

## Действие электрического тока на организм человека

*Ток проходя через человека вызывает электролитическое, биологическое и термическое воздействие на него*

Термическое действие тока вызывает ожоги, нагрев кровеносных сосудов, крови, нервов и т.д.

*Электролитическое* действие тока выражается в разложении крови и других органических жидкостей организма и вызывает значительные нарушения их физико-химического состава.

*Биологическое* действие тока проявляется как раздражение и возбуждение живых тканей организма, что сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями мышц, легких и сердца. В результате могут возникнуть различные нарушения и даже полное прекращение деятельности органов кровообращения и дыхания.

**Любое воздействие электрического тока выражается в получении двух видов поражения — местные электрические травмы и электрические удары.**

*Местная Электрическая травма* – это четко выраженное местное нарушение целостности тканей организма в результате воздействия электрического тока или электрической дуги. В большинстве случаев электротравмы излечиваются, однако при тяжелых ожогах исход поражения может быть смертельным.

**Различают несколько видов местных электрических травм.**

**Электрический ожог**, являющийся самой распространенной электротравмой, может быть токовым (или контактном) и дуговым.

**Токовый ожог** обусловлен прохождением тока через тело человека в результате его контакта с токоведущей частью и является следствием преобразования электрической энергии в тепловую.

Ожоги разделяют на четыре степени: I- покраснение кожи, II-образование пузырей, III-омертвление всей толщи кожи; IV-обугливание тканей. Тяжесть поражения организма обуславливается не степенью ожога, а площадью обожженной поверхности тела. Токовые ожоги возникают при напряжении не выше 1-2 кВ и в большинстве случаев им присваивают I и II степень. Встречаются и тяжелые ожоги.

**Дуговой ожог** является следствием образования электрической дуги между токоведущей частью и телом человека, которая и причиняет ожог. Дуга имеет температуру выше 3500<sup>0</sup>С и обладает весьма значительной энергией. Дуговые ожоги, как правило, тяжелые и имеют III или IV степень тяжести.

**Электрические знаки** — это четко очерченные пятна серого или, бледно-желтого цвета, образующиеся на коже человека в результате действия тока. Знаки могут быть и в виде царапин, ран, порезов или ушибов, бородавок, кровоизлияний и мозолей. Как правило, электрические знаки безболезненны, и лечение их заканчивается благополучно.

**Металлизация кожи** - это проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек металла, расплавившегося под действием электрической дуги. Это может произойти при коротком замыкании, отключении рубильника, находящегося под нагрузкой и т. п. Металлизация сопровождается ожогом кожи, вызываемым нагретым металлом.

**Электроофтальмия** - это поражение глаз, вызванное интенсивным излучением электрической дуги, спектр которой содержит вредные для глаз ультрафиолетовые и инфракрасные лучи.

**Механические повреждения** возникают в результате резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека. В результате могут произойти разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, а также вывихи суставов и даже переломы костей.

**Электрический удар** - это возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц. При Электрических ударах исход воздействия тока на организм может быть разным – от легкого, едва ощутимого сокращения мышц пальцев руки до прекращения работы сердца или легких, т.е. до смертельного поражения.

*Электрические удары в зависимости от исхода воздействия тока на организм условно делят на следующие **четыре степени**:*

I — судорожное сокращение мышц без потери сознания;

II — судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но сохранившимся дыханием и работой сердца;

III — потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого вместе);

IV— клиническая (мнимая) смерть – переходной период от жизни к смерти, наступающей с момента прекращения деятельности сердца и легких.

## **2. Факторы, определяющие опасность поражения электрическим током**

Характер и последствия воздействия на человека электрического тока определяются электрическим сопротивлением тела человека, напряжением тока и продолжительностью воздействия электрического тока, зависят от пути прохождения тока через тело человека, рода и частоты электрического тока, а также от условий внешней среды и индивидуальных особенностей человека.

*Электрическое сопротивление тела человека.* Тело человека является проводником электрического тока, неоднородным по электрическому сопротивлению. Наибольшее сопротивление электрическому току оказывает кожа, поэтому общее сопротивление тела человека определяется главным образом величиной сопротивления кожи

Сопротивление тела человека при сухой чистой и неповрежденной коже (измеренное при напряжении 15-20 В) колеблется в пределах от 3 до 100 кОм и более, а сопротивление внутренних слоев тела составляет всего 300-500 Ом.

В действительности сопротивление тела человека не является постоянным. Оно зависит от состояния кожи, окружающей среды, параметров электрической цепи и т.д. Повреждения рогового слоя (порезы, царапины, ссадины) снижают сопротивление тела до 500-700 Ом, что увеличивает опасность поражения человека током. Такое же влияние оказывает увлажнение кожи водой или потом. Поэтому работа с электроустановками влажными руками и в условиях, вызывающих увлажнение кожи, а также при повышенной температуре усугубляет опасность поражения человека током.

Загрязнение кожи вредными веществами, хорошо проводящими электрический ток (пыль, окалина), тоже приводит к снижению ее сопротивления.

Имеют значение площадь контакта и место касания, поскольку сопротивление кожи неодинаково на разных участках тела. Наименьшим сопротивлением обладает кожа лица, шеи, ладоней и рук, особенно на стороне, обращенной к туловищу (подмышечных впадинах и др.). Кожа тыльной стороны кисти и подошв имеет сопротивление, во много раз превышающее сопротивление кожи других участков тела.

При увеличении тока и времени его прохождения сопротивление тела человека падает, потому что вследствие местного нагрева кожи расширяются сосуды, усиливается кровоснабжение этого участка и потовыделение.

Сопротивление тела человека уменьшается при повышении частоты тока и при 10-20 кГц наружный слой кожи практически утрачивает устойчивость к электрическому току.

**Сила тока и напряжение.** Основным фактором, определяющим ту или иную степень поражения человека электрическим током, является **сила тока**, проходящего через его тело (таблица 9.1). С увеличением силы тока сопротивление тела человека падает, так как усиливается местный нагрев кожи,

что приводит к расширению сосудов, усилению снабжения этого участка кровью и увеличению потовыделения.

Таблица 9.1 - Пороговые значения различных видов тока

| Вид тока*  | Сила тока, мА  |                |
|--|----------------|----------------|
|  | Переменный ток | Постоянный ток |
| <i>Пороговый осязаемый ток</i> - электрический ток, вызывающий при прохождении через организм осязаемые раздражения  | 0,6-1,5        | 5-7            |
| <i>Пороговый неотпускающий ток</i> – электрический ток, вызывающий при прохождении через организм человека, непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник | 10-15          | 50-80          |
| <i>Фибрилляционный ток</i> - электрический ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца   | 100мА до 5А    | 300мА до 5А    |

\* *Мгновенная остановка сердца наступает при силе тока, равной 5 А.*

Напряжение, приложенное к телу человека, также влияет на исход поражения, поскольку оно определяет значение силы тока, проходящего через человека. Рост напряжения приводит к пробоем рогового слоя кожи, сопротивление кожи уменьшается в десятки раз, приближаясь к сопротивлению внутренних тканей (300— 500 Ом), соответственно увеличивается сила тока.

Особенности воздействия электрического тока на организм человека передаются данными таблицы 9.2

*Род и частота электрического тока.* Постоянный ток примерно в 4-5 раз безопаснее переменного. Это вытекает из сопоставления пороговых значений осязаемого и неотпускающего постоянного и переменного токов. Но это справедливо лишь до напряжений 250-300 В. При более высоких значениях напряжения постоянный ток становится более опасным, чем переменный (с частотой 50 Гц).

В случае переменного тока важное значение имеет его частота. С увеличением частоты переменного тока полное сопротивление тела уменьшается и при 10—20 кГц наружный слой кожи практически утрачивает сопротивление электрическому току, что также приводит к увеличению тока, проходящего через человека, а следовательно, повышается опасность поражения.

Таблица 9.2 - Особенности воздействия электрического тока на организм человека

| Сила тока, мА | Характер воздействия  |   |
|---------------|---|---|
|               | Переменный ток 50 Гц  | Постоянный ток  |
| 1             | 2   | 3   |
| 0,6 – 1,5     | Начало ощущения - слабый зуд, пощипывание кожи под электродами  | Не ощущается  |
| 2,0 – 4,0     | Ощущение тока распространяется и на запястье руки, слегка сводит руку   | Не ощущается  |
| 5,0 – 0,7     | Болевые ощущения усиливаются во всей кисти, сопровождаясь судорогами; слабые боли ощущаются во всей руке, вплоть до предплечья  | Начало ощущения. Впечатление нагрева кожи под электродом  |
| 8,0 – 10      | Сильные боли и судороги во всей руке, включая предплечье. Руки еще можно оторвать от электродов   | Усиление ощущения нагрева   |
| 10 – 15       | Едва переносимые боли во всей руке. Руки невозможно оторвать от электродов. С увеличением продолжительности протекания тока боли усиливаются  | Еще большее усиление ощущения нагрева как под электродами, так и в прилегающих областях кожи  |
| 20 – 25       | Руки парализуются мгновенно, оторваться от электродов невозможно. Сильные боли, дыхание затруднено  | Еще большее усиление ощущения нагрева кожи, возникновение ощущения внутреннего нагрева. Незначительные сокращения мышц рук  |
| 25 – 50       | Очень сильная боль в руках и груди. Дыхание крайне затруднено. При длительном токе может наступить паралич дыхания или ослабление деятельности сердца с потерей сознания  | Ощущение сильного нагрева, боли и судороги в руках. При отрыве рук от электродов возникают едва переносимые боли в результате судорожного сокращения мышц   |
| 50 – 80       | Дыхание парализуется через несколько секунд, нарушается работа сердца. При длительном протекании тока может наступить фибрилляция сердца  | Ощущения очень сильного поверхностного и внутреннего нагрева, сильные боли во всей руке и в области груди. Затруднение дыхания. Руки невозможно оторвать от электродов из-за сильных болей при нарушении контакта |
| 100           | Фибрилляция сердца через 2-3 с; еще через несколько секунд - паралич дыхания  | Паралич дыхания при длительном протекании тока  |
| 300           | То же действие за меньшее время   | Фибрилляция сердца через 2-3 с; еще через несколько секунд - паралич дыхания  |
| Более 5000    | Дыхание парализуется немедленно - через доли секунды. Фибрилляция сердца, как правило, не наступает; возможна временная остановка сердца в период протекания тока. При длительном протекании тока (несколько секунд) тяжелые ожоги, разрушение тканей |   |

Наибольшую опасность представляет ток с частотой от 50 до 1000 Гц. При дальнейшем повышении частоты опасность поражения уменьшается и полностью исчезает при частоте 45—50 кГц. Эти токи опасны лишь с точки зрения ожогов. Снижение опасности поражения током с ростом частоты становится практически заметным при 1 — 2 кГц.

