

Тема 5. Электробезопасность

К.м.н., доцент кафедры БЖД
Пискунова В.В.

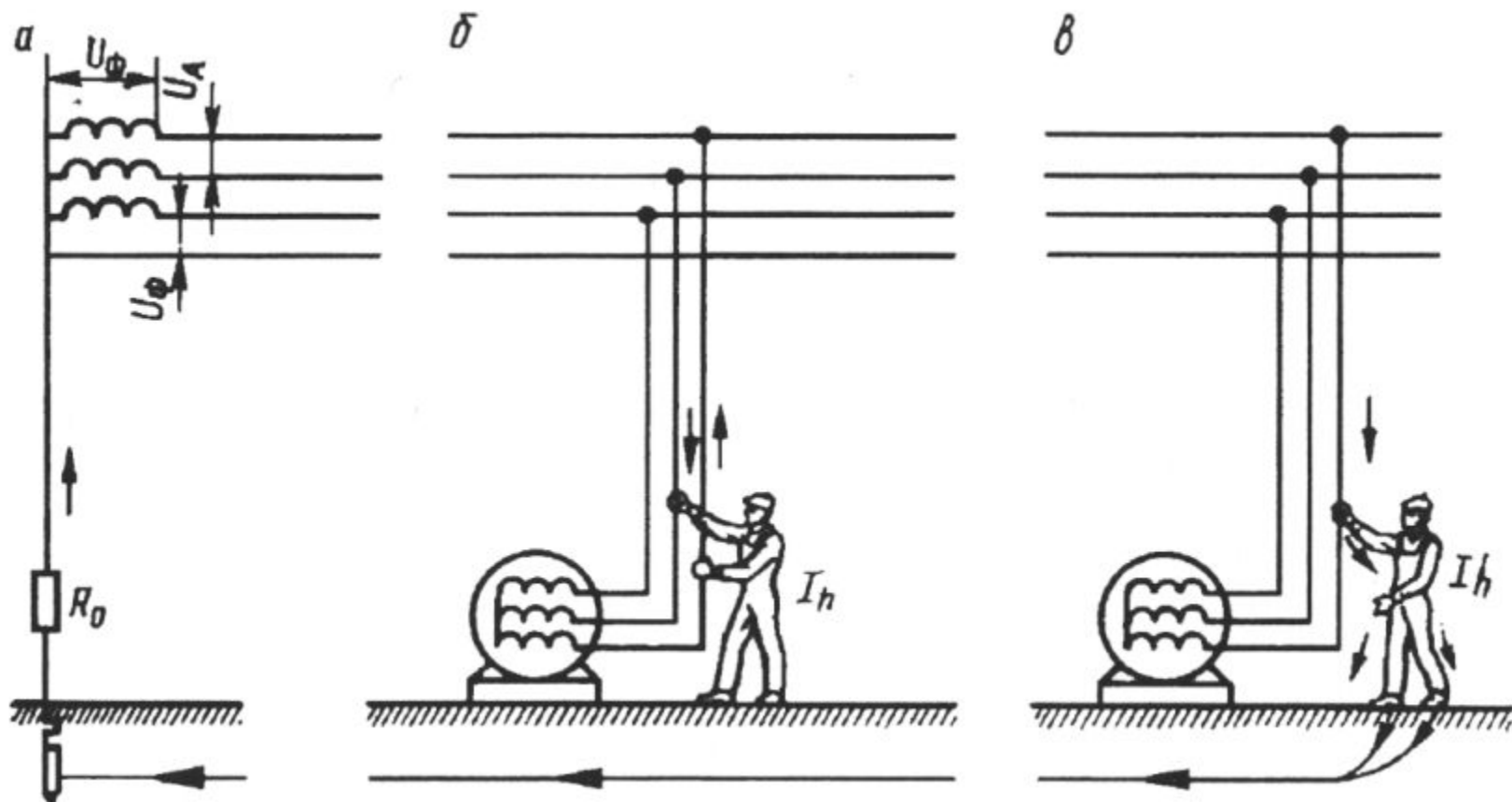
1. Опасность поражения и причины несчастных случаев при воздействии электрическим током

