

Практикум

1. Электрический ток

Действие электрического тока на организм человека.

- *Электрический ток* представляет собой упорядоченное движение электрических зарядов. Сила тока в участке цепи прямо пропорциональна разности потенциалов, то есть напряжению на концах участка и обратно пропорциональна сопротивлению участка цепи.

Прикоснувшись к проводнику, находящемуся под напряжением, человек включает себя в электрическую цепь, если он плохо изолирован от земли или одновременно касается объекта с другим значением потенциала. В этом случае через тело человека проходит электрический ток.

Действие электрического тока на организм человека

- Действие электрического тока на живую ткань носит разносторонний характер.
- Проходя через организм человека, электроток производит
 - термическое,
 - электролитическое,
 - механическое,
 - биологическое
 - и световое воздействие.

Термическое действие тока

- При термическом действии происходит перегрев и функциональное расстройство органов на пути прохождения тока.

Электролитическое действие тока

- выражается в электролизе жидкости в тканях организма, в том числе крови, и нарушении ее физико-химического состава.

Механическое действие

- приводит к разрыву тканей, расслоению, ударному действию испарения жидкости из тканей организма. Механическое действие связано с сильным сокращением мышц вплоть до их разрыва.

Биологическое и световое действие тока

- *Биологическое действие* тока выражается в раздражении и перевозбуждении нервной системы.

Световое действие приводит к поражению глаз.

Характер и глубина воздействия электрического тока на организм человека

- ЗАВИСИТ
 - от силы и рода тока,
 - времени его действия,
 - пути прохождения через тело человека,
 - физического и психологического состояния последнего.
- Так, сопротивление человека в нормальных условиях при сухой неповрежденной коже составляет сотни килоом, но при неблагоприятных условиях может упасть до 1 килоома.
- Ощутимым является ток около **1 мА**.
- При большем токе человек начинает ощущать неприятные болезненные сокращения мышц, а при токе **12-15 мА** уже не в состоянии управлять своей мышечной системой и не может самостоятельно оторваться от источника тока. Такой ток называется **неотпускающим**.
- Действие тока свыше **25 мА** на мышечные ткани ведет к параличу дыхательных мышц и остановке дыхания. При дальнейшем увеличении тока может наступить фибрилляция сердца.

Виды поражения организма человека электротоком

Электрический ток оказывает на человека внутреннее воздействие, приводит к внешним **травмам, электроударам и электрическому шоку**.

Внутреннее воздействие может быть термическое, электролитическое и биологическое.

Термическое воздействие - это ожоги, нагрев и повреждение кровеносных сосудов, перегрев сердца, мозга и других внутренних органов, что приводит к их функциональным расстройствам.

Электролитическое воздействие - это разложение органической жидкости, в том числе и крови, что вызывает значительные нарушения, как в её составе, так и в ткани в целом.

Биологическое воздействие. Нормально действующему организму свойственны определённые биохимические процессы и биоритмы, которые обеспечивают жизненные функции. При воздействии электрического тока они нарушаются.

Электрические ожоги

- бывают двух видов:
 - токовые
 - и дуговые.
- **Токовый (контактный)** возникает при непосредственном прикосновении к токоведущей части из-за преобразования электрической энергии в тепловую.
- Как правило, это ожог кожи, т.к. кожа обладает во много раз большим сопротивлением, чем другие ткани тела.
- Токовый ожог возникает при работе на электроустановках с напряжением 1 – 2 кВ и является, в большинстве случаев, ожогом 1 - 2 степени (покраснение кожи и образование пузырей).

Электрический знак

- - чёткое пятно серого или бледно жёлтого цвета диаметром 1 - 5 мм на коже.
- Поражённый участок кожи затвердевает подобно мозолю.
- Со временем верхний слой поражённой кожи сходит, и она приобретает первоначальный цвет, чувствительность и эластичность.

