

Электробезопасность

Лекция

Действие тока на организм человека

Электрический ток, протекая через ткани человека, оказывает как поверхностное действие, выражающееся в повреждении кожи (ожоги, металлизация, электролитическое разложение), так и внутреннее, связанное с нарушением действия биоэлектрической системы регулирования.

Для тока с частотой 50 Гц характерны следующие пороговые значения:

- 1. 1,1 мА — порог ощутимого тока;**
- 2. 10,1 мА — порог неотпускающего тока (человек не может разжать руку, в которой зажат проводник);**
- 3. 100 мА — порог фибрилляционного тока (при фибрилляции нескоординированное сокращение сердечной мышцы приводит к прекращению кровообращения).**

Ток 25-50 мА воздействует на мышцы грудной клетки, что может привести к прекращению работы легких. Указанные пороги характерны и для других родов тока, однако их опасность в зависимости от величины тока будет различной. Наименее опасным, то есть имеющим в 5-6 раз большие пороговые значения, чем ток с частотой 50 Гц, считается постоянный ток. При увеличении частоты свыше 200 Гц опасность снижается. Токи с частотой 450-500 кГц не вызывают смертельного поражения, а могут привести лишь к ожогам. Величина тока, протекающего через человека, будет зависеть от его сопротивления, которое определяется удельным сопротивлением кожи и подкожных тканей.

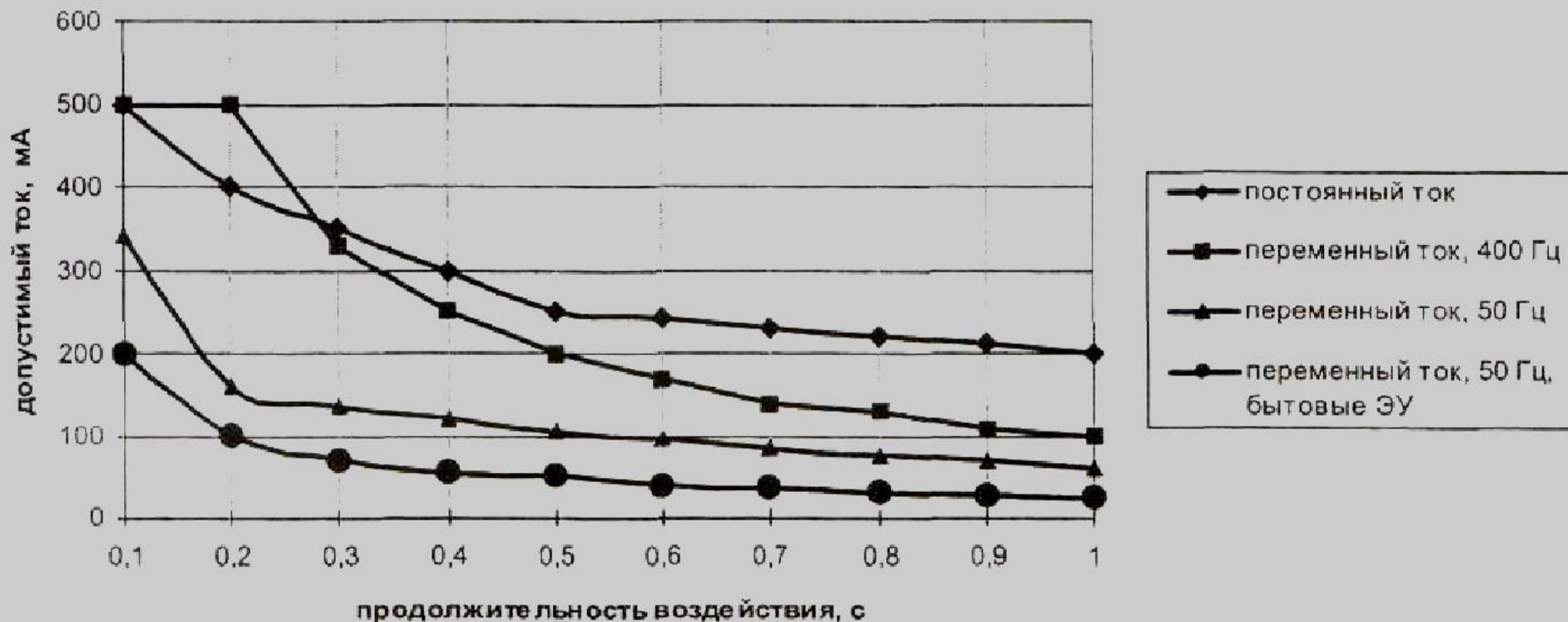
Для ориентировочных расчетов сопротивление человека считают чисто активным и равным 1 кОм при $U > 50$ В, 6 кОм — при $U < 50$ В.

