на 8-18%, чем в помещениях с тёмной окраской. Применение рациональной цветовой окраски, своевременное возобновление побелки стен и потолков позволит повысить освещённость помещений без увеличения расхода электроэнергии. Выход из строя люминесцентных ламп определяется не только перегоранием нитей накала, но и потерей эмиссии. В последнем случае лампа может потреблять полную мощность, но не давать номинального светового потока. Поэтому люминесцентные лампы по истечении установленного срока службы следует своевременно заменять на новые.

9.2.7. Организационные мероприятия по экономии электроэнергии.

9.2.7.1. Контроль за рациональным использованием электроэнергии.

Одной из форм Энергонадзора является обследование электроустановок объектов. Основной целью обследований, выполняемых для контроля за использованием электроэнергии, является выявление недостатков в этом деле, оказание практической помощи в разработке мероприятий по экономии электроэнергии и обоснованных норм её расхода.

При обследовании путём ознакомления с документацией, отчётами, данными испытаний и замеров, путём осмотра технологических и электрических установок проверяются:

- плановый и фактический энергобалансы объекта;
- состояние нормирования расхода электроэнергии;
- учёт электроэнергии;
- разработка планов организационно-технических мероприятий по экономии электроэнергии и их выполнение;
- работа по компенсации реактивной мощности;
- состояние организационно-массовой работы, направленной на экономию электроэнергии;
- выполнение установленных планов потребления электроэнергии;
- работа по регулированию нагрузки объекта в часы максимума энергосистемы.

При анализе планового и фактического энергобаланса определяется электропотребление в целом по объекту (в том числе на технологические, технические и вспомогательные потребители).

Технологическое потребление состоит из нормируемого и ненормируемого. Должен быть составлен перечень электроприёмников с ненормируемым потреблением и определена возможность повышения степени охвата электропотребления нормированием. Ненормируемое технологическое потребление должно быть минимальным и включать расходы электроэнергии только тех подразделений объекта, где невозможно установить нормы расхода.

При проверке разработки норм особое внимание обращается на их техническую обоснованность, соответствие технологическому процессу и на наличие учёта как электроэнергии, так и продукции, на которую устанавливается норма расхода.

Основная цель контроля за составлением планов организационно-технических мероприятий - добиться их реальности и эффективности.

Реальность планов должна быть подтверждена выделяемыми средствами, наличием необходимой технической документации, оборудованием и материалами. Эффективность плана, то есть запланированная экономия электроэнергии, должна быть учтена. При разработке норм расхода. Нормы расхода энергии должны быть снижены на значение её экономии по плану организационно-технических мероприятий.

Контроль за работой по компенсации реактивной мощности имеет целью обеспечить точное выполнение заданного энергосистемой режима работы объекта. Компенсация реактивной мощности обеспечивает снижение потерь электроэнергии в распределительных сетях объекта и энергосистемы. При этом обеспечиваются оптимальные уровни напряжения у потребителей, что в свою очередь поддерживает оптимальный режим работы технологического оборудования, сохраняет нормальную освещён-

ность помещений, снижает удельные расходы энергии на выпускаемую продукцию. Таким образом, компенсация реактивной мощности является одной из эффективных мер экономии электроэнергии.

При проверке выполнения планов электропотребления выясняются причины их превышения, разрабатываются мероприятия по недопущению превышений планов.

Снижение нагрузки объекта в часы максимума энергосистемы обеспечивает получение значительного экономического эффекта как на самом объекте, так и в энергосистеме за счёт снижения потерь электроэнергии в сетях, снижения основной платы за электроэнергию, создания благоприятного режима работы энергосистемы в наиболее напряжённый период суток.

9.2.7.2. Упорядочение потребления в электросиловых и осветительных установках.

К документам, регламентирующим, использование электроэнергии, следует отнести графики включения и отключения наружного освещения (при отсутствии автоматизации), порядок использования внутреннего электроосвещения в рабочее и нерабочее время, инструкции по эксплуатации и ремонту электроустановок, права и обязанности лиц, ответственных за экономию электроэнергии и др.