Электрометаллизация кожи

- возникает при проникновении в кожу частиц металла вследствие его разбрызгивания и испарения под действием тока (при горении электрической дуги).
- Повреждённый участок становится жёстким и шероховатым, цвет его определяется цветом металла, проникшего в кожу.
- С течением времени больная кожа сходит, исчезают болезненные ощущения. При поражении глаз лечение длительное, сложное, травма может привести к потере зрения.

Электроофтальмия

(поражение глаз)

- Это воспаление наружных оболочек под воздействием мощного потока ультрафиолетовых лучей, находящихся в электрической дуге.
- Проявляется через 2 - 6 часов:
 - покраснение и воспаление слизистых оболочек глаз,
 - гнойное выделение,
 - спазмы век,
 - частичное ослепление.
- Пострадавший испытывает сильную головную боль, резкую боль в глазах, которая усиливается на свету, возникает светобоязнь.

Механические повреждения

- Возникают из-за резкого непроизвольного сокращения мышц под действием тока, что приводит к разрыву кожи, кровеносных сосудов, нервных тканей, вывиху суставов, переломам костей.

Электрический удар

- это возбуждение живых тканей организма проходящим электрическим током, сопровождающееся резким, непроизвольным сокращением мышц.
- Электрический удар может привести к нарушению и даже полному прекращению деятельности жизненно важных органов - лёгких, сердца, а значит и к гибели организма.

В зависимости от исхода поражения, электрические удары условно разделены на 4 степени:

1 степень - судорожное сокращение мышц без потери сознания;

2 степень - судорожное сокращение мышц с потерей сознания;

3 степень - потеря сознания и нарушение сердечной деятельности;

4 степень - клиническая смерть – переход от жизни к смерти, который наступает в момент прекращения деятельности сердца и лёгких.

Электрический шок

- реакция нервной системы организма в ответ на сильное раздражение электрическим током. Приводит к расстройству кровообращения, дыхания, повышению кровяного давления.
- Шок имеет две фазы: возбуждения и торможения. Стадия торможения характеризуется истощением нервной системы, учащением пульса, слабым дыханием, угнетённым состоянием, полной безучастностью к окружающему при полном сохранении сознания.
- Шоковое состояние может длиться от нескольких десятков минут до суток, после чего организм погибает.

Характеристика воздействия на человека электрического тока различной силы

- электротравма I степени - судорожное сокращение мышц без потери сознания;
- электротравма II степени - судорожное сокращение мышц с потерей сознания,
- электротравма III степени - потеря сознания и нарушение функций сердечной деятельности или дыхания (не исключено и то и другое);
- электротравма IV степени - клиническая смерть.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ПО СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ

ПОРАЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

2. Помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:
 - 1) сырости (влажность более 75 %) или токопроводящей пыли;
 - 2) токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.);
 - 3) высокой температуры (выше 35 °С);
 - 4) возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ПО СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ

ПОРАЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

3. Особо опасные помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

- 1) особой сырости;
- 2) химически активной или органической среды;
- 3) одновременно двух или более условий повышенной опасности.

4. Территории размещения наружных электроустановок. В отношении опасности поражения людей электрическим током эти территории приравниваются к особо опасным помещениям.

Молниезащита

- **Заземление** обеспечивает безопасность человека и защиту от помех электронных приборов.
- **Защитное заземление** служит для защиты людей от поражения электрическим током при прикосновении к нетоковедущим частям электроприборов с поврежденной изоляцией.

Молниезащита

- это обязательная часть любого здания. Без системы молниезащиты (грозозащиты) здание и соответственно, люди и имущество, находящиеся в нем, беззащитны перед ударом стихии.
- Молниезащита нужна для защиты от прямого удара молнии в здание, защиты от вторичных её проявлений, таких как перенапряжения (наводки, возникающие в электрических цепях при грозовом разряде)

Устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП)

- служат для защиты электрооборудования от импульсных и коммутационных перенапряжений.
- Основные источники импульсных перенапряжений — грозовые разряды (молнии) и коммутация больших нагрузок.
- Эти приборы позволяют предотвратить вероятность поражения человека высоким напряжением и исключить выход электрических и электронных приборов из строя