*Продолжительность воздействия электрического тока.* Длительное воздействие электрического тока приводит к тяжелым, а иногда смертельным поражениям человека.

Безопасным считается длительное воздействие тока силой 1 мА, при продолжительности действия до 30 с безопасен ток 6 мА.

Практически допустимыми с достаточно малой вероятностью поражения приняты следующие значения силы тока:

| Длительность воздействия, с | Сила тока, мА |
|-----------------------------|---------------|
| 1,0                         | 50            |
| 0,7                         | 70            |
| 0,5                         | 100           |
| 0,2                         | 250           |

*Путь прохождения тока через тело человека.* Этот фактор играет также существенную роль в исходе поражения, так как ток может пройти через жизненно важные органы — сердце, легкие, головной мозг и т.д.

*Индивидуальные свойства человека.* Установлено, что физически здоровые и крепкие люди легче переносят электрические удары.

Повышенной восприимчивостью к электрическому току отличаются лица, страдающие болезнями кожи, имеющие заболевания сердечно-сосудистой системы, органов внутренней секреции и легких, нервные болезни и др.

*Условия внешней среды.* Состояние окружающей воздушной, среды, а также окружающая обстановка могут существенным образом влиять на опасность поражения током.

Сырость, токопроводящая пыль, наличие едких паров и газов, разрушающе действующих на изоляцию электроустановок, а также высокая температура окружающего воздуха, снижают электрическое сопротивление тела человека, что еще больше увеличивает опасность поражения током.

Воздействие тока на человека усугубляют также токопроводящие полы и близко расположенные к электрооборудованию металлические конструкции, имеющие связь с землей, так как при одновременном касании этого предмета и

корпуса электрооборудования, случайно оказавшегося под напряжением, через человека пройдет ток большой силы.

В зависимости от перечисленных условий, повышающих опасность воздействия тока на человека, «Правилами устройства электроустановок» все помещения по опасности поражения людей электрическим током делят на четыре класса.

### 3. Явление при стекании тока в землю

Стеkanie тока в землю происходит только через проводник, находящийся с нею в непосредственном контакте. Такой контакт может быть случайным или преднамеренным.

В последнем случае проводник или группа соединенных между собой проводников, находящихся в контакте с землей, называется **заземлителем**. Одиночный проводник, находящийся в контакте с землей, называется также одиночным заземлителем, или заземляющим электродом, или просто электродом, а заземлитель, состоящий из нескольких параллельно соединенных электродов, называется также групповым или сложным заземлителем.

Причинами отекания тока в землю является замыкание токоведущей части на заземленный корпус электрического оборудования, падение провода на землю, использование земли в качестве провода и т. п. Во всех этих случаях происходит резкое снижение потенциала (т. е. напряжения относительно земли)  $\Phi_3$ , В, заземлившейся токоведущей части до значения, равного произведению тока, стекающего в землю,  $I_3$ , А, на сопротивление, которое этот ток встречает на своем пути, т. е. сопротивление заземлителя растеканию тока  $R_3$ , Ом:

$$\Phi_3 = I_3 R_3.$$

Это явление, весьма благоприятное по условиям безопасности. используют как меру защиты от поражения током при случайном появлении напряжения на металлических нетоковедущих частях, которые с этой целью заземляют.

В объеме земли, где проходит ток, возникает так называемое «поле растекания тока». Теоретически оно простирается до бесконечности. Однако в реальных условиях уже на расстоянии 20 м от заземлителя сечение слоя земли, по которому проходит ток, оказывается настолько большим, что плотность тока здесь практически равна нулю. Следовательно, и поле растекания можно считать распространяющимся лишь на расстояние 20 м от заземлителя.



**Сопротивление заземлителя растеканию тока.** Ток, проходящий через заземлитель в землю, преодолевает сопротивление, называемое *сопротивлением заземлителя растеканию тока* или просто *сопротивлением растекания*. Оно имеет три слагаемых: сопротивление самого заземлителя, переходное сопротивление между заземлителем и грунтом, а также сопротивление грунта.

Две первые части по сравнению с третьей весьма малы, поэтому ими пренебрегают и под сопротивлением заземлителя растеканию тока понимают сопротивление грунта растеканию тока.

При малых расстояниях между электродами (**менее 40 м**) поля растекания токов как бы накладываются одно на другое, а потенциальные кривые взаимно пересекаются и, складываясь, образуют непрерывную суммарную потенциальную кривую.

Создается эффект выравнивания потенциала, в результате поверхность земли на участке между электродами приобретает некоторый потенциал. При этом форма суммарной потенциальной кривой зависит от расстояния между электродами, их взаимного расположения, числа, формы и размеров.

#### **4. Классификация электроустановок и помещений по степени опасности поражения в них людей током**

Электроустановки классифицируют по значению напряжения. *Правила безопасности различают установки с номинальным напряжением до и выше 1000 В.* Применяют также термин «малое напряжение». Это номинальные напряжения до 42 В.

Помещения подразделяют на три категории по степени опасности поражения током.

**1. К помещениям с повышенной опасностью** относятся помещения характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

сырости, в которых относительная влажность воздуха длительно превышает 75%;

*высокой температуры*, в которых под воздействием различных тепловых излучений температура воздуха превышает постоянно или периодически (более 1 сут) 35 °С;



*пыльные, с токопроводящей пылью, в которых по условиям производства выделяется токопроводящая технологическая пыль (например, угольная, металлическая и т. п., в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т. п.;*

*с токопроводящими полами — металлическими, земляными, железобетонными, кирпичными и т. п.;*

*в которых возможно одновременное прикосновение человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования, с другой.*

Примером помещений с повышенной опасностью могут служить лестничные клетки различных зданий с проводящими полами; склады деталей и материалов; цехи или мастерские по механической обработке металла или дерева, даже если они размещены в сухих отапливаемых зданиях с изолирующими полами, поскольку там всегда имеется возможность одновременного прикосновения к корпусу электродвигателя и к станку, и т. п.

## **2. К особо опасным относятся помещения:**

*особо сырые, т. е. помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100% (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой);*

*с химически активной или органической средой, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования;*

*имеющие два или более признаков, свойственных помещениям с повышенной опасностью (например, сырое помещение с токопроводящими полами, жаркое и пыльное помещение с токопроводящей пылью и т. п.).*

Особо опасными помещениями являются большая часть производственных помещений, в том числе все цехи электростанций, помещения аккумуляторной и электролизной, кабельный этаж и т. п. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения током приравнены к особо опасным помещениям.

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

С учетом состояния воздушной среды и класса помещения по опасности поражения током производится выбор электрооборудования и конструкции

электроустановок, которые должны успешно противостоять воздействию окружающей среды и обеспечивать высокую степень безопасности при обслуживании.

### **Охранные зоны электрических сетей напряжением до 1000 В.**

- вдоль воздушных линий электропередачи в виде участка земли (от проекций крайних проводов) на 2 м с каждой стороны;
- вдоль подземных кабельных линий электропередачи в виде участка земли на 1 м с каждой стороны;
- вдоль подводных кабельных линий электропередачи в виде участка водного пространства (по дну) на 100 м.

## **5. Анализ условий поражения электрическим током.**

### **Напряжение прикосновения. Напряжение шага. Первая помощь при поражении электрическим током**

#### **5.1. Анализ условий поражения электрическим током.**

##### **Напряжение шага. Напряжение прикосновения.**

##### **Основные причины поражения электрическим током**

1. Случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением в результате:
  - ошибочных действий при проведении работ;
  - неисправности защитных средств, которыми потерпевший касался токоведущих частей и др.
2. Появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования в результате:
  - повреждения изоляции токоведущих частей; замыкания фазы сети на землю;
  - падения провода, находящегося под напряжением, на конструктивные части электрооборудования и др.
3. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях в результате:
  - ошибочного включения отключенной установки;
  - замыкания между отключенными и находящимися под напряжением токоведущими частями;
  - разряда молнии в электроустановку и др.

4. Возникновение напряжения шага на участке земли, где находится человек, в результате:

- замыкания фазы на землю;
- выноса потенциала протяженным токопроводящим предметом (трубопроводом, железнодорожными рельсами);
- неисправностей в устройстве защитного заземления и др.

### **Напряжение шага. Напряжение прикосновения.**

Человек также может оказаться под напряжением, попав в зону растекания тока в земле при обрыве провода, наличии заземляющего устройства, при ударе молнии и стекании электрического разряда в землю, повреждении изоляции проводов и т.д. Это напряжение называют **напряжением шага**, т.е. напряжением между двумя точками цепи тока, находящимися одна от другой на расстоянии длины шага(0,8 м), и на которых одновременно стоит человек (ГОСТ 12.1.009).