- С самого начала промышленного применения электричества изучалось воздействие электрического тока на человека, а также последствия этого воздействия.
- Риск поражения человека электрическим током составляет $6 \cdot 10^{-6}$.
- Статистика электротравматизма в России показывает, что смертельные поражения электрическим током составляют 2,7 % общего числа смертельных случаев.
- **Опасность поражения** электрическим током отличается от прочих опасностей тем, что человек не в состоянии без специальных приборов обнаружить ее дистанционно, как например движущиеся части машин.
- Электрическое воздействие, которое приводит к поражению человека, возникает при замыкании цепи через тело, т. е. в случае прикосновения человека к двум точкам электрической цепи, между которыми имеется напряжение.

Включение человека в электрическую цепь

- В трехфазных четырехпроводных сетях с глухозаземленной нейтралью возможно включение тела человека в электрическую цепь между двумя фазными проводами линейным напряжением $U_{\text{л}} = 380$ В (рис. 1.б) и между одним фазным проводом и землей с фазным напряжением $U_{\text{ф}} = 220$ В (рис. 1.в). В первом случае прикосновение называется двухфазным, во втором - однофазным прикосновением.

Рис. 1.Трехфазная четырехпроводная сеть с глухозаземленной нейтралью



- При двухфазном прикосновении, по закону Ома, через человека пройдет ток (А), определяемый по следующей зависимости:

- $$I_h = U_l / R_h \quad (1)$$

- где U_l – линейное напряжение в цепи, В;

- R_h – расчетное электрическое сопротивление тела человека, Ом.

- Если рассматривать сети напряжением 380/220 В и принять сопротивление $R_h = 1000 \text{ Ом}$, то значение тока, проходящего через человека при двухфазном прикосновении, составит $I_h = 0,38 \text{ А}$, что опасно для человека, так как вызывает при прохождении тока по пути «рука—рука» сильную боль в руках и области груди, затрудненное дыхание.
- При длительном протекании тока может наступить паралич дыхания или ослабление деятельности сердца с потерей сознания.
- Опасность увеличивается еще и потому, что на пути тока, проходящего от одной руки к другой, находятся жизненно важные органы.

- К двум фазам человек может прикоснуться, работая:
 - под напряжением на воздушных электрических линиях и на распределительных щитах,
 - с электродвигателями и сварными трансформаторами, у которых не закрыты зажимы,
 - при использовании неисправных средств защиты.

Однофазное прикосновение

- В схеме однофазного прикосновения человек попадает под полное фазное напряжение, тогда ток, проходящий через его тело:
- $$I_h = U_\phi / (R_n + R_{об} + R_0), \quad (2)$$
- где $U_\phi = 220 \text{ В}$ - фазное напряжение, В;
- $R_{об}$ – сопротивление резиновой обуви, приблизительно принимается равным 45000 Ом;
- R_n - сопротивление сухого деревянного пола, приблизительно принимается равным 100000 Ом;
- $R_0 \leq 10 \text{ Ом}$ - сопротивление глухозаземленной нейтрали.

- Если не учитывать сопротивление обуви и пола, то через человека пройдет ток, равный $0,218 \text{ A}$, что превышает смертельное для человека значение тока, равное $0,1 \text{ A}$.
- Если же учесть сопротивление обуви и пола, то сила тока, проходящего через человека, не будет превышать $0,0015 \text{ A}$, т. е. поражение током исключается.
- Поэтому при однофазном прикосновении существенное значение имеет сопротивление обуви и пола.

Основные причины несчастных случаев от воздействия электрического тока

- - случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- - появление напряжения на металлических частях конструкции электрооборудования из-за повреждения изоляции или других причин;
- - появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди из-за ошибочного включения электроустановок;
- - возникновение шагового напряжения на поверхности земли вследствие замыкания провода на землю.