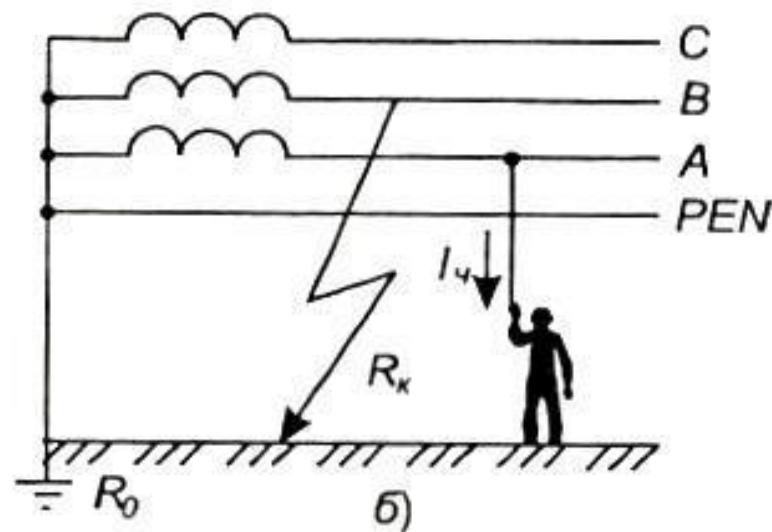
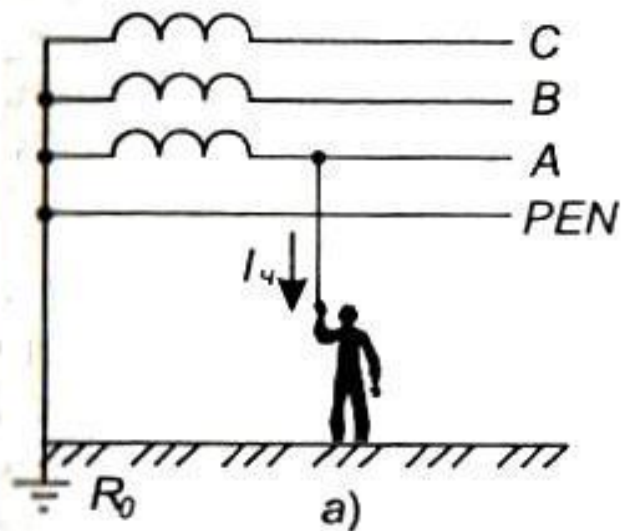
Электромагнитная совместимость (ЭМС)

- технических средств — это способность аппаратуры и электроприборов функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке, не создавая недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам.
- Исследования электромагнитной совместимости позволяют выявить основные источники электромагнитных воздействий, оценить степень их влияния на аппаратуру и разработать рекомендации, при выполнении которых можно избежать ошибок в работе и выхода из строя дорогостоящей техники, а также простоев оборудования, связанных с этим.

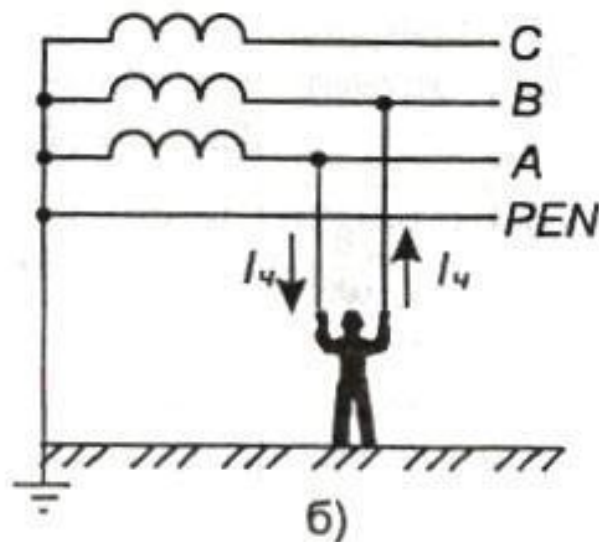
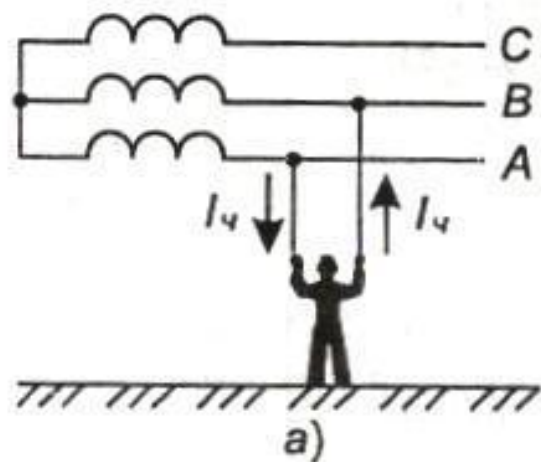
Условия поражения человека электрическим током

