**Основы электробезопасности**

**Основные понятия**

Слово “электричество” произошло от греческого слова elektron (янтарь).

Одно из определений электрического тока, это упорядоченное движение заряженных частиц.

Сила тока (I) определяется количеством электричества (заряда), которое проходит за единицу времени через площадь сечения проводника:

I = q/t (для постоянного тока), (7)

где q - заряд; t - время.

В 1948 году, на IX Международной конференции по мерам и весам, за единицу силы тока принят ампер (А), по имени французского учёного Андре Ампера (1775-1836).

Приняв I = 1 А, а t = 1 с, получим единицу количества электричества в 1 кулон (К), названную по имени французского физика Шарля Кулона (1736-1806).

Электрическое напряжение (U) – это разность потенциалов между двумя точками электрической цепи, это работа, которая совершается при прохождении по участку цепи электрического заряда.

За единицу напряжения принят 1 вольт (В), получившую название в честь итальянского учёного Алессандро Вольта (1745-1827).

Высокое напряжение опасно, например, высоковольтная линия электропередачи (100 кВ) и земля создают условия (разность потенциалов), где может быть совершена работа в 100 кДж, что сравнимо с падением груза в 1000 кг с высоты 10 м.

Сопротивление (R) - физическая величина проводника, характеризующая противодействие электрической цепи прохождению электрического тока:

R = U/I. (8)

При U = 1 В и I = 1 А, сопротивление принимается равным 1 Ом. Единица получила своё название в честь немецкого физика Георга Ома (1787-1854).

Работа электрического тока (А) определяется по формуле:

А = U \* I \* t = U \* q. (9)

Мощностью электрического тока (P) называется работа, совершённая за единицу времени:

P = A/t = (U \* I \* t)/t = U \* I. (10)

Мощность принято обозначать в ваттах (Вт) в честь английского изобретателя Джеймса Уатта:

1 Вт = 1 В \* 1 А.

Например, мощность электролампы возможна 100 Вт, электроплиты 500 Вт или 1 кВт, мощность электровоза возможна 4000 кВт и более.

**Действие электрического тока на человека**

В сравнении с другими опасностями, электрический ток отличается тем, что человек не может его обнаружить заранее с помощью органов чувств (анализаторов).

Начало практического использование электрического тока связано с открытием в 1802 году русским физиком В. Петровым (1761-1834) электрической дуги.

Уже в 1862 году появились первые сообщения о поражении человека электрическим током. В настоящее время электроток не только добрый помощник человеку, но и причина пожаров, взрывов и других чрезвычайных ситуаций. Ежегодно в мире от электротока погибает примерно до 25 и более тысяч человек.

Количество электротравм на производстве сравнительно невелико (2-3%) от общего количества производственных травм. Однако с летальным исходом они составляют 12-15% от общего количества смертельных травм. Статистика показывает, что электротравматизм находится в непосредственной зависимости от уровня организации эксплуатации электрохозяйства предприятия.

Электротравмы происходят по следующим причинам:

· организационные (нарушение требований правил и инструкций, недостатки в обучении персонала);

· технические (ухудшения электрической изоляции, отсутствие ограждений, сигнализации и блокировки, дефекты монтажа и др.);

· психофизиологические (переутомление, несоответствие психофизиологических показаний данной профессии и др.).

Виды травм, связанных с воздействием электрической энергии на человека, могут быть различны по тяжести и зависят от ряда факторов, в том числе от физического состояния живого организма, эмоционального и физического напряжения, рода и частоты электротока, пути протекания электротока, схемы включения тела человека в электросеть. Проходя через организм человека, электрический ток оказывает термическое, электролитическое и биологическое действия в организме.

Биологическое действие тока на тело человека проявляется раздражением и возбуждением живых тканей, что сопровождается непроизвольным судорожным сокращением мышц лёгких и сердца. Это ответные реакции организма, которые обусловлены нарушением биоэлектрических процессов, протекающих в организме человека. Раздражающее действие тока на ткани организма может быть прямым или непрямым. Прямое действие обусловлено прохождением тока непосредственно через ткани, испытывающие раздражение. Непрямое, или рефлекторное, действие проявляется в возбуждении тканей, по которым ток не протекает.