Для сокращения потерь электроэнергии в силовых установках предусматривается:

- -устранение утечек тепла, сжатого воздуха, воды; снижение сопротивления трубопроводов;
- -выявление слабо загруженных силовых трансформаторов, асинхронных электродвигателей и их замена;
- -выявление и устранение перегрузки участков кабельных и воздушных линий, а также несимметрии нагрузки фаз;
- -устранение колебаний и несоответствия нормам напряжения, подводимого к электроприёмникам;
- -осуществление мероприятий по компенсации реактивной мощности;
- -снижение потерь электроэнергии за счёт улучшения технического обслуживания и уменьшения трения между вращающимися частями машин и механизмов;
- -замена устаревшего электрооборудования и механизмов более совершенными и экономичными;
- -проведение проверок технического состояния электрооборудования и организация его ремонта;
- -техническая учёба обслуживающего персонала, направленная на совершенствование эксплуатации электрооборудования, на максимальное сокращение потерь электроэнергии.
- В перечень мероприятий по упорядочению пользования освещением следует включать:
 - -проверки соответствия фактической освещённости помещений установленным нормам и устранение выявленных излишеств;
 - -замену малоэффективных ламп и светильников более экономичными;
 - -централизацию и автоматизацию управления наружным освещением;

- -систематический контроль за техническим состоянием осветительных сетей, коммутационной и осветительной аппаратуры; регулярную чистку ламп, светильников, оконных проёмов, окраску и побелку стен, потолков;
- -применение индивидуальных и групповых выключателей, а также светильников местного освещения в установках, не требующих по условиям эксплуатации одновременного включения всех ламп;
- -строгое соблюдение графиков включения - отключения освещения; назначение ответственных лиц за соблюдение режима пользования освещением.

10. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

	Вопросы
	<p>а) Пояснить термин: малое напряжение.</p> <p>б) Можно ли считать малое напряжение безопасным?</p> <p>в) Можно ли применять для получения малого напряжения:</p> <ul style="list-style-type: none"> • автотрансформатор; • делитель напряжения? <p>Обосновать ответы по п. п. б) и в)</p>
	<p>а) Для какой цели применяют понижающий трансформатор (ПТ)?</p> <p>б) Какое напряжение может подводиться к первичной обмотке и какое сниматься с вторичной обмотки ПТ?</p> <p>в) Для чего заземляется (зануляется) один из выводов вторичной обмотки ПТ?</p>
	<p>а) Для питания каких потребителей электроэнергии применяется понижающий трансформатор (ПТ)? Привести примеры.</p> <p>б) Должен ли заземляться (зануляться) металлический кожух ПТ?</p> <p>в) В каких случаях требуется, а в каких не требуется заземление (зануление) металлического корпуса электроприёмника, подключенного к вторичной обмотке ПТ?</p>
	<p>а) Дать определение термина: защитное заземление.</p> <p>б) При каком режиме нейтрали в электроустановках до 1 кВ применяется защитное заземление?</p> <p>в) Какова норма сопротивления растеканию защитного заземления в электроустановках до 1 кВ?</p>
	<p>а) Дать определение термина: зануление</p> <p>б) в каких электроустановках применяется зануление?</p> <p>в) Какова норма сопротивления растеканию заземлителя нейтрали трансформатора со стороны напряжения 380 В?</p>
	<p>а) Для защиты от каких видов прикосновений (к каким частям электроустановки) предназначено зануление?</p> <p>б) При каком режиме нейтрали в электроустановках напряжением до 1 кВ применяется зануление?</p> <p>в) В чём состоит принцип действия зануления?</p>
	<p>а) Для чего применяется повторное заземление нулевого провода в системе зануления?</p>

	<p>б) Какова норма сопротивления растеканию повторного заземлителя нулевого провода при номинальном линейном напряжении 380 В?</p> <p>в) Напишите условие проверки зануления на отключающую способность плавкими предохранителями.</p>
	<p>Нейтраль трансформатора со стороны 0,4 кВ - глухозаземлённая.</p> <p>Указать а) Норму сопротивления растеканию заземлителя нейтрали.</p> <p>б) Норму сопротивления растеканию контура заземления цеха, получающего питание от указанного трансформатора.</p> <p>в) Нужна ли связь контура заземления цеха с нулевой жилой питающего кабеля?</p>
	<p>Цех получает питание от трансформатора, нейтраль которого со стороны 0,4 кВ - глухозаземлённая. Вокруг цеха проложен контур заземления с сопротивлением растеканию 20 Ом.</p> <p>Внутри цеха имеется контр заземления, связанный сваркой с внешним контуром в трёх местах. Металлические корпуса электрооборудования цеха присоединены отдельными проводниками к внутреннему контуру. Определить:</p> <p>а) Правильно ли выполнена защита от прикосновения к металлическим корпусам, которые могут оказаться под напряжением при поврежденной изоляции? Указать ошибки, нарушения (если они есть).</p> <p>б) Какая мера защиты реализована: защитное заземление или зануление?</p> <p>в) Должен ли быть связан внешний контур цеха с нулём трансформатора?</p>
0	<p>а) Защитит ли от поражения электрическим током в случае прикосновения к незаизолированным токоведущим частям:</p> <ul style="list-style-type: none"> *-защитное заземление; *-зануление? <p>б) Какова эффективность защитного заземления (без зануления) в четырёхпроводной сети напряжением до 1 кВ с глухозаземлённой нейтралью? Обосновать ответ.</p>
1	<p>а) От каких факторов зависит исход поражения электрическим током?</p> <p>б) Какой из факторов является главным, однозначно определяющим исход поражения?</p> <p>в) Какие пути тока через тело человека (петли тока) наиболее опасны? Почему?</p>
2	<p>а) Объяснить термины:</p> <ul style="list-style-type: none"> • - пороговый ощутимый ток; • пороговый неотпускающий ток <p>б) Указать численные значения этих токов при длительном воздействии на человека:</p> <ul style="list-style-type: none"> -для переменного тока частотой 50 Гц -для постоянного тока
3	<p>В цехе металлообработки установлены шлифовальные станки. Пол и стены цеха выполнены из железобетонных конструкций. Указать:</p> <p>а) Класс помещения по опасности поражения электрическим током.</p> <p>б) Признаки, по которым определен класс помещения.</p> <p>в) Предельную величину напряжения для питания переносных (ручных) электрических светильников.</p>