5.2. Действие электрического тока на организм человека

- - **термическое воздействие** электрического тока ведет к опасным нагревам тканей и возникновению таких травм, как ожоги, электрические знаки, металлизация кожи;
- - **химическое воздействие** электрического тока приводит к электролизу крови и других растворов, содержащихся в организме, изменению их химического состава и нарушению физиологических функций;
- - **механическое воздействие** тока проявляется в расслоении мышц, разрыве сухожилий, вывихах суставов и других повреждениях тканей организма в результате резких, непроизвольных судорожных сокращений мышц, вызванных протеканием тока;
- - **биологическое воздействие** тока выражается в раздражении живых тканей организма, рефлекторном возбуждении нервной системы и нарушении внутренних биоэлектрических процессов. В результате возникают электрический удар или электрический шок.

Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей **определяют**

- род и величина напряжения и тока,
- частота электрического тока,
- пути тока через тело человека,
- продолжительность воздействия электрического тока или электромагнитного поля на организм человека,
- условия внешней среды.
- Переменный ток с частотой 50 Гц более опасен по сравнению с токами иной частоты и постоянным током.

Характер воздействия тока на человека (переменный ток с частотой 50 Гц, напряжением 220В, путь тока рука-нога)

Ток, мА	Характер воздействия тока
0,6-1,5	Пороговый осязаемый ток – начало ощущения, легкое дрожание пальцев.
10-15	Пороговый не отпускающий ток - человек самостоятельно не может прервать контакт с токоведущими частями вследствие возникновения судорог.
20-25	Порог остановки дыхания, дыхание затруднено, при этом из-за спазмы голосовых связок пострадавший не может крикнуть и позвать на помощь.
50-80	Паралич дыхания.
90-100	Пороговый фибрилляционный ток – при действии тока в течение 2-3с возникает фибрилляция (беспорядочное сокращение мышц) сердца, вызывающая остановку работы сердца.
300	То же, за меньшее время

- Возможные воздействия при прохождении электрического тока через организм человека или воздействии электрической дуги по признаку поражения делят на:
 - местные электротравмы и электрические удары.
 - В первом случае происходит местное поражение кожи, мышц и других частей тела, которое проявляется электрическими ожогами (60-65 % от всех электротравм), электрическими знаками и метками (19-21 %), металлизацией кожи (до 10%) и электроофтальмией (1-2% пострадавших).
 - Электротравма возникает не только при непосредственном соприкосновении с источником тока, но и при дуговом контакте, когда человек находится вблизи установки с напряжением более 1000 В, особенно в помещениях с высокой влажностью воздуха. В тяжелых случаях кратерообразная рана может проникать до кости.

Электрический удар. Местные поражения молнией

- Электрический удар поражается весь организм и особенно его внутренние органы.
- Электрический удар разграничивают уровнем воздействия: от судорожного сокращения мышц без потери сознания (I степень) до прекращения дыхания и работы сердца (IV степень или клиническая смерть).
- Аналогичными воздействию электротока являются местные повреждения молнией:
 - на коже появляются пятна темно-синего цвета, напоминающие разветвление дерева («знаки молнии»). Это связано с расширением кровеносных сосудов. Общее состояние в таких случаях, как правило, тяжелое. Может развиваться паралич, немота, глухота, а также произойти остановка дыхания и сердца.