Более точные значения следует брать из ГОСТ 12.1.038-82 «Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».

Указанный ГОСТ предназначен для разработки защитных мер от поражения электрическим током. В его основу положены пороговые значения тока для пути протекания тока от одной руки к другой или от руки к ногам. При нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановки допустимые значения установлены исходя из реакции ощущения и соответствуют продолжительности воздействия не более 10 минут в сутки.

На рисунке приведены зависимости предельно допустимого тока от продолжительности воздействия для производственных и бытовых электроустановок, построенные в соответствии ГОСТа 12.1.038-82.

Зависимость допустимого тока от продолжительности воздействия



Постоянный ток и ток частотой 400 Гц менее опасны, чем переменный ток частотой 50 Гц. При уменьшении продолжительности воздействия человек может выдержать больший ток. При времени воздействия 0,01-0,08 с допустимые значения тока составляют для производственных электроустановок 650 мА, а для бытовых — 220 мА.

Способы снижения тока через человека

Все технические меры защиты можно разбить на четыре группы по способам снижения тока, проходящего через человека:

- 1. Увеличение сопротивления цепи (R_{ch}), по которой протекает ток через человека.***
- 2. Обеспечение недоступности токоведущих частей (по существу, недопущение образования цепи тока через человека.***
- 3. Применение устройств для снижения напряжения прикосновения.***
- 4. Автоматическое отключение электроустановки при возникновении опасной для человека ситуации.***

- 1. Увеличение сопротивления цепи протекания тока через человека достигается изоляцией рук человека от токоведущих частей, а ног — от земли. В этом случае последовательно с сопротивлением человека включаются сопротивления изоляции рук и ног. Ток, проходящий через человека, будет ограничен суммарным сопротивлением этих величин.**

В нормальных условиях эксплуатации электрооборудования человек защищен от протекания опасных токов изоляцией токоведущих частей. Такая изоляция может выполняться основной (рабочей) и дополнительной.

Дополнительная изоляция служит для защиты от поражения электрическим током при повреждении основной изоляции и выполняется двойной или усиленной.

Двойная изоляция состоит из основной (рабочей) и дополнительной (защитной) изоляции.

Усиленная изоляция это рабочая изоляция, равноценная двойной изоляции по механическим и электрическим свойствам (если конструкция оборудования не позволяет использовать двойную изоляцию).

2. Обеспечение недоступности токоведущих частей осуществляется их ограждением, размещением внутри оболочек (шкафов, щитов и т.п.) из несгораемого материала; применением блокировок, отключающих электропитание, например, при открывании помещения испытательной установки; размещением вне зоны досягаемости (на расстоянии не менее 2,5 м), применением барьеров для защиты от случайного прикосновения.

3. Снижение напряжения прикосновения и, соответственно, величины тока, который может проходить через человека при длительном воздействии, осуществляется следующими способами:

- применением сверхнизких (малых) напряжений;**
- защитным электрическим разделением цепей;**
- защитным заземлением открытых проводящих частей, доступных прикосновению, которые могут оказаться под напряжением;**
- защитным уравниванием потенциалов путем электрического соединения открытых проводящих частей электроустановок и сторонних проводящих частей, для достижения равенства их потенциалов.**

При использовании этих способов ток через человека не должен превышать порога неотпускающего тока.

4. Автоматическое отключение питания в электроустановках при возникновении опасной для человека ситуации достигается применением защитного зануления или устройств защитного отключения (УЗО).

Автоматическое отключение питания применяется в тех случаях, когда рассчитанный ток через человека превышает порог фибрилляционного тока при длительном воздействии.

Защитное заземление

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Основное назначение этого вида защитных мер – устранение опасности поражения током в случае прикосновения человека к корпусу и другим нетоковедущим металлическим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением. Принцип действия защитного заземления в сетях с изолированной нейтралью заключается в снижении до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, что достигается путем уменьшения потенциала заземленного оборудования (за счет уменьшения сопротивления заземляющих устройств), а также путем выравнивания потенциалов основания, на котором стоит человек, до значений, близких к значению потенциала заземленного оборудования.