	г) Указать нормативный документ.
4	<p>а) Объяснить понятие: особо неблагоприятные условия по опасности поражения электрическим током.</p> <p>б) Можно ли пользоваться в особо неблагоприятных условиях ручными (переносными) электрическими светильниками напряжением 24 В?</p> <p>в) к какому классу по опасности поражения электрическим током относятся помещения, где одновременно присутствуют: особая сырость и химически активная среда?</p> <p>г) Указать нормативный документ.</p>
5	<p>а) Какие установки (по Правилам устройства электроустановок) относятся к открытым (наружным)?</p> <p>б) К какому классу по опасности поражения электрическим током относятся наружные установки? Почему?</p> <p>в) Можно ли при работах в открытых (наружных) ЭУ пользоваться ручными электрическими светильниками напряжением 36 В?</p> <p>г) Указать нормативный документ.</p>
6	<p>а) Какие помещения по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) относятся к сухим, влажным, особо сырым?</p> <p>б) Какие из указанных помещений относятся к помещениям: с повышенной опасностью, без повышенной опасности, особо опасным (если нет других признаков опасности)?</p> <p>в) Указать пункты ПУЭ, где содержатся ответы на эти вопросы.</p>
7	<p>а) Перечислите признаки, по которым в отношении опасности поражения электрическим током помещения относят к помещениям с повышенной опасностью.</p> <p>б) Какие помещения относятся к жарким?</p> <p>в) Указать предельное напряжение ручных (переносных) электрических светильников для работы в жарких помещениях,</p> <p>г) Нормативный документ.</p>
8	<p>а) Дать определение термина: напряжение шага?</p> <p>б) От каких факторов зависит величина напряжения шага?</p> <p>в) Какие средства индивидуальной защиты защищают от напряжения шага?</p> <p>г) Как следует выходить из зоны действия напряжения шага при отсутствии средств защиты?</p>
9	<p>а) Что такое напряжение прикосновения?</p> <p>б) Что такое «вынос потенциала»? В чем он заключается?</p> <p>в) Каковы меры борьбы с выносом потенциала?</p>
0	<p>а) Для чего нужен разделительный трансформатор (РТ)?</p> <p>б) Какие напряжения могут быть на первичной и вторичной обмотках РТ?</p> <p>в) Сколько потребителей можно подключать к вторичной обмотке?</p>
1	<p>а) Следует ли заземлять (занулять) один из выводов вторичной обмотки РТ?</p> <p>б) Следует ли заземлять (занулять) потребитель, питаемый через РТ?</p> <p>в) Каковы достоинства и недостатки электрического разделения сети?</p>

2	<p>а) Что такое УЗО?</p> <p>б) Каковы достоинства и недостатки «электронного» и «электромеханического» УЗО?</p> <p>в) Защитит ли УЗО от однополюсного прикосновения к фазному проводу?</p>
3	<p>а) Какова эффективность применения УЗО:</p> <ul style="list-style-type: none"> • в двухпроводных сетях (L, N); • в трёхпроводных сетях (L, N, PE); <p>б) Защитит ли УЗО от двухполюсного прикосновения к проводам L и N?</p>
4	<p>а) Как реагирует УЗО:</p> <ul style="list-style-type: none"> • на ток нагрузки; • на сверхтоки перегрузки и короткого замыкания между проводами L и N? <p>б) Можно ли применить УЗО совместно с занулением?</p>
5	<p>а) Дать определение понятий:</p> <ul style="list-style-type: none"> • электробезопасность; • электротравматизм; • электрозащитные средства. <p>б) Что такое основные и дополнительные электрозащитные средства?</p> <p>в) Какие средства относятся к основным и дополнительным в установках до 1000 В?</p>