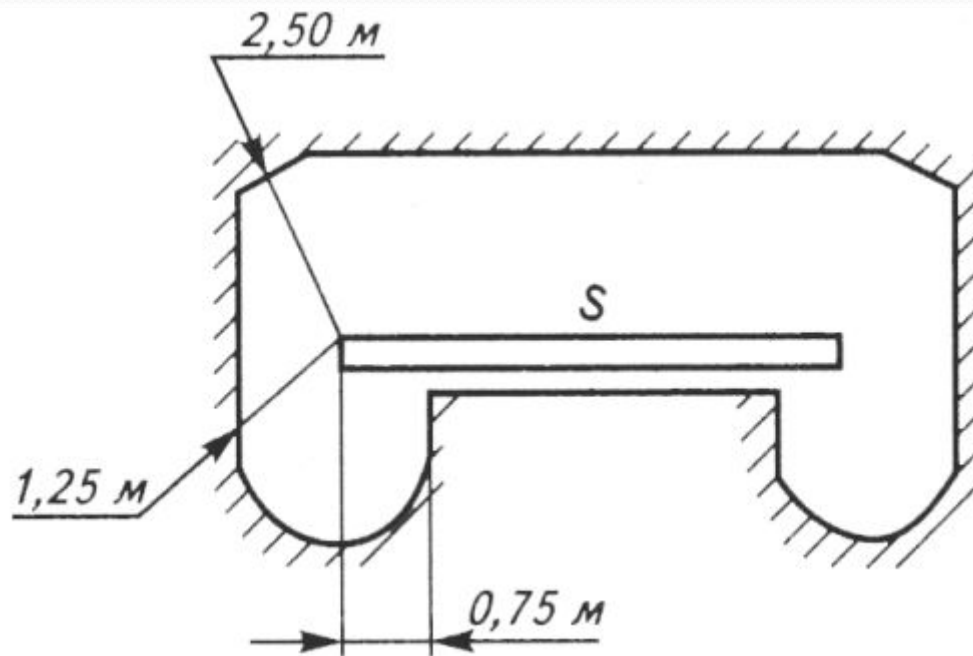
5.3. Методы и средства обеспечения электробезопасности

- Электробезопасность в соответствии с ГОСТ Р 12.1.019 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» должна обеспечиваться:
- - техническими способами и средствами защиты;
- - безопасной конструкцией электроустановок;
- - организационными и техническими мероприятиями.

Обеспечение электробезопасности техническими способами и средствами

- **1. Защита от случайного прикосновения к токоведущим частям.** В этом случае применяются следующие способы и средства:
- **- *размещение токоведущих частей вне зоны досягаемости*** предназначено только для предотвращения непреднамеренных прикосновений к токоведущим частям. Части электроустановки с разными потенциалами, доступные одновременно прикосновению, не должны находиться внутри зоны досягаемости (рис. 2).

Рис. 2. Зона досягаемости



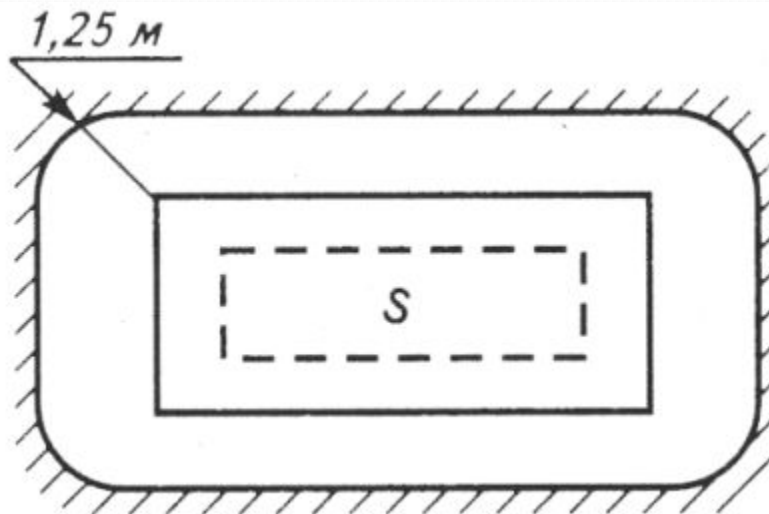


Рис. 2. Зона досягаемости:

S - поверхность, на которой может находиться человек;

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

- - ***защитные ограждения (временные или стационарные)*** - устройства, предотвращающие прикосновение или приближение на опасные расстояния к токоведущим частям в случаях, когда провода или токоведущие части электрооборудования не могут иметь изоляции. Если необходимо снять ограждение или вскрыть оболочку или ее части, это может быть сделано только с помощью ключа или специального инструмента или после обесточивания токоведущих частей, защищенных этими ограждениями или оболочками и т. д.