Наибольший электрический потенциал будет в месте соприкосновения проводника с землей. По мере удаления от этого места потенциал поверхности грунта уменьшается, так как сечение проводника (почвы) увеличивается пропорционально квадрату радиуса, и на расстоянии, примерно равном 20 м, может быть принят равным нулю. Опасность напряжения шага увеличивается, если человек, подвергшийся его воздействию, падает: напряжение шага возрастает, так как ток проходит уже не через ноги, а через все тело человека.

На рис.9.1 показана схема зоны растекания тока в земле через заземлитель при коротком замыкании одной из фаз на корпус электроустановки (пробое на корпус) и появления шагового напряжения.

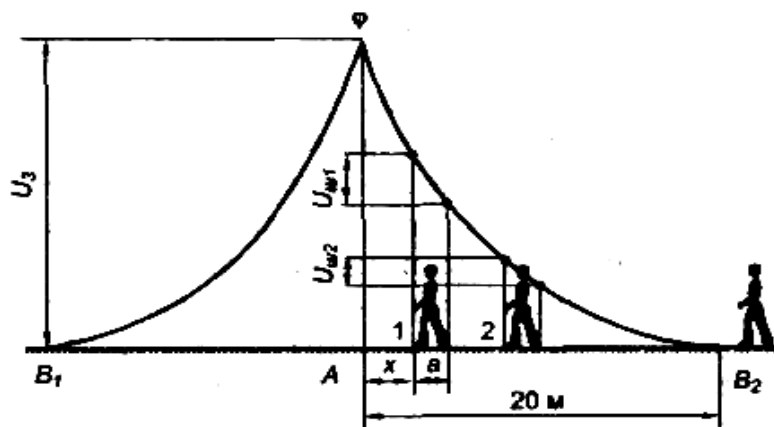


Рисунок 9.1 - Схема возникновения напряжения шага

Из рисунка 9.1 и формулы видно, что наибольшее напряжение возникает в точке замыкания на землю, на расстоянии 1 м оно составляет 0,5-0,7 от полного, а в точках В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> (на расстоянии примерно 20 м) по уравнению гиперболы оно снижается практически до нуля.

Очевидно, чем шире шаг, тем шаговое напряжение будет выше и может достигнуть опасной величины. Поражение при шаговом напряжении усугубляется тем, что из-за судорожных сокращений мышц ног человек может упасть, тем самым увеличивая величину шагового напряжения за счет своего роста и замыкания цепи тока на теле через жизненно важные органы. Поэтому выходить из зоны растекания тока необходимо короткими шагами. Напряжение шага считается допустимым, если оно не превышает 40 В. В случае падения провода на землю, не допускается приближение к нему в радиусе 6-8 м от места замыкания на землю.

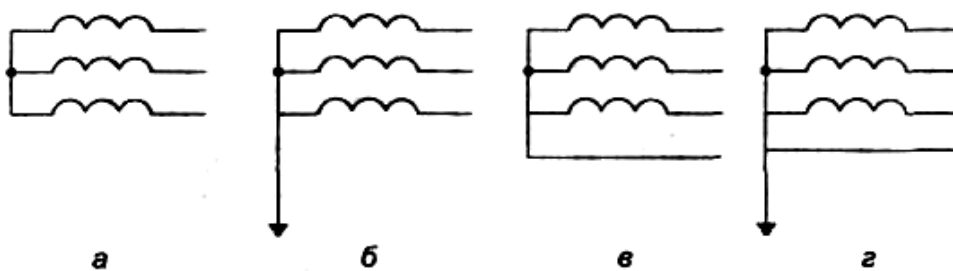
*На расстоянии 1 м от заземлителя падение напряжения шага составляет 68% полного напряжения, на расстоянии 10 м - 92%, на расстоянии 20 м - практически равно нулю.*

**Напряжением прикосновения** называется напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек (ГОСТ 12.1.009). Опасность такого прикосновения оценивается значением тока, проходящего через тело человека, или же напряжением прикосновения и зависит от ряда факторов: схемы замыкания цепи тока через тело человека, напряжения сети, схемы самой сети, режима ее нейтрали (т.е. заземлена или изолирована нейтраль), степени изоляции токоведущих частей от земли, а также от значения емкости токоведущих частей относительно земли и т.д.

Выбор схемы сети и, соответственно, режима нейтрали источника тока определяется как технологическими требованиями (величина рабочего напряжения, протяженность сети, количество потребителей и т. п.), так и условиями безопасности.

**Трехфазные сети различаются в зависимости от режима нейтрали и наличия нулевого провода (рисунок 9.2).**

Нейтралью называется точка соединения обмоток трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству, либо присоединенная к нему через аппараты с большим сопротивлением (сеть с изолированной нейтралью), либо непосредственно соединенная с заземляющим устройством (сеть с глухозаземленной нейтралью).



*а* - трехпроводная с изолированной нейтралью; *б* — трехпроводная с глухозаземленной нейтралью; *в* - четырехпроводная с изолированной нейтралью; *г* - четырехпроводная с заземленной нейтралью

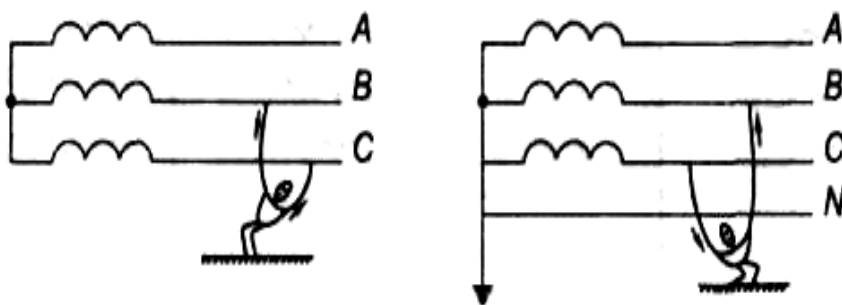
Рисунок 9.2 - Конструктивное исполнение трехфазной электрической сети

В соответствии с ПУЭ *глухозаземленной нейтралью* называется нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (например, через трансформаторы тока). В свою очередь, *изолированной нейтралью* называется нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через приборы сигнализации, измерения, защиты, заземляющие дугогасящие реакторы и подобные им устройства, имеющие большое сопротивление.

Правила устройства электроустановок предусматривают использование при напряжениях до 1000 В лишь двух схем трехфазных сетей: трехпроводной с изолированной нейтралью и четырехпроводной с глухозаземленной нейтралью. *По технологическим требованиям предпочтение отдается четырехпроводной сети, так как в ней возможно применение двух рабочих напряжений - линейного и фазного.*

Схемы включения человека в электросеть могут быть различными. Однако наиболее распространенными применительно к сетям переменного тока являются две: когда человек одновременно касается двух проводов (двухфазное включение) или когда он касается лишь одного провода или корпуса электрооборудования, находящегося под напряжением (однофазное включение). Во втором случае предполагается наличие электрической связи между сетью и землей.

*Двухфазное включение* человека в электрическую сеть с изолированной нейтралью (рисунок 9.3) является наиболее опасным, поскольку в данном случае человек находится под наибольшим в данной сети линейным напряжением.



*A, B, C и N - фазные и нулевой провода соответственно*

Рисунок 9.3 - Схема двухфазного включения человека в электрическую сеть

*При двухфазном включении, независимо от вида сетей, человек попадает под полное линейное напряжение сети и величина силы тока, проходящего через тело человека*

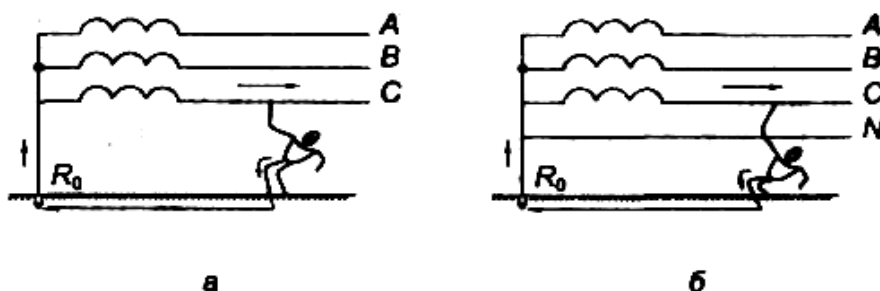


Рисунок 9.4 - Схема однофазного включения человека в трехфазную сеть с глухозаземленной нейтралью

*В сети с линейным напряжением 380 В ( $U_{\phi} = 220$  В) при сопротивлении тела человека 1000 Ом ток, проходящий через него, будет равен*

$$I_{\text{ч}} = 1,73 \cdot 220 / 1000 = 0,38 \text{ А.}$$

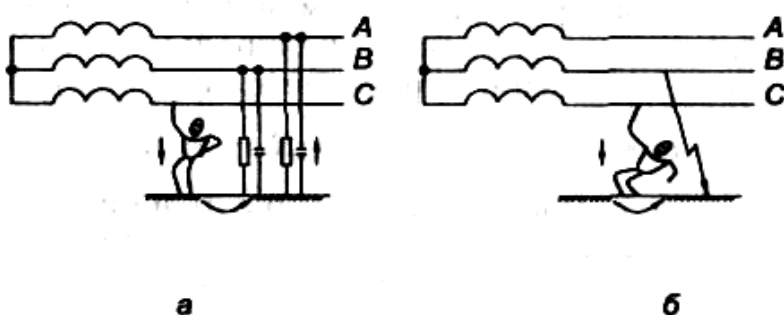
*Такая сила тока для человека является смертельно опасной.*

При двухфазном включении ток, проходящий через тело человека, не зависит от режима нейтрали сети.