Поражение человека электротоком бывает двух видов:

1. В виде электротравм, которые могут быть в виде местного повреждения тканей человека, ожогов кожи, механических повреждений, ослеплении электродугой (электроофтальмия), ожога электродугой (температура более 3500оС). Возможны переломы костей из-за сильного сокращения мышц под действием электротока. В местах воздействия электрического тока остаются характерные пятна на коже жёлтого или серого цвета;

2. В виде электроударов, которые возникают при прохождении электротока через тело человека. При этом изменяется состав крови, возможны разрывы мышц и нервов, приводящие к параличам. По тяжести электроудары подразделяются на 4 степени:

а) 1 степень - судороги;

б) 2 степень - судороги с потерей сознания;

в) 3 степень - потеря сознания с нарушением сердечной деятельности;

г) 4 степень - клиническая смерть (отсутствует дыхание и сердечная деятельность).

Условно безопасными, т.е. в течение нескольких часов не ощущающиеся и не наносящие вред человеку, считаются электротоки:

· постоянные, с силой до 100 мкА;

· переменные (50 Гц), с силой до 50 мкА.

Порог ощутимости электротока принят:

· для постоянного, с силой примерно 5-7 мА (ощущение тепла);

· для переменного (50 Гц), с силой примерно 1 мА (ощущение покалывания).

Неотпускающий электроток, сопровождаемый ощущением боли и вызывающий судорожное сокращение мышц, возникает:

· для постоянного, при силе 50-80 мА;

· для переменного (50 Гц), при силе 10-15 мА.

Электроток, приводящий к остановке сердца, называют фибрилляционным.

Клиническую смерть вызывает постоянный электроток силой 90–100 мА. Переменный ток силой 100 мА может вызвать остановку сердца и паралич дыхания при продолжительности воздействия более 3-х секунд. Переменный электроток силой более 300 мА вызывает паралич дыхания и сердца при длительности воздействия более 0,1 секунды.

Кратковременное воздействие переменного тока с частотой более 500 кГц не сопровождается электроударом (не вызывает остановку работы сердца и лёгких), но приводит к электротравмам.

Постоянный электроток чаще вызывает ожоги и приводит к смертельному исходу. Наиболее опасен переменный ток с частотой 20-100 Гц, ток с частотой менее 20 Гц и более 100 Гц представляет меньшую опасность.

Угроза поражения электрическим током возрастает с увеличением продолжительности его воздействия на человека. Сопротивление тела человека протеканию электротока уже через 30 секунд уменьшается примерно на 25%, а через 90 секунд – на 70%.

Воздействие электротока зависит от точки прикосновения, т.е. от сопротивления участка кожи. В среднем расчётное сопротивление человека принято считать равным 1000 Ом, но язык, например, имеет сопротивление до 100 Ом, а ороговевшие участки кожи могут иметь 10 и более кОм. На коже человека есть очень чувствительные точки - электрорецепторы, имеющие сопротивление менее 100 Ом.

Максимальной чувствительностью обладает спинной мозг, имеющий сопротивление не более 0,5 Ом.

Воздействие электротока индивидуально:

1. Порог ощущения электротока у женщин на 30, а у детей на 50% ниже, чем у мужчин;

2. Для одного человека электроток может быть уже неотпускающим (судорожное сокращение мышц кистей рук), а для другого только слабо ощутимым;

3. Люди с большей массой тела и лучшей физической подготовкой переносят воздействие электротока легче;

4. Больные (особенно с нервными расстройствами, кожными и сердечно-сосудистыми заболеваниями) переносят воздействие электротока тяжелее;

5. Повышенная чувствительность к электротоку отмечается при утомлении и в состоянии опьянения;

6. Чем более сосредоточен и внимателен человек в момент воздействия электротока, тем меньше он пострадает, так как такое состояние способствует упорядочению внутренних биологических полей и, соответственно, разрушить их сложнее.

**Возможные схемы поражения человека электротоком**

Поражение человека электротоком зависит от пути прохождения, вида тока (постоянный или переменный), силы и точки соприкосновения (сопротивления).

Очень опасные, но встречаются редко, следующие схемы включения человека в электросеть:

1. Двухфазное включение: петля “голова-руки”. При этом электроток проходит через жизненно важные органы человека: головной мозг, сердце и лёгкие;

2. Однофазное включение с глухозаземленной нейтралью: петля “голова-ноги”. В этом случае электроток проходит через всё тело человека, поражая жизненно важные органы.