Защитное заземление следует отличать от рабочего заземления, которое необходимо для обеспечения работы электроустановки. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) предусматривают использование естественных заземлителей – электропроводящих частей коммуникаций, зданий и сооружений производственного или иного назначения, находящихся в соприкосновении с землей.

В качестве естественных заземлителей могут использоваться:

- проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубы, за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов; обсадные трубы артезианских колодцев, скважин и т.п.;**
- металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, имеющие соединение с землей;**
- свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле;**
- металлические шпунты гидротехнических сооружений;**
- заземлители опор отходящих от подстанций воздушных линий электропередач, соединенных с заземляющим устройством подстанции при помощи грозозащитных тросов линий; рельсовые пути неэлектрифицированных железных дорог при наличии перемычек между рельсами.**

Естественные заземлители обладают, как правило, малым сопротивлением растеканию тока, и поэтому использование их для заземления дает весьма ощутимую экономию металла.

Недостатками естественных заземлителей являются доступность некоторых из них неэлектротехническому персоналу и возможность нарушения непрерывности соединения протяженных заземлителей.

Если сопротивление естественных заземлителей не удовлетворяет требованиям, используются искусственные заземлители, т.е. заземлители, специально выполняемые для целей заземления.

Искусственные заземлители выполняются в виде вертикальных и горизонтальных электродов.

Явление растекания тока в земле

В процессе эксплуатации электроустановок возможны случаи, когда по земле будет протекать ток.

Протекание тока может быть преднамеренным (использование земли в качестве провода) или случайным (замыкание токоведущей части на заземленный корпус электроустановки, падение провода на землю).

Стекание тока в землю сопровождается возникновением на заземлителе и поверхности земли вокруг него потенциалов.

Возникающую при этом картину поля рассмотрим на примере одиночного полусферического заземлителя на поверхности земли.

Теоретически поле растекания простирается до бесконечности, однако для одиночного заземлителя уже на расстоянии около 20 м площадь слоя земли настолько велика, что плотность тока здесь практически равна нулю. Поэтому потенциал в точках, удаленных на 20 м и более от заземлителей, можно принимать равным нулю.

Таким образом, грунт в поле растекания ведет себя как обычное сопротивление, уменьшая потенциал от некоторого значения в месте ввода тока в землю до нуля.

Сопротивлением заземляющего устройства, или сопротивлением растеканию тока данного заземлителя, называется сопротивление грунта поля растекания, создаваемого проводящим элементом, с которого в землю стекает ток.

Величина сопротивления этой области грунта зависит от формы, количества и расположения элементов, создающих поле растекания, и удельного сопротивления земли.

В реальных условиях, когда грунт вокруг заземлителя неоднороден, распределение потенциала происходит не по гиперболе, а по более сложной кривой, и выражение для сопротивления растеканию тока будет более сложным.

Протекание токов в земле представляет определенную опасность для человека. Это связано с возникновением напряжения прикосновения и шагового напряжения.

Напряжением прикосновения называется разность потенциалов двух точек электрической цепи, которых одновременно касается человек.

Шаговым напряжением называется разность потенциалов двух точек на поверхности земли в зоне растекания тока, которые находятся на расстоянии шага и на которых одновременно стоит человек

Средства защиты от поражения электрическим током

Организм человека очень чувствителен к электрическому току. Человек начинает ощущать протекающий через него ток очень малой величины: 0,6 – 1,6 мА переменного тока промышленной частоты (50 Гц) и 5 – 7 мА постоянного тока.

Данный ток называется ощутимым током или током порога ощущения.

Однако этот ток не может вызвать поражения человека и потому не является опасным. Но длительное протекание его через тело человека негативно сказывается на его здоровье, что является недопустимым.

Особенно недопустимым является неожиданное воздействие электрического тока, что вызывает непроизвольное ошибочное действие человека, усугубляющее опасность для него при работе вблизи токоведущих частей, на высоте и других аналогичных условиях.

При промышленной частоте ток более 0,16 мА вызывает у человека неприятные болезненные ощущения, усиливающиеся с увеличением тока и сопровождающиеся судорогами мышц.