- Тяжесть поражения электрическим током зависит от вида электрической сети и характера прикосновения человека к токоведущим элементам.
- Наибольшее распространение имеют электрические сети трехфазного тока с изолированной или глухозаземленной нейтралью источника тока (генератора, трансформатора).
- Действие тока возникает, когда человек прикасается не менее чем к двум точкам цепи, между которыми существует некоторое напряжение (напряжение прикосновения).

- Схемы включения человека в электрическую цепь могут быть различными.
- Чаще других происходит
 - однофазное включение человека в цепь между фазным проводом и землей
 - и двухфазное - между двумя фазными проводами.



Однофазное прикосновение в сети с заземленной нейтралью: *а* — нормальный режим работы; *б* — аварийный режим работы (повреждена вторая фаза)



Двухфазное включение в цепь: *а* — изолированная нейтраль; *б* — заземленная нейтраль

При однофазном прикосновении ток, проходящий через тело человека, может быть с достаточной для практики точностью определен по формуле:

$$I = \frac{U_{\phi}}{R_{ч} + R_{об} + R_{п} + R_{о}}$$

где U_{ϕ} - фазное напряжение, В;

$R_{ч}$ - расчетное сопротивление тела человека (1000 Ом);

$R_{об}$ - сопротивление обуви, Ом;

$R_{п}$ - сопротивление пола, Ом;

$R_{о}$ - сопротивление глухозаземленной нейтрали, Ом.

- Чем больше напряжение прикосновения и чем меньше сопротивление участков цепи замыкания, тем выше ток, проходящий через тело человека.
- Если принять $U_{\text{ф}} = 220\text{В}$, а $R_{\text{об}} = 0$, $R_{\text{п}} = 0$ (при хорошем контакте человека с землей), $R_{\text{о}} = 10\text{ Ом}$, то сила проходящего через человека тока будет равна $0,218\text{ А}$ (218 мА), что значительно превышает смертельный **ток (90-100 мА)**.
- Если принять, что человек стоит на сухом деревянном полу ($R_{\text{п}} = 10^5\text{ Ом}$) в резиновой обуви ($R_{\text{об}} = 45 \times 10^3\text{ Ом}$), то сила тока будет равна $0,0015\text{ А}$ (**1,5 мА**). Такой ток не опасен.

При двухфазном включении напряжение прикосновения в 1,73 раза больше, чем при однофазном. Сопротивление пола, обуви в этом случае не влияет на ток, а его величина определяется выражением