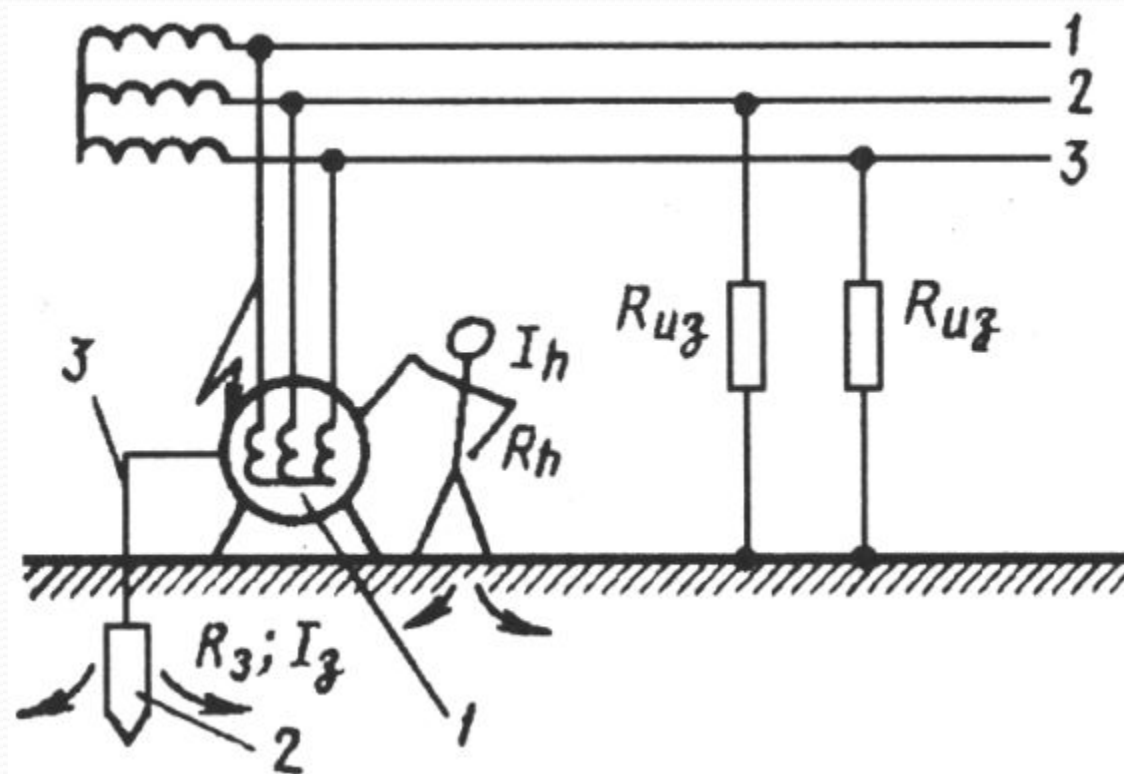
- - **предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности.** Звуковой сигнал и красный свет лампы предупреждают о появлении опасности, например напряжения в электроустановках, зеленый свет оповещает о снятии этого напряжения. Предупредительные плакаты, вывешиваемые на видных местах,
- подразделяют на предостерегающие или предупреждающие об опасности (например, «Стой, опасно для жизни»). Запрещающие плакаты предназначены для запрещения оперирования коммутационными аппаратами (например: «Не включать - работают люди», «Не включать - работа на линии»). Есть плакаты, напоминающие о каких-либо принятых мерах (например: «Заземлено»).

- Для исключения ошибочных соединений и лучшей ориентации в электрических цепях электроустановок провода, шины и кабели имеют маркировку в виде цифровых и буквенных обозначений и отличительную окраску. Блокирующие устройства защищают от электротравматизма путем автоматического разрыва электрической цепи перед тем, как рабочий может оказаться под напряжением. Так, при снятии защитного ограждения или открывании дверей установки, находящейся под напряжением, контакты разъединяются, отключая установку.
- Для защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям используют также изоляцию рабочего места, дополнительную, усиленную или двойную электрическую изоляцию токоведущих частей, применение малого напряжения, защитные оболочки, защитное отключение и другие способы.