Менее опасные схемы включения, но встречающиеся чаще, следующие:

1. Однофазное включение: петля “рука-ноги”. Статистически до 87% от всех электротравм;

2. Двухфазное включение: петля “рука-рука”. Электроток проходит через грудную клетку человека. Поражаются сердце и лёгкие;

3. При контакте электрического проводника с землёй, при пробое изоляции на землю в электрической установке, а также в местах расположения заземления или грозозащитного устройства, поверхность земли может оказаться под электрическим напряжением. Возникает, так называемое, шаговое напряжение для двух точек, расположенных на разных расстояниях от места касания проводника и земли. Возникает петля “нога – нога”.

Поражение человека от электротока зависит и от внешних условий. Так, например, помещения в зависимости от электроопасности подразделяются на:

1. Особо опасные:

· большая сырость (относительная влажность около 100%);

· наличие химически активных паров (разрушается электроизоляция);

· наличие 2-х и более опасных факторов (сырость, высокая температура, токопроводящий пол и т.п.);

2. Повышенно опасные:

· сырость (относительная влажность более 75%);

· высокая температура (более +35оС);

· токопроводящий пол (земля, металл);

3. Безопасные - сухие вспомогательные помещения, жилые помещения.

В настоящее время в рабочих помещениях зачастую организуется возможность приготовления и приёма пищи, соответственно целесообразно учитывать возможность поражения человека электротоком в следующих случаях:

· одновременно коснуться розетки (или проводника) с неисправным корпусом (старой изоляцией) и батареи центрального отопления;

· при попытке набрать воды из крана, например, в электрочайник, включенный в сеть (или помыть под краном включенный электроприбор).

Обеспечение безопасности при работе с электротоком

Электробезопасность обеспечивается соблюдением ряда условий. При этом необходимо:

1. Учитывать требования нормативной документации.

Так, например, согласно ГОСТ 12.1.038-82, при выборе и расчёте технических устройств и других средств защиты, учитываются три основных параметра: сила тока, протекающего через тело человека, напряжение прикосновения и длительность протекания тока.

Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТ Р М-016-01; РД 153-34.0-03.150-00) регулируют такие вопросы как, требования к персоналу, оформление документов, испытания и др. Например:

- при обслуживании электроустановок с напряжением свыше 1000 В единоличная работа разрешена работнику имеющему 4 группу по электробезопасности, такую же группу должен иметь старший по смене, остальные работники могут иметь 3 группу;

- при обслуживании электроустановок с напряжением до 1000 В допускается 3 группа по электробезопасности.

Технические требования к электроустановкам изложены в «Правилах устройства электроустановок (ПУЭ)», утвержденных приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 8 июля 2002 года № 204.

2. Применять средства индивидуальной защиты.

Электрозащитные средства подразделяются на основные и дополнительные.

Основными называются такие средства, изоляция которых надёжно выдерживает рабочее напряжение электроустановки. При использовании этих средств допускается прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением. К основным электрозащитным средствам при работе с электроустановками напряжением до 1000 В относятся: изолирующие клещи, указатели напряжения, диэлектрические перчатки и монтёрский инструмент с изолирующими ручками.

Дополнительными называются такие изолирующие средства, которые сами по себе не могут обеспечить безопасности от поражения током. Они являются дополнительной мерой защиты к основным защитным средствам. К дополнительным защитным средствам относятся в электроустановках:

- до 1000 В - диэлектрические галоши, коврики и подставки;

- напряжением выше 1000 В - диэлектрические перчатки, рукавицы, галоши, боты, коврики и изолирующие подставки;

3. При высоком напряжении использовать защиту расстоянием (таблица 14).