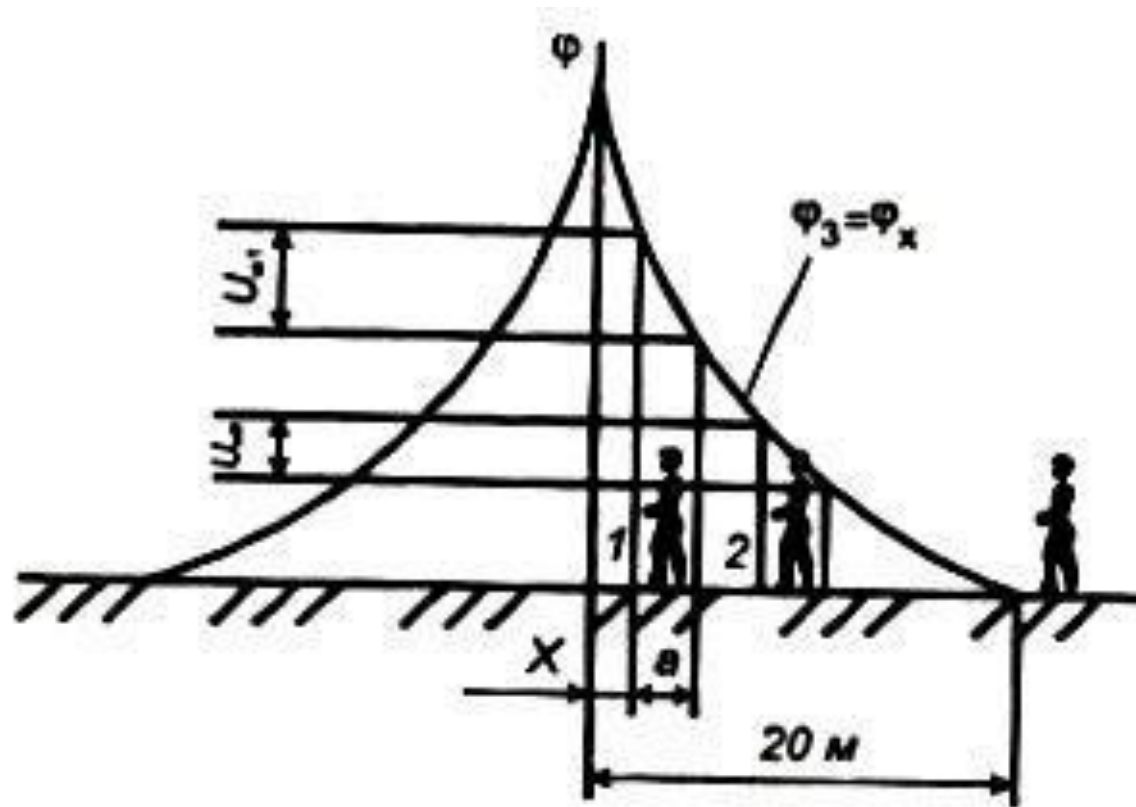
$$I = \sqrt{3} \frac{U_{\phi}}{R_{\text{ч}}}$$

При $U_{\phi} = 220$ В и $R_{\text{ч}} = 1000$ Ом сила тока, проходящего через человека, составит 0,38 А (380 мА), что значительно больше, чем при однофазном включении.

Следовательно, двухфазное включение человека в электрическую цепь наиболее опасно.

- При обрыве электрического провода, пробое изоляции на заземленный корпус машины и при другой прямой утечке электроэнергии в землю (например, от молниеотвода) человек может оказаться в зоне растекания тока по земле под напряжением, называемым **шаговым**.
- В зоне контакта электрического проводника с землей потенциал земли φ наибольший и равен потенциалу проводника, а на расстоянии 20 м он уже практически равен нулю.
- При нахождении человека в зоне растекания тока его ноги могут оказаться разноудаленными от зоны контакта, в точках с разными потенциалами.
- Разница этих потенциалов и создает **шаговое напряжение**.

Схема формирования напряжения шага



Оно максимально вблизи зоны контакта (точка 1) и убывает при удалении от нее (точка 2). На расстоянии 20 м и более (точка 3) шаговое напряжение практически равно нулю. С увеличением ширины шага оно возрастает, поэтому выходить из зоны шагового напряжения надо короткими шагами или прыжками на двух ногах

2. Средства и методы защиты от поражения электрическим током.