Таким образом, опасность поражения человека при двухфазном прикосновении не уменьшится даже в том случае, если он будет надежно изолирован от земли с помощью диэлектрических галош, бот, ковриков, пола.

**Статистика свидетельствует, что наибольшее количество электротравм происходит при однофазном включении, причем большинство из них - в сетях с напряжением 380/220 В.**

Однофазное включение человека в электрическую сеть (рисунок 9.4, 9.5) менее опасно, так как напряжение, под действием которого оказывается человек, не превышает фазного, т.е. меньше линейного в 1,73 раза. Соответственно будет меньше и сила тока, проходящего через тело человека. Однако в данном случае исход поражения будет определяться режимом нейтрали.



*а* - при качественной изоляции; *б* - при аварийном режиме

Рисунок 9.5 - Схема однофазного включения человека в трехфазную сеть с изолированной нейтралью

Сила тока 1,5 мА не опасна для человека, что убедительно доказывает, насколько важную роль для безопасности работающих на электроустановках играют нетокопроводящая обувь и изолирующие полы.

Замыкание одной из фаз на землю может происходить при повреждении изоляции и пробое фазы на заземленный корпус электрооборудования, при падении на землю провода под напряжением и по другим причинам. Такое замыкание может быть случайным или преднамеренным. В последнем случае проводник, находящийся в контакте с землей, называется *заземлителем* или *электродом*.

В объеме земли, где протекает ток, возникает так называемая «зона растекания тока замыкания на землю» - зона земли, за пределами которой электрический потенциал, обусловленный токами замыкания на землю, может быть условно принят равным нулю (ГОСТ 12.1.009). В соответствии с этим *ток замыкания на землю* — это ток, проходящий через место замыкания на землю.



Теоретически зона растекания простирается до бесконечности, однако в реальных условиях уже на расстоянии **20 м** от заземлителя плотность тока растекания и потенциал практически равны нулю.

*Напряжение прикосновения* может возникнуть в том случае, если человек будет находиться на земле или на токопроводящем полу и касаться при этом корпуса заземленного электрооборудования, случайно оказавшегося под напряжением.

## **5.2 Оказание доврачебной помощи при поражении электрическим током.**

Первую доврачебную помощь пораженному током человеку должен уметь оказать каждый работающий с электроустановками. Первая помощь в случае поражения человека электрическим током состоит из двух этапов: освобождение пострадавшего от действия тока и оказание ему доврачебной медицинской помощи.

*Освобождение пострадавшего от действия тока.* Необходимо как можно скорее освободить пострадавшего от действия тока, так как от продолжительности этого действия зависит исход электротравмы.

Прикосновение к токоведущим частям вызывает в большинстве случаев непроизвольное судорожное сокращение мышц и общее возбуждение, которое может привести к нарушению и даже полному прекращению деятельности органов дыхания и кровообращения. Если пострадавший удерживает провод руками, его пальцы так сильно сжимаются, что высвободить провод из его рук становится невозможным, поэтому первое действие оказывающего помощь должно состоять в немедленном отключении той части электроустановки, которой касается пострадавший. Отключение производится с помощью выключателей, рубильника или другого отключающего аппарата, а также путем удаления предохранителей (пробок), разъема штепсельного соединения.

Если пострадавший находится на высоте, то отключение установки и тем самым освобождение от тока может вызывать его падение. В этом случае необходимо принять меры, предупреждающие падение пострадавшего или обеспечивающие его безопасность.

При отключении электроустановки может одновременно погаснуть электрический свет. В связи с этим при отсутствии дневного освещения необходимо позаботиться об освещении от другого источника (включить аварийное освещение, аккумуляторные фонари и т.п.) с учетом взры-

воопасности и пожароопасности помещения, не задерживая отключения электроустановки и оказания помощи пострадавшему.

Если отключить установку достаточно быстро нельзя, необходимо принять иные меры к освобождению пострадавшего от действия тока. Во всех случаях оказывающий помощь не должен прикасаться к пострадавшему без надлежащих мер предосторожности, так как это опасно для жизни. Он должен следить и за тем, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущей частью и под напряжением шага.

Для отделения пострадавшего от токоведущих частей или провода напряжением до 1000 В следует воспользоваться канатом, палкой, доской или каким-либо другим сухим предметом, не проводящим электрический ток. Можно также оттянуть его за одежду (если она сухая и отстает от тела), например за полы пиджака или пальто, за воротник, избегая при этом прикосновения к окружающим металлическим предметам и частям тела пострадавшего, не прикрытым одеждой.

Оттаскивая пострадавшего за ноги, оказывающий помощь не должен касаться его обуви или одежды без хорошей изоляции своих рук, так как обувь и одежда могут быть сырыми и являться проводником электрического тока.

Для изоляции рук оказывающий помощь, особенно если ему необходимо коснуться тела пострадавшего, не прикрытого одеждой, должен надеть диэлектрические перчатки или обмотать руку шарфом, надеть на нее суконную фуражку, натянуть на руку рукав пиджака или пальто, накинуть на пострадавшего резиновый коврик, прорезиненную материю (плащ) или просто сухую материю. Можно также изолировать себя, встав на резиновый коврик, сухую доску или какую-либо не проводящую электрический ток подстилку, сверток одежды и т.п.

При отделении пострадавшего от токоведущих частей рекомендуется действовать одной рукой, держа вторую в кармане или за спиной.

Если электрический ток проходит в землю через пострадавшего, и он судорожно сжимает в руке один токоведущий элемент (например, провод), проще прервать ток, отделив пострадавшего от земли (подсунуть под него сухую доску, либо оттянуть ноги от земли веревкой, либо оттащить за одежду), соблюдая при этом указанные выше меры предосторожности как по отношению к самому себе, так и по отношению к пострадавшему. Можно также перерубить провод топором с сухой деревянной рукояткой или перекусить его инструментом с изолированными рукоятками (кусачками, пассатижами и т.п.).

Перерубать или перекусывать провода необходимо пофазно, т.е. каждый провод в отдельности, при этом рекомендуется, по возможности, стоять на сухих досках, деревянной лестнице и т.п. Можно воспользоваться и неизолированным инструментом, обернув его рукоятку сухой материей.

Для отделения пострадавшего от токоведущих частей, находящихся под напряжением выше 1000 В, следует надевать диэлектрические перчатки и боты и действовать штангой или изолирующими клещами, рассчитанными на соответствующее напряжение. При этом надо помнить об опасности напряжения шага, если токоведущая часть (провод и т.п.) лежит на земле. На линиях электропередачи, когда нельзя быстро отключить их от пунктов питания, для освобождения пострадавшего, если он касается проводов, следует произвести замыкание проводов накоротко, набросив на них гибкий неизолированный провод. Провод должен иметь достаточное сечение, чтобы он не перегорел при прохождении через него тока короткого замыкания.

Перед тем как произвести наброс, один конец провода надо заземлить (присоединить его к телу металлической опоры, заземляющему спуску и др.). Для удобства наброса на свободный конец проводника желательно прикрепить груз. Набрасывать проводник надо так, чтобы он не коснулся людей, в том числе оказывающего помощь и пострадавшего. Если пострадавший касается одного провода, то часто достаточно заземлить только этот провод.

**Способы оказания первой помощи.** После освобождения от действия тока пострадавшего необходимо вынести из опасной зоны и оценить его состояние. Признаки, по которым можно быстро определить состояние пострадавшего, следующие:

- сознание: ясное, отсутствует, нарушено (пострадавший заторможен), человек возбужден;
- цвет кожных покровов и видимых слизистых (губ, глаз): розовые, синюшные, бледные;
- дыхание: нормальное, отсутствует, нарушено (неправильное, поверхностное, хрипящее);
- пульс на сонных артериях: хорошо определяется (ритм правильный или неправильный), плохо определяется, отсутствует;
- зрачки: узкие, широкие.

При определенных навыках, владея собой, оказывающий помощь в течение минуты способен оценить состояние пострадавшего и решить, в каком объеме и порядке следует оказывать ему помощь.

Цвет кожных покровов и наличие дыхания (по подъему и опусканию грудной клетки) оценивают визуально. Нельзя тратить драгоценное время на прикладывание ко рту и носу зеркала, блестящих металлических предметов.

Об утрате сознания, как правило, судят визуально, и чтобы окончательно убедиться в его отсутствии, можно обратиться к пострадавшему, спросив о его самочувствии.

Пульс на сонной артерии прощупывают подушечками второго, третьего и четвертого пальцев руки, располагая их вдоль шеи между кадыком (адамово яблоко) и кивательной мышцей и слегка прижимая к позвоночнику. Приемы определения пульса на сонной артерии очень легко отработать на себе или своих близких.

Ширину зрачков при закрытых глазах определяют следующим образом: подушечки указательных пальцев кладут на верхние веки обоих глаз и, слегка придавливая их к главному яблоку, поднимают вверх. При этом глазная щель открывается и на белом фоне видна округлая радужка, а в центре ее округлой формы - черные зрачки, состояние которых (узкие или широкие) оценивают по тому, какую площадь радужки они занимают.

Как правило, степень нарушения сознания, цвет кожных покровов и состояние дыхания можно оценивать одновременно с прощупыванием пульса, что отнимает не более минуты. Осмотр зрачков удается провести за несколько секунд.

Если у пострадавшего отсутствуют сознание, дыхание, пульс, кожный покров синюшный, а зрачки широкие (0,5 см в диаметре), можно считать, что он находится в состоянии клинической смерти. В этом случае следует немедленно приступать к оживлению организма (реанимации) с помощью искусственного дыхания по способу «изо рта в рот» или «изо рта в нос» и наружного массажа сердца. Не следует раздевать пострадавшего, теряя драгоценные секунды. Приступив к оживлению, нужно позаботиться о вызове врача или скорой медицинской помощи. Это должен сделать не оказывающий помощь, а кто-то другой.

