

# 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 осязаемого 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.**

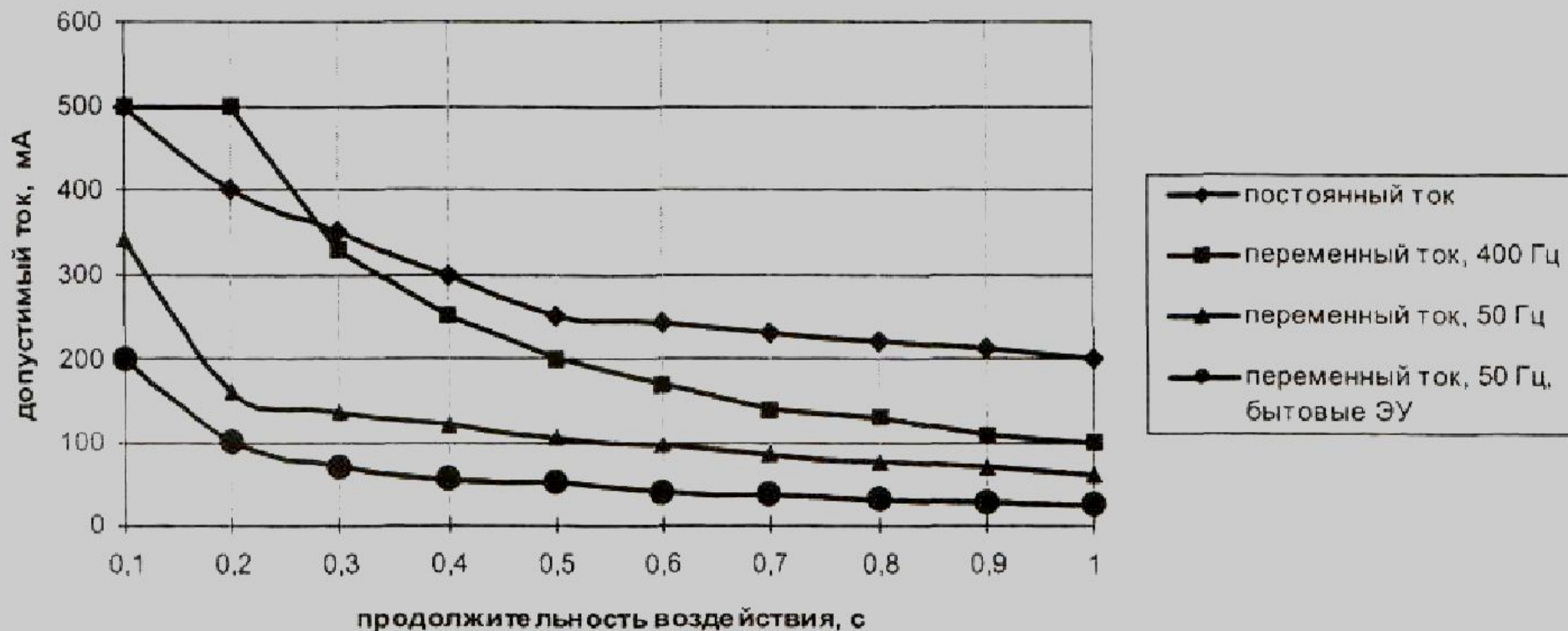
**Для ориентировочных расчетов сопротивление человека считают чисто активным и равным 1 кОм при  $U > 50$  В, 6 кОм — при  $U < 50$  В.**

**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 удушье 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 (электрозащитные 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.**