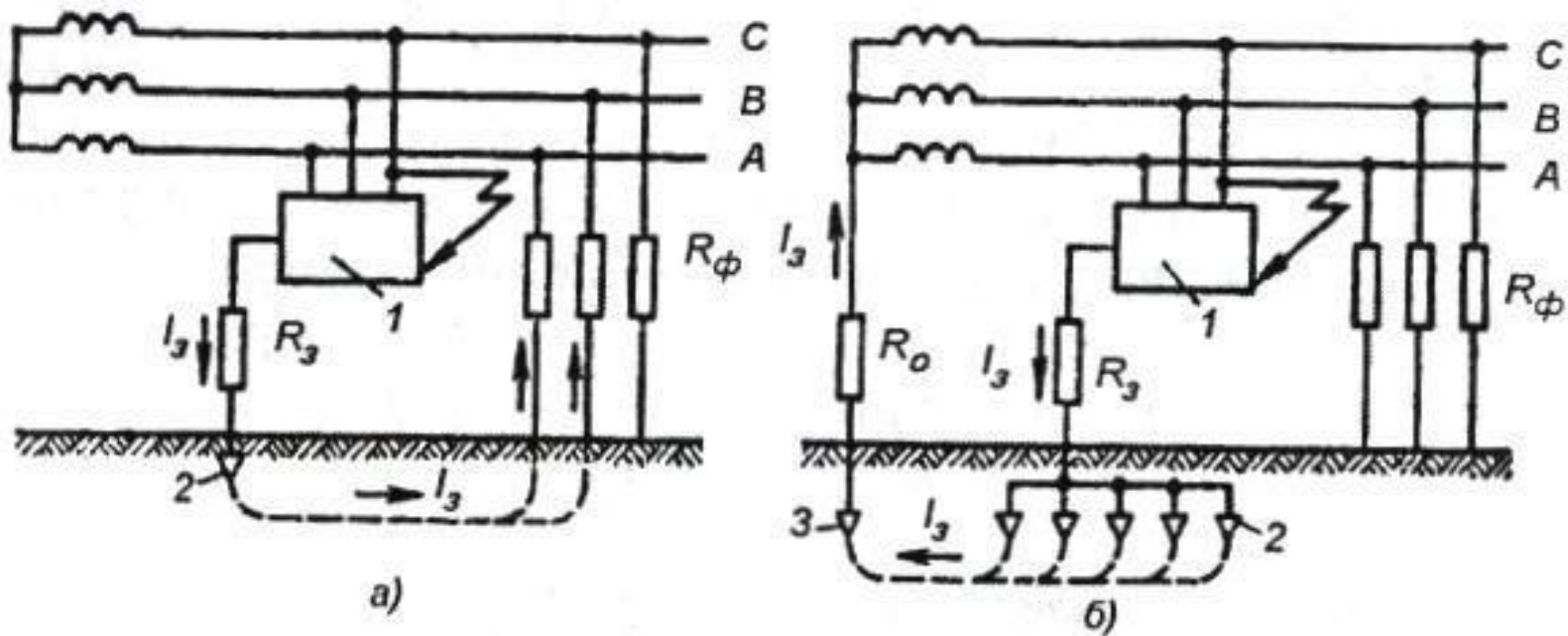
Для защиты человека от поражения электрическим током в соответствии с ГОСТ 12,1.019-79* применяют:

- изоляцию токоведущих частей, проводов путем нанесения на них диэлектрического материала: пластмасс, лаков, красок, эмалей т.п. (состояние изоляции проверяют не реже одного раза в год в сухих помещениях без повышенной опасности и двух раз в год в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных. Сопротивление изоляции в электроустановках напряжением до 1000 В должно быть не менее 0,5 МОм);
- двойную изоляцию, когда к рабочей изоляции на случай ее повреждения предусматривают дополнительную изоляцию (например, выполняют корпуса или ручки электроинструментов из диэлектрического материала, покрывают изолированные провода общей нетокопроводной оболочкой и т.п.);
- недоступность проводов, частей (воздушные линии электропередачи на опорах, электрические кабели в земле и др);
- ограждение электроустановок (например кожухами на электрорубильниках, заборами на подстанциях и др).
- блокировочные устройства, автоматически отключающие напряжение с электроустановок при снятии с них защитных кожухов, ограждений;
- малые напряжения (не более 42 В), например, для питания электрифицированных инструментов, светильников местного освещения в условиях повышенной электроопасности;
- изоляцию рабочего места (пола, площадки, настила);
- заземление или зануление корпусов электроустановок, которые могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции;
- выравнивание электрических потенциалов;
- автоматическое отключение электроустановок;
- предупреждающую сигнализацию (например звуковую или световую при появлении напряжения на корпусе электроустановки), надписи, плакаты, знаки;
- СИЗ и др;

ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАНУЛЕНИЕ

- Преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением, называется **защитным заземлением**.
- Оно состоит из заземлителя и заземляющего проводника, соединяющего металлический корпус электроустановки с заземлителем.
- Совокупность заземлителя и заземляющих проводов называют заземляющим устройством.
- Защитное заземление применяют в трехфазных трехпроводных и однофазных двухпроводных сетях переменного тока напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью, а также в сетях напряжением выше 1000 В переменного и постоянного тока с любым режимом нейтрали.

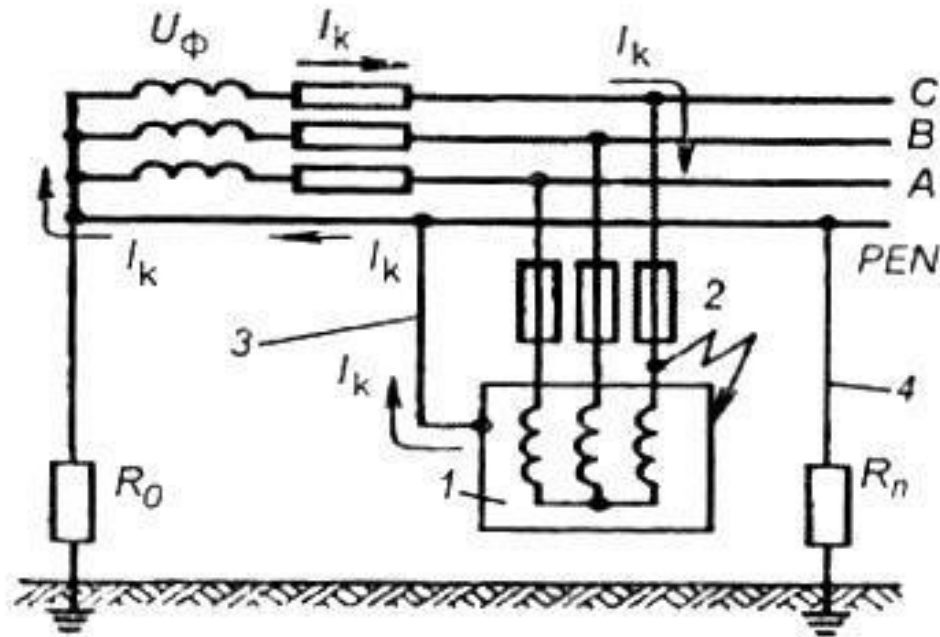
Схема защитного заземления



Принципиальные схемы защитного заземления: *a* — в сети с изолированной нейтралью до 1000 В и выше; *б* — в сети с заземленной нейтралью выше 1000 В; 1 — заземленное оборудование; 2 — заземлитель защитного заземления; 3 — заземлитель рабочего заземления; $r_з$, r_0 , R_ϕ — сопротивления соответственно защитного, рабочего заземлений, изоляции фаз; I_3 — ток замыкания на землю

- **Зануление** - это преднамеренное электрическое соединение металлических нетоковедущих частей электроустановок, могущих оказаться под напряжением, с глухозаземленной нейтралью источника тока (генератора или трансформатора).
- В четырехпроводных сетях с нулевым проводом и глухозаземленной нейтралью источника тока напряжением до 1000 В (такowymi являются сельские сети) зануление служит основным средством защиты. Заземление в таких сетях не эффективно.
- Подсоединение корпусов электроустановок к нейтрали источника тока осуществляют с помощью нулевого защитного проводника.