2. Защита от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяются следующие способы

- **Защитное заземление** - устранение опасности поражения человека током в случае прикосновения его к нетоковедущим металлическим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением.
- Защитное заземление - это преднамеренное электрическое соединение с землей (или ее эквивалентом) металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.
- Снижают напряжение путем уменьшения потенциала заземленного оборудования за счет уменьшения сопротивления заземления. При замыкании фазы 1 (рис. 3) на корпус электроустановки человек, прикоснувшийся к этому корпусу, попадает под фазное напряжение, опасное для жизни.

Рис. 3. Принципиальная схема действия защитного заземления



- При наличии заземляющего устройства сопротивление тела человека и сопротивление заземлителя включаются в параллельные ветви при неизменном общем токе. В результате этого ток замыкания распределяется между заземляющим устройством и человеком.
- Так как сопротивление заземлителя (*оно должно быть не более 10 Ом*) во много раз меньше *сопротивления человека (1000 Ом)*, то через тело человека будет проходить малый ток, не вызывающий его поражения.
- Основная часть тока пойдет по цепи через заземлитель.

Заземлители

- *Заземлители* могут быть естественными и искусственными.
- В качестве *естественных* заземлителей используют металлические конструкции и арматуру зданий и сооружений, имеющие хорошее соединение с землей, проложенные в земле водопроводные, канализационные и другие трубопроводы (за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих и взрывоопасных газов и трубопроводов, покрытых изоляцией для защиты от коррозии).
- В качестве *искусственных* заземлителей применяют одиночные или соединенные в группы металлические электроды, забитые вертикально или уложенные горизонтально в землю. Длину электродов и расстояние между ними принимают не менее 2,5–3,0 м.

- **Защитное зануление** - это преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.
- **Защитное отключение** - быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения током.

В основе действия защитного отключения лежит принцип ограничения продолжительности протекания тока через тело человека (за счет быстрого отключения) при непреднамеренном прикосновении.

Средства защиты и предохранительные приспособления

- Средства защиты и предохранительные приспособления предназначены для защиты персонала от электротравм при работе на электроустановках.
- Защитные средства подразделяют на:
 - *вспомогательные* (очки, противогазы),
 - *ограждающие* (временные переносные заземлители, щиты, изолирующие накладки),
 - *изолирующие*, которые, в свою очередь, подразделяют на основные и дополнительные.

- Основные защитные средства способны длительно выдерживать рабочее напряжение электроустановки, и ими можно прикасаться к токоведущим частям оборудования.
- При напряжении в установках более 1000 В в качестве защитных средств применяют изолирующие штанги, изолирующие и токоизмерительные клещи и указатели напряжения.
- Если работы выполняют под напряжением в установках до 1000 В, используют диэлектрические перчатки, рукавицы и монтерский электроинструмент с изолированными ручками.
- Дополнительные защитные средства применяют при использовании основных средств для усиления их изолирующих свойств.
- К таким защитным средствам при работе под напряжением более 1000 В относят диэлектрические перчатки, боты, ковры и изолирующие подставки.
- В установках под напряжением до 1000 В дополнительными защитными средствами являются диэлектрические ковры и галоши, а также изолирующие подставки.

- Предохранительными приспособлениями являются предохранительные пояса, монтерские когти, лестницы.
- Защита от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям может обеспечиваться также методами выравнивания потенциалов, электрического разделения сетей и др.

5.4. Организация безопасной эксплуатации электроустановок

- Устройство и эксплуатацию электрических установок и отдельных видов электрооборудования необходимо осуществлять в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ), Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей, Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок и др.
- Для непосредственного выполнения функций по организации эксплуатации электроустановок в соответствии с требованиями действующих нормативных актов должен быть приказом по организации назначен специалист, ответственный за электрохозяйство, а также работник, его замещающий.