Искусственное дыхание также необходимо проводить, если пострадавший дышит очень редко и судорожно и у него прощупывается пульс. Не обязательно, чтобы при проведении искусственного дыхания пострадавший находился в горизонтальном положении.

Для проведения искусственного дыхания желательно пострадавшего уложить на спину, расстегнуть стесняющую дыхание одежду. Необходимо обеспечить проходимость верхних дыхательных путей, которые в положении на спине при бессознательном состоянии всегда закрыты запавшим языком. Кроме того, в полости рта может находиться инородное содержимое (рвотные массы, песок, ил, трава, если человек тонул, и т.п.), которые необходимо удалить пальцем, обернутым платком (тканью) или бинтом. После этого оказывающий помощь располагается сбоку от головы пострадавшего, одну руку подсовывает под его шею, а ладонью другой руки надавливает на лоб пострадавшему, максимально запрокидывая голову. Корень языка пострадавшего поднимается и освобождает вход в гортань, а рот открывается. Оказывающий помощь наклоняется к лицу пострадавшего, делает глубокий вдох открытым ртом, полностью плотно охватывает губами открытый рот пострадавшего и делает энергичный выдох, с некоторым усилием вдувая воздух в его рот; одновременно он закрывает нос пострадавшего щекой или пальцами руки. Необходимо обязательно наблюдать за грудной клеткой пострадавшего. Как только грудная клетка поднялась, нагнетание воздуха приостанавливают, оказывающий помощь поворачивает лицо в сторону, происходит пассивный выдох у пострадавшего. Если у пострадавшего хорошо определяется пульс и необходимо только искусственное дыхание, то интервал между искусственными вдохами должен составлять 5 с (12 дыхательных циклов в минуту). Кроме расширения грудной клетки хорошим показателем эффективности искусственного дыхания может служить порозовение кожных покровов

и слизистых, а также выход больного из бессознательного состояния и появление у него самостоятельного дыхания. Прекращают искусственное дыхание после восстановления у пострадавшего достаточно глубокого и ритмичного самостоятельного дыхания. При остановке сердца, не теряя ни секунды, пострадавшего необходимо уложить на ровное жесткое основание (скамью, пол, в крайнем случае подложить под спину доску). Если помощь оказывает один человек, то он располагается сбоку от пострадавшего и, наклонившись, делает два быстрых энергичных вдувания способом «изо рта в рот» или «изо рта в нос», затем поднимается, оставаясь на этой же стороне от пострадавшего, ладонь одной руки кладет на нижнюю половину грудины (отступив на два пальца от ее нижнего края), а пальцы приподнимает. Ладонь второй руки он кладет поверх первой поперек или вдоль и надавливает, помогая наклоном своего корпуса. Руки при надавливании должны быть выпрямлены в локтевых суставах. Надавливание следует производить быстрыми толчками, так, чтобы смещать грудину на 4-5 см, продолжительность надавливания должна быть не более 0,5 с, а интервал между отдельными надавливаниями - 0,5 с. В паузах руки с грудины не снимают, пальцы остаются прямыми, руки полностью выпрямлены в локтевых суставах. Если оживление проводит один человек, то на каждые два вдоха он проводит 15 надавливаний на грудину. При участии в реанимации двух человек соотношение «дыхание - массаж» составляет 1:5. Во время искусственного вдоха пострадавшего выполняющий массаж сердца надавливание не производит, так как усилия, развиваемые при надавливании, значительно больше, чем при вдувании воздуха. После того как восстановится сердечная деятельность и будет хорошо определяться пульс, массаж сердца немедленно прекращают, продолжая искусственное дыхание при слабом дыхании пострадавшего и стараясь, чтобы естественный и искусственный вдохи совпали. При неэффективности реанимационных мероприятий (кожные покровы синюшно-фиолетовые, зрачки широкие, пульс на артериях во время массажа не определяется) оживление прекращают через 30 мин.

Если пострадавший в сознании, но до этого был в обмороке или находился в бессознательном состоянии с сохранившимся устойчивым дыханием и пульсом, его следует уложить на подстилку (например из одежды); расстегнуть одежду, стесняющую дыхание; согреть тело, если холодно; обеспечить прохладу, если жарко; создать полный покой, непрерывно наблюдая за пульсом и дыханием; удалить лишних людей.

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, необходимо наблюдать за его дыханием. В случае нарушения дыхания из-за западания языка, выдвинуть нижнюю челюсть вперед, взявшись пальцами за ее углы, и поддерживать ее в таком положении, пока не прекратится западание языка.

При возникновении у пострадавшего рвоты, необходимо повернуть его голову и плечи налево - для удаления рвотных масс.

Ни в коем случае нельзя позволять пострадавшему двигаться, а тем более продолжать работу, так как отсутствие видимых тяжелых повреждений от электрического тока или других причин (падения и т.п.) еще не исключает возможности последующего ухудшения его состояния. Только врач может решить вопрос о состоянии здоровья пострадавшего.

Переносить пострадавшего в другое место следует только в тех случаях, когда ему или лицу, оказывающему помощь, продолжает угрожать опасность или когда оказание помощи на месте невозможно (например, на опоре).

В случае невозможности вызова врача на место происшествия, необходимо обеспечить транспортировку пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение. Перевозить пострадавшего

можно только при удовлетворительном дыхании и устойчивом пульсе. Если состояние пострадавшего не позволяет его транспортировать, необходимо продолжать оказывать помощь.

*Первая помощь при ожогах.* При тяжелых ожогах, вызванных вольтовой дугой, электрическим током, паром или горячей мастикой и др. надо осторожно снять с пострадавшего одежду и обувь (лучше разрезать их). Нельзя касаться руками обожженного участка кожи или смазывать его какими-либо мазями, маслами, вазелином или раствором, так как ожоговая рана при загрязнении может загноиться и долго не заживать. Обожженную поверхность следует перевязать без обработки, покрыть стерильным материалом, сверху положить слой ваты и закрепить бинтом. После этого пострадавшего направляют в лечебное учреждение.

Не следует вскрывать пузыри, удалять приставшие к обожженному месту обуглившиеся вещества, отдирайте обгоревшие куски одежды, так как удаляя их, вы можете повредить кожу и тем самым создать условия для нагноения.

При ожогах глаз следует сделать пострадавшему холодные примочки из раствора борной кислоты и немедленно отправить его к врачу.

При поражении молнией оказывается та же помощь, что и при поражении электрическим током.

## **6. Безопасная эксплуатация электроустановок. Меры защиты от поражения электрическим током (Защитное заземление. Защитное зануление. Защитное отключение. Средства защиты, применяемые в электроустановках).**

Эксплуатация электроустановок должна осуществляться в строгом соответствии с действующими ТНПА-ТКП 181-2009 «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», ПУЭ, Межотраслевыми правилами по охране труда при работе в электроустановках (МПОТЭ) и другими нормативными документами.

Согласно ГОСТ 12.1.019 **электробезопасность обеспечивается следующими мерами:**

- конструкцией электроустановки;
- техническими способами и средствами защиты;
- организационными и техническими мероприятиями.

*Конструкция электроустановок* должна соответствовать условиям их эксплуатации, обеспечивать защиту персонала от опасных и вредных воздействий электрического тока и электромагнитных полей, соприкосновения с токоведущими и движущимися частями. Ограждение токоведущих частей является обязательной частью конструкции электрооборудования.

В соответствии с ГОСТ 12.2.007 *конструкции электрооборудования по способу защиты человека от поражения током подразделяются на пять классов защиты: 0; 01; I; II и III:*

**Класс 0** - электрооборудование, которое имеет рабочую изоляцию, но не имеет элементов для заземления, если это оборудование не отнесено к классам II и III;

**Класс 01** - электрооборудование, имеющее рабочую изоляцию, элемент для заземления и провод без заземляющей жилы для присоединения этого оборудования к источнику питания;

**Класс I** - электрооборудование, которое в отличие от электрооборудования класса 01 в проводе для присоединения к источнику питания имеет заземляющую жилу и вилку с заземляющим контактом;

**Класс II** - электротехническое оборудование, имеющее двойную или усиленную изоляцию, но не имеющее элементов для заземления;

**Класс III** - электрооборудование, которое не имеет ни внешних, ни внутренних электрических цепей напряжением выше 42 В.

*В соответствии с ГОСТ 14255 устанавливаются 8 степеней защиты персонала от прикосновения к токоведущим частям, попадания посторонних тел и проникновения воды.*

**Для предотвращения опасного воздействия электрического тока на человека в электроустановках применяются следующие меры защиты (ГОСТ 12.1.019.-79 ССБТ):**

- защитное заземление;
- защитное зануление;
- защитное отключение;
- выравнивание потенциала;
- защита от случайного прикосновения к токоведущим частям;
- электрическое разделение сети;
- система защитных проводов;
- двойная изоляция токоведущих частей;
- применение малых напряжений;
- контроль и профилактика поврежденной изоляции;
- компенсация емкостной составляющей тока замыкания на землю;
- средства индивидуальной защиты и др.

*Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям кроме того используют защитные оболочки, защитные ограждения (временные или стационарные), безопасное расположение токоведущих частей, изоляцию токоведущих частей (рабочая, дополнительная,*



усиленная, двойная), изоляцию рабочего места, предупредительную сигнализацию, блокировку, знаки безопасности.

Согласно ГОСТ 12.1.009 **защитное заземление** - это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением (при пробое на корпус либо по другим причинам). Оно применяется в трехфазных трехпроводных сетях с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В.

