

## Электробезопасность.

Основные причины поражения человека электрическим током:

- Нарушение изоляции или потеря изолирующих свойств;
- Непосредственное прикосновение или опасное приближение к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- Несогласованность действий.

Действие электрического тока на живую ткань носит разносторонний и своеобразный характер, их несколько:

1. Термическое действие: возможны ожоги отдельных участков тела, нагрев до высоких температур кровеносных сосудов, нервов, сердца, мозга и других органов, что вызывает в них серьезные функциональные изменения. Согласно закону Джоуля-Ленца количество выделившейся теплоты прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению тела человека и времени воздействия.
2. Электролитическое действие выражается в распаде молекул крови и лимфы на ионы. Изменяется физико-химический состав этих жидкостей, что приводит к нарушению жизненного процесса.
3. Механическое действие тока приводит к расслоению, разрыву тканей организма в результате электродинамического эффекта, а также мгновенного взрывоподобного образования пара из тканевой жидкости и крови.
4. Биологическое действие – возбуждение живых тканей, вызывающее судорожное сокращение и нарушение внутренних биоэлектрических процессов.

Различают два вида поражения:

1. Местные электротравмы, вызывающие локальные повреждения организма.

1. Электрический ожог – самая распространенная электротравма:

два типа – токовый (или контактный), возникающий при прохождении тока через тело человека в результате контакта с токоведущими частями, контактный ожог чаще всего возникает при напряжении не более 2000 Вольт;

– дуговой ожог возможен при различном напряжении. В результате электродугового поражения при прохождении через тело человека возможен летальный исход.

2. Электрические знаки – резко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета на поверхности тела человека, подвергшегося действию электрического тока.

3. Металлизация кожи возникает в случае проникновения в верхние слои кожи мельчайших частичек металла, расплавившегося под действием электрической дуги.

4. Механические повреждения – следствие резких произвольных сокращений мышц под действием тока (разрыв сухожилий, кожи, сосудов, иногда возможны вывихи и переломы).

5. Электроофтальмия – воспаление роговицы и конъюнктивы глаза под действием ультрафиолетовых лучей от электрической дуги.

II. Общие электротравмы приводят к поражению всего организма, они делятся на четыре степени:

I – судорожные сокращения мышц;

II – судорожные сокращения мышц с потерей сознания;

III – потеря сознания с нарушением функций дыхания и сердечной деятельности;

IV – клиническая смерть (отрезок времени с момента остановки сердца и дыхания до начала гибели клеток головного мозга порядка 4 – 6 минут, в этот период человеку можно оказать помощь)

Факторы, влияющие на опасность поражения током:

1. Основным поражающим фактором является сила тока, чем больше ток, тем опаснее его воздействие.

Для характеристики воздействия установлены три пороговых значения:

✓ Пороговый осязаемый ток 0,5 – 1,5 мА для переменного тока 50 Гц и 5 – 7 мА для постоянного – минимальная величина тока, вызывающего болевые ощущения (зуд, покалывание).

✓ Пороговый не отпускающий 8 – 16 мА 50 Гц и 50 – 70 мА 0 Гц – минимальная величина тока, при которой судорожное сокращение мышц руки не позволяет человеку самостоятельно освободиться от токоведущих частей.

✓ Пороговый фибрилляционный 100 мА 50 Гц и 300 мА 0 Гц – вызывает фибрилляцию сердца – хаотические разновременные сокращения сердечной мышцы, при которых прекращается кровообращение.

2. Сопротивление тела человека складывается из сопротивления кожи и внутренних органов, при чем:

$R_{\text{кожи}} = 3000 - 20\,000 \text{ Ом}$ ,

внутренних органов  $R_{\text{вн}} = 500 - 700 \text{ Ом}$ ,

$R_{\text{ч}} = 2R_{\text{н}} + R_{\text{в}}$

Сопротивление кожи зависит от ее состояния: сухая – влажная, нет ли повреждений, загрязнений, времени и плотности контакта.

3. Длительность воздействия.

4. Путь, род и частота тока.

5. Индивидуальные особенности человека (возраст, психологические, физические).

6. Условия окружающей среды.

Классификация помещений по степени опасности электропоражений.

Безопасность обслуживания электрооборудования зависит от факторов окружающей его среды. С учетом этих факторов все помещения делятся на три класса:

1. Первый – без повышенной опасности (сухие, без пыли, с нормальной температурой, с изолирующими полами, влажность до 70%).

2. Второй – помещения с повышенной опасностью характеризуются одним из следующих признаков: относительная влажность  $> 75\%$ , наличие токопроводящей

пыли, наличие токопроводящих полов, высокая температура воздуха ( $> 30$ , периодически  $> 35$  и кратковременно  $> 40$ ), возможность одновременного прикосновения человека к металлическим частям электроустановок и к металлоконструкциям, соединенным с землей.

3. Третий – помещения особо опасные: наличие влажности близкой к 100%, наличие химической агрессивной среды, наличие одновременно двух и более признаков помещений с повышенной опасностью.

Электроустановки классифицируют по напряжению на две группы:

I. Электроустановки с номинальным напряжением до 1000 В.

II. Электроустановки с напряжением свыше 1000 В.

Электротехнические изделия по способу защиты человека от поражения электрическим током делят на пять классов: 0; 01; I; II, III.