- Приказ или распоряжение о назначении ответственного за электрохозяйство и работника, замещающего его в период длительного отсутствия (отпуск, командировка, болезнь), издается после проверки знаний ими требований соответствующих нормативных актов и присвоения соответствующей группы по электробезопасности (IV - в электроустановках напряжением до 1000 В).
- Персонал, обслуживающий электроустановки, должен пройти проверку знаний действующих нормативных, технических документов (правил и инструкций по эксплуатации, пожарной безопасности, пользованию защитными средствами, устройства электроустановок) в пределах требований, предъявляемых к соответствующей должности или профессии, и иметь соответствующую группу по электробезопасности.

- Конкретные сроки и объемы испытаний, а также измерений параметров электрооборудования электроустановок определяет ответственный за электрохозяйство в соответствии с требованиями действующих нормативных актов, ведомственной или местной системы планово-предупредительного ремонта (ППР), в соответствии с типовыми и заводскими инструкциями в зависимости от местных условий и состояния установок.
- Шины и провода защитного заземления (зануления) должны быть доступными для осмотра и окрашены в черный цвет.
- Проверка состояния элементов заземляющего устройства электроустановок и определение сопротивления заземляющего устройства должны проводиться не реже 1 раза в 3 года, и не реже 1 раза в 12 лет должен быть проведен выборочный осмотр со вскрытием грунта элементов заземлителя, находящихся в земле.

- Измерения напряжения прикосновения должны проводиться после монтажа, переустройства и капитального ремонта заземляющего устройства, но не реже 1 раза в 6 лет.
- Силовые и осветительные установки должны подвергаться внешнему осмотру не реже 1 раза в год.
- Измерение сопротивления изоляции электропроводок производится не реже 1 раза в 3 года, а в особо сырых и жарких помещениях, в наружных установках, а также в помещениях с химически активной средой не реже 1 раза в год.

- Измерение сопротивления изоляции электросварочных установок должно проводиться после длительного перерыва в их работе, перестановки оборудования, но не реже 1 раза в 6 месяцев.
- Во взрывоопасных зонах в электроустановках напряжением до 1000В с глухозаземленной нейтралью при капитальном, текущем ремонтах и межремонтных испытаниях, но не реже 1 раза в 2 года, должно измеряться полное сопротивление петли фаза - нуль.

- Все электрические машины, аппараты, а также другое электрооборудование и электропроводки во взрывоопасных зонах должны периодически, в сроки, определяемые местными условиями, но не реже 1 раза в 3 месяца, подвергаться наружному осмотру.
- Осмотр должен проводить ответственный за электрохозяйство.
- Результаты осмотра заносятся в оперативный или специальный журнал.
- Во всех защитных устройствах устанавливаются только калиброванные предохранители. Неисправности, способные вызвать искрение, короткое замыкание, нагревание проводов и т.п., а также провисание электропроводов, соприкосновение их между собой или с элементами здания и различными предметами должны немедленно устраняться.

- Оборудование должно устанавливаться так, чтобы на электродвигатель не попадали стружка, вода, масло, эмульсия и т.п. В помещениях для регенерации масла, зарядки аккумуляторных батарей, ацетиленовых генераторов, обслуживания и ремонта газобаллонных автомобилей, проведения окрасочных работ силовое и осветительное оборудование и электропроводка должны быть во взрывозащищенном исполнении.
- В цехах, где возможно выделение пыли, должны применяться выключатели, рубильники, предохранители и т. п., закрытые плотными кожухами из негорючих материалов.

Не допускается:

- 1) применять рубильники открытого типа или рубильники с кожухами, имеющими щель для рукоятки;
- 2) устанавливать выключатели, рубильники, предохранители, распределительные щиты и другое оборудование, способные дать искру в помещениях, где находятся легковоспламеняющиеся, горючие и взрывоопасные вещества;
- 3) применять самодельные предохранители;
- 4) последовательно включать в заземляющий или нулевой защитный проводник части электроустановок, так как при этом увеличивается сопротивление заземления. Заземление должно быть только параллельным.
- Для защиты от поражения электрическим током применяются дополнительные средства защиты: диэлектрические коврики, инструменты с изолирующими рукоятками, перчатки, калоши и пр.