Принцип действия защитного заземления основан на снижении до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных замыканием одной из фаз на корпус электрооборудования и соответственно проходящего через тело человека тока.

*Согласно ПУЭ, для электроустановок напряжением до 1000 В при изолированной нейтрали трансформатора (генератора) сопротивление защитного заземления должно быть не более 4 Ом.*

В случае пробоя одной из фаз электросети на корпус электродвигателя благодаря защитному заземлению напряжение прикосновения, под которое может попасть человек, прикоснувшись к корпусу, значительно снижается.

На корпусе электрического двигателя появляется напряжение, равное произведению тока замыкания на землю  $I_3$  и сопротивления заземлителя  $R_3$

$$U_k = I_3 R_3$$

Ток однофазного замыкания на землю в сети напряжением до 1000 В обычно не превышает 10 А. Следовательно, напряжение прикосновения на корпусе заземленного оборудования при замыкании составит

$$U_k = 10 \cdot 4 = 40 \text{ В}$$

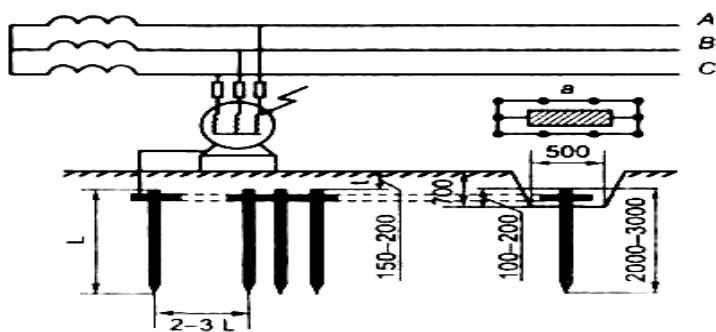
Поэтому ток  $I_ч$ , проходящий через тело человека, тем меньше, чем меньше сопротивление заземлителя.

**Защитное заземление** выполняют путем преднамеренного соединения корпусов оборудования с землей. В качестве заземляющих проводников допускается использовать **естественные заземлители** - электропроводящие части коммуникаций и сооружений производственного или иного назначения (водопроводные трубы и любые другие металлические трубопроводы, за исключением трубопроводов горючих газов, жидкостей, а также трубопроводов, покрытых изоляцией, свинцовых оболочек кабелей) и т.п.

Принципиальная схема устройства защитного заземления показана на рисунке 9.6.

К **искусственным заземлителям** относятся специальные электроды, закопанные в землю. Это могут быть стержни из угловой стали размером от

40x40 до 60x60 мм, стальные трубы диаметром 30-50 мм, полосовая сталь размером не менее 4x12 мм, стальные прутки диаметром 10-12 мм, забитые в землю вертикально и соединенные между собой под землей приваренной к ним стальной полосой.



$a$  - расположение заземлителей в плане

Рисунок 9.6 - Схема заземляющего устройства

Заземлитель каждого вида имеет свое сопротивление растеканию, которое определяется как суммарное сопротивление грунта от заземлителя до любой точки земли с нулевым потенциалом.

В качестве заземляющих проводников, соединяющих заземляемые части электроустановок с заземлителем, применяют медные, алюминиевые проводники или полосовую сталь. Заземляющие проводники прокладывают открыто, с хорошим доступом для осмотра. Они должны иметь отличительную окраску - по зеленому фону желтые полосы шириной 15 мм на расстоянии одна от другой в 150 мм. При выполнении заземления не допускается последовательное присоединение оборудования к заземлителю.

По расположению относительно корпусов электрооборудования различают два вида заземления: выносное (сосредоточенное) и контурное (распределенное).

При выносном заземлении заземлитель вынесен за пределы площадки, на которой находится электрооборудование. Это дает возможность выбрать место с наименьшим сопротивлением грунта для размещения заземлителя. Недостатком такого заземления является то, что установка и человек находятся на земле с нулевым потенциалом, и в аварийных ситуациях человек может оказаться под напряжением прикосновения, равным напряжению заземлителя. Поэтому такой

вид заземления используют только при небольшой силе тока замыкания на землю в электроустановках напряжением до 1000 В.

Более распространенным является *контурное заземление*, при котором одиночные заземлители размещены по контуру (периметру) производственной площадки. В аварийных ситуациях при таком виде заземления напряжения прикосновения и шага характеризуются небольшими значениями и, следовательно, достигается максимальная безопасность. Согласно ГОСТ 12.1.030 сопротивление заземляющего устройства нормируется и не должно превышать в любое время года нижеприведенных значений:

- 10 Ом - в стационарных сетях пожароопасных помещений с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В;
- 4 Ом - в стационарных сетях взрывоопасных помещений, помещений с повышенной опасностью и особо опасных с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В;
- 0,5 Ом - в установках напряжением выше 1000 В при большой расчетной силе тока замыкания на землю ( $I_z > 500$  А);
- $250/I_z$ , но не более 10 Ом - в установках напряжением выше 1000 В, если сила тока замыкания небольшая.

**Защитное зануление** представляет собой преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетокопроводящих частей, которые могут оказаться под напряжением (ГОСТ 12.1.009), а **нулевой защитный проводник** - это проводник, соединяющий зануляемые части с глухозаземленной нейтральной точкой обмотки источника тока или ее эквивалентом.

Этот метод защиты используют в четырехпроводных трехфазных сетях с глухозаземленной нейтралью напряжением до 1000 В, чаще в сетях 380 / 220 В и 220/127 В. Это связано с тем, что сила тока замыкания на землю в таких сетях велика и даже при нормативном значении сопротивления заземления при пробое фазы на корпус оборудования через тело человека может проходить ток значительной величины.

Принцип действия защитного зануления заключается в превращении случайного замыкания фазы на корпус в однофазное короткое замыкание (т.е. замыкание между фазным и нулевым проводами) с целью вызвать большой ток, способный обеспечить срабатывание защиты и тем самым отключить поврежденную электроустановку от источника питания.

Для снижения опасности поражения людей электрическим током в случае обрыва нулевого провода и замыкания фазы на корпус за местом обрыва необходимо повторно заземлять нулевой провод, иначе присоединенные после места обрыва к нулевому проводу корпуса электроустановок окажутся под фазным напряжением.

Занулению подлежат те же металлические нетоковедущие части электрооборудования, что и заземлению (корпуса электроустановок, трансформаторов, аппаратов, приводы электрических машин, каркасы распределительных щитов, светильников, оболочки кабелей и т.п.). В сети с занулением корпус приемника нельзя заземлять, не присоединив его к нулевому защитному проводу.

Одновременное зануление и заземление одного и того же корпуса не только не опасно, а напротив, улучшает условия безопасности, так как создает дополнительное заземление нулевого защитного провода.

**Зануление должно быть использовано в обязательном порядке в следующих случаях:**

- во всех электроустановках переменного тока напряжением 380 В и выше и установках постоянного тока напряжением выше 440 В;
- в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных помещениях и в наружных установках при напряжениях переменного тока более 42 В и постоянного выше 110 В;
- при любом напряжении постоянного и переменного тока во взрывоопасных установках.

В настоящее время в соответствии с комплексом стандартов Р50571 «Электроустановки зданий», разработанным на основе стандартов Международной электротехнической комиссии (МЭК), используют следующие обозначения систем заземления: Т-NS, Т-NC и Т-N-C-S. В этой аббревиатуре Т обозначает режим нейтрали (глухозаземленная), N - защитное зануление, S - нулевой рабочий и нулевой защитный проводники работают отдельно на всем протяжении системы, С - эти проводники объединены на всем протяжении системы, С-S - они объединены на части системы.

Измерение сопротивления заземляющего устройства производят в соответствии с ПУЭ при сдаче-приемке, после монтажа и периодически во время эксплуатации. Для этой цели используют любые приборы, например, измерители сопротивления заземления РНИ-1.1, приборы М416, М417, М372, МС-07, МС-08 и др.

Однако зануление, как, впрочем, и заземление, не защищает человека от поражения электрическим током при прямом прикосновении к токоведущим частям. Поэтому помимо зануления и других защитных мер возникает необходимость использования защитного отключения и выравнивания потенциала.

### **Защитное отключение**

На основании ГОСТ 30331.3-95 (МЭК 364-4-41-92) «Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током» следует применять в электроустановках зданий и сооружений, включая жилые и общественные здания, устройства защитного отключения (УЗО) в качестве дополнительной меры защиты от поражения электрическим током в случае прямого прикосновения к токоведущим частям либо металлическим корпусам электроустановок, оказавшихся под потенциалом относительно «земли». **Защитное отключение — это быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения электрическим током.** (ГОСТ 12.1.009)

Принцип защиты человека обеспечивается быстродействующим (0,1-0,2 с) отключением аварийного участка или всей сети при однофазном замыкании на землю или на элементы электрооборудования, нормально изолированные от земли, а также при прикосновении человека к частям, находящимся под напряжением.

Защитное отключение может служить дополнением к системам защитных заземления и зануления, а также единственным и основным средством защиты.

### **Применение УЗО является обязательным в следующих случаях:**

- для групповых линий, питающих розеточные сети, находящиеся вне помещений;
- для групповых линий, питающих розеточные сети, находящиеся в помещениях, особо опасных и с повышенной опасностью в отношении поражения электрическим током;
- для групповых линий питания светильников местного стационарного освещения при напряжении сети выше 25 В, устанавливаемых в помещениях, особо опасных и с повышенной опасностью поражения электрическим током;
- для групповых линий питания светильников общего освещения, устанавливаемых в помещениях, особо опасных и с повышенной опасностью

поражения электрическим током, при высоте установки менее 2,5 м над полом или площадкой обслуживания;

- для групповых линий, питающих розетки на столах учеников в кабинетах и лабораториях школ;
- для систем стационарного *обогрева*;
- для групповых линий мобильных (инвентарных) зданий из металла или с металлическим каркасом, предназначенных для уличной торговли, а также в передвижных и стационарных вагончиках с местами для проживания;
- для групповых линий, питающих электроприемники, монтируемые в ваннах, душевых и парильных помещениях (если они присоединены без разделительного трансформатора);
- для групповых сетей установок световой рекламы и архитектурного освещения зданий;
- в случае, когда устройство защиты от сверхтока не обеспечивает нормируемое время автоматического отключения из-за низких значений токов короткого замыкания и электроустановка не охвачена системой уравнивания электрических потенциалов.