Класс 0 – изделия с номинальным напряжением более 42 В с рабочей изоляцией и не имеющие приспособлений для заземления или зануления (бытовые приборы).

Класс 01 – изделия с рабочей изоляцией и элементом заземления (зануления).

Класс I – изделия с рабочей изоляцией, элементом заземления и проводом питания с заземляющей (зануляющей) шиной.

Класс II – изделия, имеющие у всех доступных прикосновению частей двойную или усиленную изоляцию.

Класс III – изделия без внутренних и внешних электрических цепей с напряжением выше 42 В.

Поражение током является следствием одновременного прикосновения человека к двум точкам электрической цепи, между которыми существует разность потенциалов. Опасность такого прикосновения зависит от особенностей цепи и схемы включения в нее человека, определив силу тока с учетом этих факторов, можно с большой степенью точности выбрать защитные меры.

Возможные схемы включения человека в электрическую цепь:

1. Двухфазное включение – более опасное, чем однофазное, т.к. к телу прикладывается наибольшее в данной сети напряжение – линейное:  $J = U_{л}/R_{ч}$ ,

где  $U_{л}$  – линейное напряжение (В);

$R_{ч}$  – сопротивление тела человека (Ом), при расчетах принимают 1000 Ом.

2. Однофазное включение – на ток, проходящий через человека, влияют различные факторы, что снижает опасность поражения:  $J_{ч} = U/(2R_{ч} + r)$ ,

где  $U$  – напряжение в сети (В);

$r$  – сопротивление изоляции (Ом).

Или:  $J_{ч} = U/R_0$ ;  $R_0$  – сопротивление обуви; сопротивление пола; сопротивление изоляции проводов; сопротивление тела человека.

Напряжение прикосновения – возникает в результате касания находящихся под напряжением электроустановок.

$$U_{пр} = \frac{I_{з} * \rho}{2\pi l} * \left( \ln \frac{4l}{d} - \ln \frac{l + \sqrt{x^2 + l^2}}{x} \right) * \alpha,$$

где  $I_{з}$  – сила тока замыкания на землю (А);

$\rho$  – удельное сопротивление основания пола (Ом \* м);

$l$  и  $d$  – длина и диаметр заземлителя (м);

$x$  – расстояние от человека до точки заземления (м);

$\alpha$  – коэффициент напряжения прикосновения.

Шаговое напряжение – напряжение на тело человека при положении ног в точках поля растекания тока с заземлителем или от упавшего на землю провода.

При движении человека к источнику электрического поля или от него длину шага принимают в расчетах равную 0,8 м.

Максимальное значение напряжения в точке замыкания электрического тока на землю и по мере удаления от нее снижается. Считается, что на расстоянии 20 м от места замыкания потенциал равен нулю.

$$U_{\text{ш}} = \frac{I_{\text{з}} * \rho * a}{2\pi * x * (x + a)}$$

$x$  – расстояние человека от точки замыкания;

$a$  – длина шага;

$\rho$  – удельное сопротивление грунта.

Следовательно, выходить из зоны действия напряжения необходимо как можно более короткими шагами.

Защитные меры от поражения электрическим током:

- 1) Организационные мероприятия
  - Подбор персонала;
  - Обучение правилам электробезопасности, проведение аттестаций;
  - Назначение ответственных лиц;
  - Проведение периодических осмотров, измерений и испытаний электрооборудования.
- 2) Применение индивидуальных защитных средств
  - Основные изолирующие защитные средства (диэлектрические перчатки, изолированный инструмент);
  - Дополнительные защитные средства (диэлектрические коврики и подставки);
  - Вспомогательные приспособления (экраны, монтерские и т.д.).
- 3) Технические мероприятия
  - Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением.

По правилам заземляют все электроустановки, работающие при номинальном напряжении переменного тока более 50 В и постоянного более 120 В (кроме светильников, подвешенных в помещении без повышенной опасности на высоте не менее 2 м).

В качестве искусственных заземлителей применяют заглубленные в землю стальные трубы, уголки, штыри. К естественным можно отнести уложенные в землю водопроводные и канализационные трубы, кабели с металлической оболочкой.

Принцип действия заземления – снижение до безопасных значений напряжений прикосновения или шага в случае замыкания тока на металлические корпуса электрооборудования.

Учитывая, что сопротивление тела человека намного больше сопротивления заземляющего устройства, основной ток в случае замыкания пройдет через заземлитель.

Есть недостатки:

1. Часть тока пройдет через тело человека.
2. В случае нарушения в цепи заземляющего устройства опасность поражения током резко возрастает. По нормам сопротивление заземляющего устройства проверяют не реже 1 раза в год, в особо опасных помещениях – не реже 1 раза в квартал.

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

Принцип действия защитного зануления заключается в превращении замыкания на корпус в однофазное замыкание (между фазным и нулевым защитным проводником) с целью создания большого тока, способного обеспечить срабатывание защитного отключающего устройства (предохранители, магнитные пускатели с тепловой защитой и пр.).

Для обеспечения автоматического отключения аварийного оборудования сопротивление сети короткого замыкания должно быть небольшим (около 2 ом).

Недостатки – лишение защиты электропотребителей при обрыве нулевого провода.

Защитное отключение – быстродействующее отключение электроустановок (до 1000 В) при возникновении в ней опасного поражения электрическим током.

Время срабатывания УЗО не превышает 0,03 ... 0,04 с.

При уменьшении времени протекания тока через человека снижается опасность.