В пределах до 10 – 15 мА человек в состоянии самостоятельно разорвать цепь тока через себя, т. е. преодолеть судороги мышц и оторваться от токоведущих частей.

Этот ток называется отпускающим. Данный ток условно можно считать безопасным для человека в том смысле, что он не вызывает немедленного поражения человека. Однако при длительном протекании тока через человека величина его растет и он может вызвать потерю управления мышцами, а при отсутствии помощи – даже смерть.

Протекание через тело человека переменного тока выше отпускающего, т.е. больше 10 – 15 мА, вызывает сильные и очень болезненные судороги мышц, преодолеть которые человек не в состоянии. Такой ток называется неотпускающим. При таком токе человек не может разомкнуть руку, которой касается токоведущей части, не может отбросить провод от себя, сойти с него и т.д., т.е. он не в состоянии самостоятельно нарушить контакт с токоведущей частью. И если в течение нескольких секунд, а при больших токах – долей секунды, цепь тока через человека не будет прервана, он погибает.

Следовательно, ток промышленной частоты более 15 мА считается опасным для человека.

Ток, выше неотпускающего (25 – 50 мА), вызывает удушение и по этой причине **называют удушающим. Ток вызывает спазмы дыхательных путей, что затрудняет дыхание. Человек задыхается как бы от нехватки кислорода.**

Ток, равный 100 – 200 мА, способствует развитию фибрилляции сердечных мышц при протекании через человека более 0,1 – 0,5 сек. При длительности протекания до 1 сек. возможны летальный исход от электрического удара, а также термические ожоги.

В связи с опасностью действия электрического тока на здоровье человека необходимо использовать различные защитные средства.

Кроме защитных средств для обеспечения безопасности условий работы в действующих электроустановках большое значение имеют различные предохранительные приспособления, в том числе и при работах на высоте: предохранительный пояс, страхующие канаты, монтерские когти, различные лестницы, широко применяемые при электромонтажных и других работах.

Средства защиты, используемые в электроустановках, должны удовлетворять требованиям, соответствующим государственным стандартам.

При работе в электроустановках используются:

- средства защиты от поражения электрическим током (электрорезистентные средства);**
- средства защиты от электрических полей повышенной напряженности, коллективные и индивидуальные (в электроустановках напряжением 330 кВ и выше);**
- средства индивидуальной защиты (СИЗ) в соответствии с государственным стандартом (средства защиты головы, глаз и лица, рук, органов дыхания, от падения с высоты, одежда специальная защитная).**

К электрозащитным средствам относятся:

- **изолирующие штанги всех видов;**
- **изолирующие клещи;**
- **указатели напряжения;**
- **сигнализаторы наличия напряжения индивидуальные и стационарные;**
- **устройства и приспособления для обеспечения безопасности работ при измерениях и испытаниях в электроустановках (указатели напряжения для проверки совпадения фаз, клещи электроизмерительные, устройства для прокола кабеля);**
- **диэлектрические перчатки, галоши, боты;**
- **диэлектрические ковры и изолирующие подставки;**
- **защитные ограждения (щиты и ширмы);**
- **изолирующие накладки и колпаки;**
- **ручной изолирующий инструмент;**
- **переносные заземления;**
- **плакаты и знаки безопасности;**
- **специальные средства защиты, устройства и изолирующие приспособления для работ под напряжением в электроустановках напряжением 110 кВ и выше;**
- **гибкие изолирующие покрытия и накладки для работ под напряжением в электроустановках напряжением до 1000 В;**
- **лестницы приставные и стремянки изолирующие стеклопластиковые.**

Изолирующие электрозащитные средства делятся на основные, специальные и дополнительные.

Изолирующими электрозащитными средствами следует пользоваться только по их прямому назначению.

Изолирующие электрозащитные средства рассчитаны на применение в закрытых электроустановках, а в открытых электроустановках – только в сухую погоду.

В изморось и при осадках пользоваться ими не допускается.

На открытом воздухе в сырую погоду могут применяться только средства защиты специальной конструкции, предназначенные для работы в таких условиях.

Такие средства защиты изготавливаются, испытываются и используются в соответствии с техническими условиями и инструкциями.

Не допускается пользоваться средствами защиты с истекшим сроком годности.