Защитно-отключающие устройства включают следующие элементы: датчик, представляющий собой чувствительный элемент и воспринимающий входной сигнал (иногда называется фильтром); автоматический выключатель — исполнительный орган, отключающий электроустановку или участок сети при поступлении аварийного сигнала.

**Применение малых напряжений** позволяет резко снизить опасность поражения человека электрическим током особенно при проведении работ в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных помещениях и на наружных установках.

**Малое напряжение** - это номинальное напряжение не более 42 В, применяемое в целях уменьшения опасности поражения электрическим током (ГОСТ 12.1.009). В соответствии с ГОСТ 12.2.007 безопасным является переменное напряжение ниже 42 В и постоянное - ниже 110 В.

При использовании переносных электрических установок и ручного электрифицированного инструмента с целью повышения безопасности применяются напряжения 12, 36 и 42 В.

Безопасные напряжения используют для питания электроинструмента, светильников стационарного освещения, переносных ламп, т.е. в тех случаях, когда возможен длительный контакт с корпусом электрооборудования в



помещениях с повышенной опасностью или особо опасных, а также в других случаях.

*В качестве источников питания безопасным напряжением могут использоваться специальные понижающие трансформаторы с вторичным напряжением 12-42В, батареи гальванических элементов, аккумуляторы, выпрямительные установки. Применение автотрансформаторов для этих целей запрещено, поскольку первичная и вторичная обмотки автотрансформатора электрически связаны между собой.*

### **Оградительные устройства**

**Оградительные устройства** применяют для того, чтобы исключить даже случайные прикосновения к токоведущим частям электроустановок. Как правило, ограждение токоведущих частей должно предусматриваться конструкцией электрооборудования.

Оголенные провода и шины, а также приборы, аппараты, распределительные щиты и т.п., имеющие незащищенные и доступные для прикосновения токоведущие части, *помещают в специальные ящики, шкафы, камеры и другие устройства, закрываемые сплошными или сетчатыми ограждениями*. Особенно это важно для электроустановок напряжением выше 1000 В, так как в этом случае опасно даже приближение к токоведущим частям независимо от того, изолированы они или нет.

*Сплошные ограждения в виде кожухов и крышек (оболочки)* применяют в электроустановках напряжением до 1000 В, расположенных в производственных (неэлектротехнических) помещениях. Сетчатые ограждения с размером ячеек 25x25 мм используют в электроустановках с напряжением выше 1000 В и доступных лишь квалифицированному электротехническому персоналу. *Сетчатые ограждения должны иметь двери, запираемые на замок и снабженные электрическими и механическими блокировками.*

В тех случаях, когда изоляция и ограждение токоведущих частей оказываются невозможными или нецелесообразными (например, воздушные линии электропередачи высокого напряжения), их размещают на недоступной для прикосновения высоте.

*Внутри производственных помещений неогражденные голые токоведущие части прокладывают на высоте не менее 3,5 м от пола.*



## **Предупредительная сигнализация, блокировка и знаки безопасности, плакаты**

Блокировки, предупредительная сигнализация, знаки безопасности широко используются в электроустановках.

Блокировка электротехнического изделия по ГОСТ 18311 — часть электротехнического изделия, предназначенная для предотвращения или ограничения выполнения операций одними частями изделия при определенных состояниях или положениях других частей изделия в целях предупреждения возникновения в нем недопустимых состояний или исключения доступа к его частям, находящимся под напряжением.

*Блокировки бывают механическими, электрическими, электромагнитными и др.* Они обеспечивают снятие напряжения с токоведущих частей при попытке проникнуть к ним при открывании ограждения без снятия напряжения. Блокировка защищает от поражения электрическим током путем автоматического разрыва электрической цепи перед тем, как человек может оказаться под напряжением..

Предупредительная сигнализация обычно используется в сочетании с другими мерами защиты. Сигнализация может быть световой и звуковой. Для световых сигналов применяют цвета в соответствии с ГОСТ 12.2.007;

- красный - для запрещающих и аварийных сигналов, а также для предупреждения о перегрузках, неправильных действиях, опасности и т.д.;
- желтый — для привлечения внимания (о достижении предельных значений, о переходе на автоматическую работу и т.п.);
- зеленый - для сигнализации безопасности (нормальный режим работы, разрешение на начало действия и т.п.);
- белый — для обозначения включенного состояния выключателя (когда нерационально применение красного, желтого и зеленого цветов);
- синий - в специальных случаях, когда не могут быть применены остальные цвета.

Сигнальные лампы и светосигнальные аппараты должны обеспечиваться знаками или надписями, указывающими значения сигналов (например, «Включено», «Отключено», «Нагрев» и т.п.).

Кроме того, для профилактики электротравматизма дополнительно используются знаки безопасности по ГОСТ 12.4-026 и предупредительные плакаты, которые делятся на четыре группы: предупреждающие

(предостерегающие) знаки и плакаты, а также плакаты запрещающие, предписывающие и указательные (напоминающие) (рис. 9.7).



| У К А З А Т Е Л Ь Н Ы Е                                |  |   |   |   |                  |
|--|--|---|---|---|------------------|
|  |  |   |   |   |                  |
| КНОПКА ВКЛЮЧЕНИЯ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ            | СИГНАЛЬНО-ЗВУКОВОЕ УСТРОЙСТВО                                      | ТЕЛЕФОН ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ПОЖАРЕ                              | МЕСТО РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЖАРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ | ПОЖАРНЫЙ СУХОТРУБНЫЙ СТОЯК  | ПОЖАРНЫЙ ГИДРАНТ |
|  |  |   |   |   |                  |
| ОГНЕТУШИТЕЛЬ   | ПОЖАРНЫЙ КРАН  | ПОЖАРНАЯ ЛЕСТНИЦА   | ПОЖАРНЫЙ ВОДОСТОЧНИК                    | НАПРАВЛЕНИЕ К МЕСТУ НАХОЖДЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ И ОБОРУДОВАНИЯ, ТСПК  |                  |
|  |  |   |   |   |                  |
| НАПРАВЛЕНИЕ К ЭВАКУАЦИОННОМУ ВЫХОДУ                    | НАПРАВЛЕНИЕ К ЭВАКУАЦИОННОМУ ВЫХОДУ (ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ ВВЕРХ) | НАПРАВЛЕНИЕ К ЭВАКУАЦИОННОМУ ВЫХОДУ (ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ ВНИЗ) | ЭВАКУАЦИОННЫЙ (ЗАПАСНЫЙ) ВЫХОД          | НАПРАВЛЕНИЕ ЭВАКУАЦИИ (ИСПОЛЬЗУЕТСЯ СОВМЕСТНО СО ЗНАКОМ «ЭВАКУАЦИОННЫЙ ВЫХОД» ДЛЯ ОБЪЯСНЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ К ЭВАКУАЦИОННОМУ ВЫХОДУ) |                  |
|  |  |   |   |   |                  |
| НАПРАВЛЕНИЕ К ЭВАКУАЦИОННОМУ ВЫХОДУ (ПО ЛЕСТНИЦЕ ВНИЗ) | НАПРАВЛЕНИЕ К ЭВАКУАЦИОННОМУ ВЫХОДУ (ПО ЛЕСТНИЦЕ ВВЕРХ)            | ДВЕРЬ ЭВАКУАЦИОННОГО ВЫХОДА                                       |   | РАЗБЕЙ СТЕКЛО   | МЕСТО КУРЕНИЯ    |

**Электрозащитные средства** представляют собой переносимые и перевозимые изделия, служащие для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги и электромагнитного поля (ГОСТ 12.1.009).



По назначению электрозащитные средства условно делятся на изолирующие, ограждающие и вспомогательные.

**Изолирующие защитные средства** служат для изоляции человека от токоведущих частей и от земли (рисунок 9.8) и подразделяются, в свою очередь, на **основные** и **дополнительные** электрозащитные средства

*Основные средства* способны надежно выдерживать рабочее напряжение электроустановки и допускают касание токоведущих частей, находящихся под напряжением. В электроустановках напряжением выше 1000 В к основным изолирующим защитным средствам относятся изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, указатели напряжения для фазировки, изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ (изолирующие лестницы, площадки, тяги, канаты, корзины телескопических вышек и др.).