Таблица 14

Зависимость безопасного расстояния (м) от величины электрического напряжения (кВ)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| При напряжении, кВ | 1-35 | 60,110\* | 150 | 220 | 330 | 400,500\* | 750 | 800 (постоянный ток) | 1150 |
| Расстояние, м(не менее) | 0,6 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,5 | 5,0 | 3,5 | 8,0 |

При напряжении до 1000 В безопасное расстояние до воздушных линий определяется в 0,6 метра, а для остальных электроустановок не нормируется и определяется отсутствием прикосновения;

4. Учитывать, что шаговое напряжение опасно до 20 метров от точки касания проводника с землёй. В случае попадания в зону действия шагового напряжения, рекомендуется выходить скользящим шагом (не отрывая ног от поверхности земли) так, чтобы ступни ног постоянно соприкасались друг с другом;

5. Использовать электроинструмент, работающий при безопасном напряжении тока. При расчёте безопасного напряжения необходимо учитывать:

- сопротивление человека, принятое для расчётов равным 1000 Ом;

- определение, что безопасным считается электроток такой силы, при которой возможен самостоятельный отрыв человека от электроустановки, находящейся под напряжением (для тока промышленной частоты - 0,01 А, для постоянного тока - 0,05 А).

Предел опасного напряжения при этом составит:

U = I \* R = 0,04 А \* 1000 Ом = 40 В.

Для сухих помещений (относительная влажность менее 60%) с учётом, что кожа человека имеет сопротивление 3 и более кОм, безопасным можно считать напряжение до 36-40 В;

6. Увеличивать сопротивление за счёт изоляции токоведущих частей и изоляции рукояток инструментов. Сопротивление изоляции должно быть не менее числа, указывающего напряжение сети, увеличенного в тысячу раз, но не менее 0,5 МОм.

Во время работы электроустановок, состояние электрической изоляции ухудшается за счёт нагревания, механических повреждений, влияния климатических условий и окружающей производственной среды (наличие химически активных веществ, негативных температурных режимов и др.). Контроль изоляции проводится периодически (не реже одного раза в три года) с применением специальных устройств (мегаомметров).

При работе с напряжением до 1000 В использовать в качестве средств индивидуальной защиты резиновые перчатки, резиновые коврики, резиновые боты и галоши, а при работе с напряжением более 1000 В используются специальные изолирующие штанги и клещи;

7. Использовать защитное отключение, срабатывающее в течение не более 0,2 секунды в случае повреждения (пробоя);

8. Учитывать, что электрическое разделение сети позволяет повысить сопротивление на её отдельных участках;

9. Применять оградительные устройства. Ограждения применяются как сплошные, так и сетчатые. Ограждения должны быть огнестойкими;

10. Использовать автоматическую блокировку, обеспечивающую снятие напряжения в случаях несанкционированного проникновения за ограждение;

11. Применять сигнализацию (световую, звуковую и др.);

12. Использовать организационные меры – организация обучения, инструктирования и проверки знаний электробезопасности, проведение медицинских осмотров, оформление нарядов-допусков и т.п.;

13. Применять технические средства защиты от электротока:

а) защитное заземление. Корпус прибора (станка) заземляется проводником с сопротивлением менее 0,4 Ом. В случае прикосновения человека к повреждённому корпусу, он не получит удар электротоком, так как сопротивление человека намного больше, чем заземляющего проводника;

б) зануление с заземлением нулевого провода генератора. В этом случае корпус прибора (станка) соединён с заземлённым нулевым проводом, имеющим сопротивление менее 4 Ом. При замыкании фазы на корпус произойдёт прерывание электросети, так как сгорят предохранители;

14. Следить за состоянием проводников и розеток в рабочих и санитарно-бытовых помещениях.

Учитывая большую потенциальную опасность электрического тока в жизни человека, необходима комплексная защита с периодическим обучением (инструктированием) персонала.

Статическое и атмосферное электричество

Статическое электричество возникает от соприкосновения двух разнородных тел. Накопление зарядов статического электричества происходит как при трении сыпучих веществ, так и при перекачке жидкостей (например, нефти). Способствует этому явлению сухой воздух. Искровой заряд статического электричества, часто достигает напряжения в несколько тысяч вольт.

Вредное проявление статического электричества возможно в виде:

1. Взрывов и пожаров от искр, возникающих за счёт разности потенциалов двух неоднородных тел (достигает 10 и более кВ, при этом бензин, например, воспламеняется от разряда при напряжении 1000 В, пыль взрывается при разряде до 5 кВ);

2. Отрицательного воздействия на здоровье человека. Особенно страдает нервная и сердечно-сосудистая система;

3. Негативного воздействия на ЭВМ (возможна потеря информации).

В качестве профилактики появления статического электричества используют следующее:

1. Увеличивают электропроводность воздуха путём повышения влажности (до 70%);

2. Заземляют ёмкости с пожаро- и взрывоопасными веществами проводниками с сопротивлением до 100 Ом (например, металлические цепи на бензовозах);

3. Применяют ионизацию воздуха используя радиоактивные вещества или ультрафиолетовое излучение;

4. Используют “антистатики”;

5. Ограничивают скорость пересыпания (переливания) веществ. Например, бензин переливают со скоростью не более 4 м/с.

Атмосферное электричество опасно проявлением в виде линейных разрядов (молний), которых возникает на планете примерно 100 каждую секунду. Атмосферные электрические заряды могут иметь напряжение до 1 миллиарда вольт, сила тока молнии достигает 200 тысяч ампер. Время существования линейных разрядов оценивается от 0,1 до 1 секунды. Температура достигает 6-10 тысяч градусов Цельсия.

Последствия проявления молнии возможны в следующем:

1. Пожар или смертельный исход при прямом попадании;

2. При попадании вблизи (до 1 м) возможен смертельный исход вследствие электромагнитной индукции.

Во время грозы опасно находиться под одиноко стоящими деревьями, особенно дубом, тополем, ясенем, лиственницей, сосной, елью и липой. Менее опасны берёза и клён. Также во время грозы нельзя находиться у костра (электропроводимость нагретого воздуха возрастает), не следует купаться, кататься в лодке, укрываться под изолированными навесами, в стогах сена, под металлическими оградами, вблизи труб и проводов.

Находясь на открытом пространстве, лучше присесть в сухую яму, траншею. Тело должно иметь по возможности меньшую площадь соприкосновения с землёй. Не стоит бежать, а если вы едете в машине - лучше остановиться.

Для защиты объектов от молний используют молниеотводы, состоящие из молниеприёмника, токопроводника и заземляющего устройства. В качестве молниеприёмника используют металлические штыри с площадью сечения не менее 50 мм2. Молниеприёмник заземляется через токопроводник. Зона безопасности зависит от высоты молниеприёмника и в радиусе составляет примерно 1,5 его высоты.

Более редкими и менее изученными по опасности для человека являются так называемые шаровые молнии. В популярной литературе предлагаются следующие меры безопасности в случае проникновения такой молнии в дом:

1. Поскольку траектория полёта шаровой молнии практически не предсказуема, не стоит делать резких движений и, тем более, убегать, так как можно вызвать воздушный поток, по которому сгусток энергии последует вслед за вами;

2. Держитесь подальше от электроприборов и проводки, не касайтесь металлических предметов;

3. Даже если молния исчезла (обычно через десятки секунд) не теряйте бдительности, так как после таких “визитов” возможны пожары.

**Помощь пострадавшему от электротока**

Следует помнить, что в тяжёлых случаях поражения от электротока, у пострадавшего прекращается сердечная деятельность и останавливается дыхание, наступает состояние клинической смерти. Максимум за 3-5 минут необходимо выполнить следующее:

1. Освободить пострадавшего от действия электрического тока, воспользовавшись рубильником, выключателем или предохранителем. При этом быть более внимательным, если пострадавший находится на высоте, так как возможно падение после отключения тока вследствие прекращения действия неотпускающего тока. Если невозможно отключить электроток, то дальнейшие действия по спасению пострадавшего зависят от величины напряжения электротока:

а) если напряжение до 1000 В можно использовать сухие предметы не проводники (палки, доски, верёвки), применяют диэлектрические (резиновые) перчатки, боты. Можно по отдельности перерубить провода инструментом с деревянной ручкой;

б) при напряжении более 1000 В необходимо использовать все средства защиты в совокупности: резиновые перчатки и боты; изолирующие штанги и клещи, указатели напряжения;

в) в случае контакта человека с воздушной линией электропередачи, для освобождения пострадавшего от проводника, можно сделать искусственное замыкание. При этом берут металлический провод, заземляют один конец, на другой конец привязывают груз и забрасывают на линию воздушной электропередачи (предложенный способ применяется только в случае крайней необходимости);

2. После освобождения пострадавшего от действия электротока, выполнить реанимационные и иные мероприятия доврачебной помощи (данная тема осваивается студентами на лабораторно-практических занятиях).

3. Если работник подвергся воздействию электротока, и, при этом, отсутствуют видимые последствия, то всё равно необходимо вызвать врача.