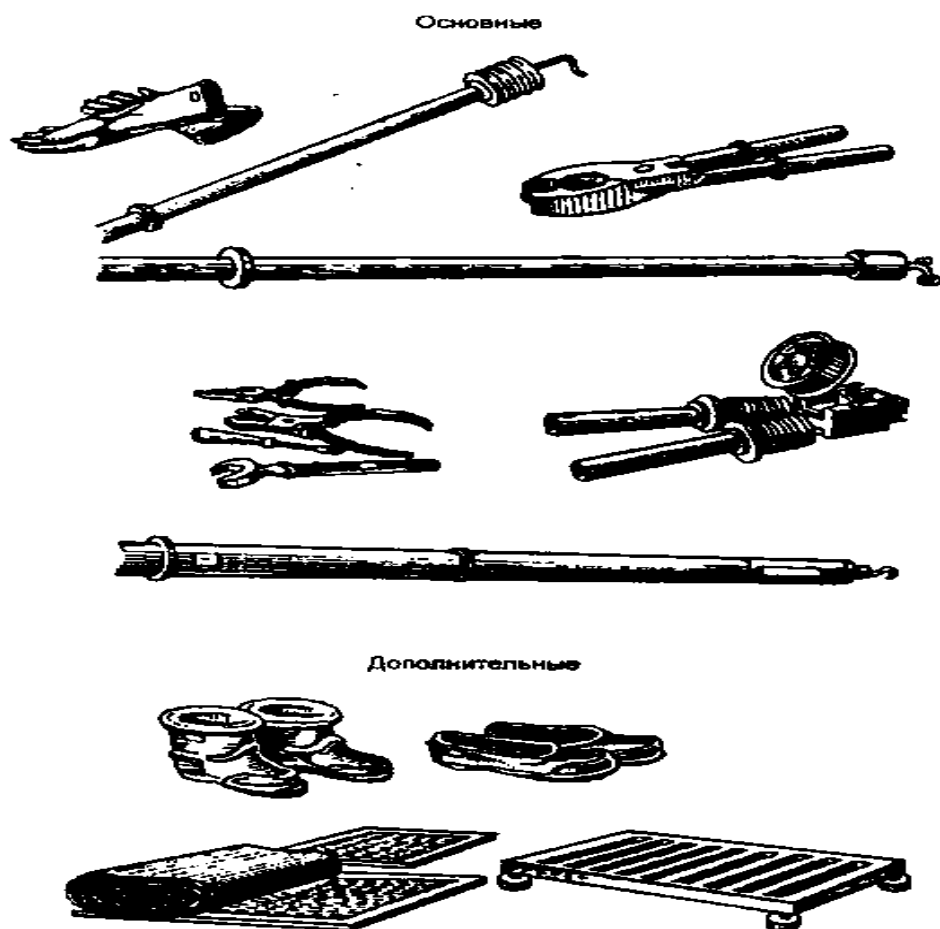


Рисунок 9.8 - Изолирующие защитные средства

**В электроустановках напряжением до 1000 В основными электрозащитными средствами являются изолирующие штанги, изолирующие**

**и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, диэлектрические перчатки, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками.**

*Дополнительные электрозащитные средства* - это такие средства защиты, которые при данном напряжении не могут обеспечить защиту от поражения током, поэтому их применяют совместно с основными электрозащитными средствами.

*К дополнительным электрозащитным средствам в электроустановках напряжением до 1000 В относятся:* диэлектрические галоши и ковры, переносные заземления, изолирующие подставки; в электроустановках напряжением выше 1000 В применяются диэлектрические перчатки, боты и ковры, индивидуальные экранирующие комплекты, изолирующие подставки и накладки, диэлектрические колпаки, переносные заземления, оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности.

Защитные средства следует подвергать эксплуатационным, периодическим и внеочередным (после ремонта) испытаниям. Результаты электрических и механических испытаний заносят в лабораторный журнал. Нормы и сроки электрических и механических испытаний установлены в зависимости от вида электрозащитного средства, рабочего напряжения и типа испытаний.

***Перед каждым использованием защитного средства персонал обязан:***

- проверить исправность и отсутствие внешних повреждений, очистить и обтереть от пыли; резиновые перчатки проверить на отсутствие проколов;
- проверить по штампу, на какое напряжение рассчитано данное средство и не истек ли срок его периодического испытания. Не допускается использование защитных средств с истекшим сроком испытания.

***К ограждающим защитным средствам*** относятся различные переносные ограждения, предназначенные для временного ограждения токоведущих частей, и таким образом предотвращающие возможность прикосновения к ним.

Инструмент, приспособления и устройства, для защиты электротехнического персонала от падения с высоты (предохранительные пояса, страхующие канаты и др.), от световых, тепловых или химических воздействий (защитные очки, респираторы, противогазы, брезентовые рукавицы и др.); от шума (противошумные наушники, шлемы, вкладыши и др.), а также для безопасного подъема на опоры (монтерские когти, лазы для подъема на

бетонные опоры и т. п.) и др. представляют группу *вспомогательных защитных средств*.

Все приборы, аппараты и приспособления, применяемые в качестве защитных средств, должны быть только заводского изготовления, выполнены и испытаны в соответствии с действующими нормативно-техническими документами.

## **7. Требования к работающим в электроустановках. Группы по электробезопасности**

Эксплуатацию электроустановок должен осуществлять специально подготовленный электротехнический персонал.

Электротехнический персонал организации подразделяется на:

*административно-технический*, организующий и принимающий непосредственное участие в оперативных переключениях, ремонтных, монтажных и наладочных работах в электроустановках. Этот персонал имеет права оперативного, ремонтного или оперативно-ремонтного;

*оперативный*, осуществляющий оперативное управление электрохозяйством организации, структурного подразделения, а также оперативное обслуживание электроустановок (осмотр, проведение работ в порядке текущей эксплуатации, проведение оперативных переключений, подготовку рабочего места, допуск и надзор за работающими);

*ремонтный*, выполняющий все виды работ по ремонту, реконструкции и монтажу электрооборудования. К этой категории относится также персонал специализированных служб (испытательных лабораторий, служб автоматики и контрольно-измерительных приборов и так далее), в обязанности которого входит проведение испытаний, измерений, наладки и регулировки электроаппаратуры и тому подобное;

*оперативно-ремонтный* - ремонтный персонал, специально обученный и подготовленный для выполнения оперативных работ на закрепленных за ним установках.

**К электротехническому персоналу, имеющему группу по электробезопасности II-V включительно, предъявляются следующие требования:**

- лица, не достигшие 18-летнего возраста, не могут быть допущены к самостоятельным работам в электроустановках;

- лица из электротехнического персонала не должны иметь увечий и болезней (стойкой формы), мешающих работе в электроустановках;
- лица из электротехнического персонала после соответствующей теоретической и практической подготовки должны пройти проверку знаний по вопросам охраны труда в объеме требований, определяемых профессией и занимаемой должностью, и иметь удостоверение о проверке знаний по охране труда при работе в электроустановках (далее - удостоверение). При отсутствии удостоверения либо при наличии удостоверения с истекшим сроком проверки знаний, а также при непрохождении в установленный срок медицинского осмотра работник к работе не допускается.

Работающие, выполняющие работы в электроустановках, должны проходить предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в соответствии с постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 8 августа 2000 г. № 33 «О Порядке проведения обязательных медицинских осмотров работников».

До назначения на самостоятельную работу или при переходе на другую работу (должность), связанную с эксплуатацией электроустановок, а также при перерыве в работе в качестве электротехнического персонала свыше 1 года обязательно производственное обучение на новом месте работы.

По окончании производственного обучения работающий обязан пройти проверку знаний по вопросам охраны труда в комиссии организации и ему должна быть присвоена соответствующая группа по электробезопасности (II-V) электротехнического (электротехнологического) персонала.

После проверки знаний лица из оперативного и оперативно-ремонтного персонала должны пройти стажировку на рабочем месте продолжительностью не менее двенадцати рабочих дней под руководством опытного работника, после чего они могут быть допущены к самостоятельной оперативной работе. Допуск к стажировке и самостоятельной работе осуществляется для специалистов распоряжением по организации, для рабочих — распоряжением по структурному подразделению.

Лица, обладающие правом проведения работ, к которым предъявляются специальные требования по охране труда, должны иметь об этом запись в удостоверении.



Перечень работ, к которым предъявляются специальные требования по охране труда, составляется и утверждается работодателем с учетом требований нормативных правовых актов.

***Периодическая проверка знаний по вопросам охраны труда должна производиться в следующие сроки:***

1 раз в год - для электротехнического персонала, непосредственно обслуживающего действующие электроустановки или производящего в них наладочные, электромонтажные, ремонтные работы или профилактические испытания, а также для персонала, оформляющего наряды, распоряжения и организующего эти работы;

1 раз в 3 года - для инженерно-технических работников, не относящихся к предыдущей группе.

### **Группы по электробезопасности**

По окончании производственного обучения по утвержденной программе работающий обязан пройти проверку знаний по вопросам охраны труда в комиссии организации и ему должна быть присвоена соответствующая группа по электробезопасности (II-V) электротехнического (электротехнологического) персонала согласно приложению 3 к Межотраслевым правилам по охране труда при работе в электроустановках. В данном приложении «Группы по электробезопасности электротехнического (электротехнологического) персонала» приведена характеристика персонала, имеющего группы по электробезопасности II - V, учитывающая стаж работы в электроустановках и устанавливающая требования к персоналу соответствующей группы по электробезопасности.

**Неэлектротехническому персоналу, связанному с работой,** при выполнении которой может возникнуть опасность поражения электрическим током, присваивается группа по электробезопасности I. Перечень профессий (должностей) такого персонала утверждает руководитель организации.

Группа по электробезопасности I присваивается с оформлением в журнале учета проверки знаний нормативных правовых актов по охране труда при работе в электроустановках по форме согласно приложению 4 к Межотраслевым правилам по охране труда при работе в электроустановках. Удостоверение персоналу не выдается.

Присвоение группы по электробезопасности I производится путем проведения инструктажа, который, как правило, должен завершаться проверкой

знаний в форме устного опроса и (при необходимости) проверкой приобретенных навыков безопасных способов работы или оказания первой помощи при поражении электрическим током. Присвоение группы по электробезопасности I проводит лицо, ответственное за электрохозяйство организации (структурного подразделения), или по его письменному указанию лицо электротехнического персонала, имеющее группу по электробезопасности не ниже III.

*Ответственность за своевременную проверку знаний у неэлектротехнического персонала с группой по электробезопасности I несут руководители структурных подразделений организаций.*