Схема защитного зануления



Принципиальная схема зануления: *1* — корпус; *2* — аппараты для защиты от токов короткого замыкания (плавкие предохранители, автоматические выключатели и т. п.); *3* — нулевой защитный проводник; *4* — повторное заземление; R_0 — сопротивления заземления нейтрали источника тока; R_n — сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника; I_k — ток короткого замыкания; U_ϕ — фазное напряжение

ЗАЩИТНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ

- Быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки (через 0,05 - 0,2 с) при возникновении в ней опасности поражения человека электрическим током, называется ***защитным отключением***.
- При замыкании фазы на корпус, снижении сопротивления изоляции сети ниже определенного предела, при непосредственном прикосновении человека к токоведущим частям электроустановки и в других опасных для человека случаях происходит изменение каких-либо электрических величин, которые дают сигнал для срабатывания защитного отключения.

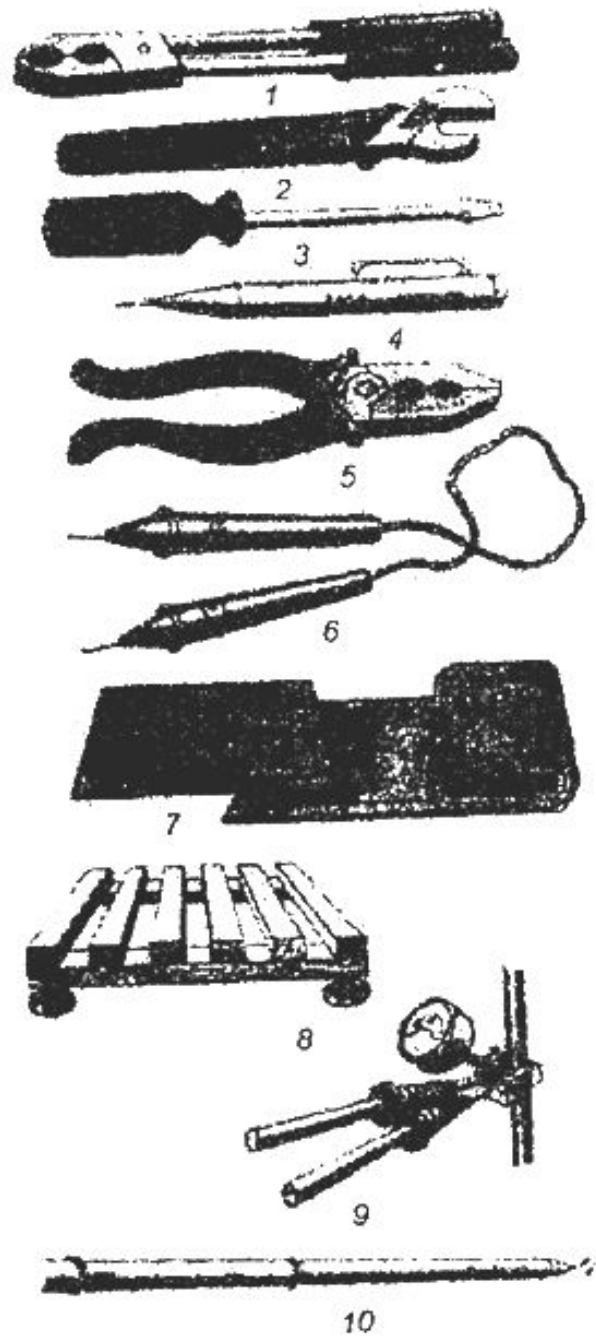
ЭЛЕКТРОЗАЩИТНЫЕ СРЕДСТВА

- Электрозащитные средства предназначены для защиты людей при обслуживании электроустановок.
- Их подразделяют на
 - **изолирующие (основные и дополнительные),**
 - **ограждающие**
 - **и предохранительные.**

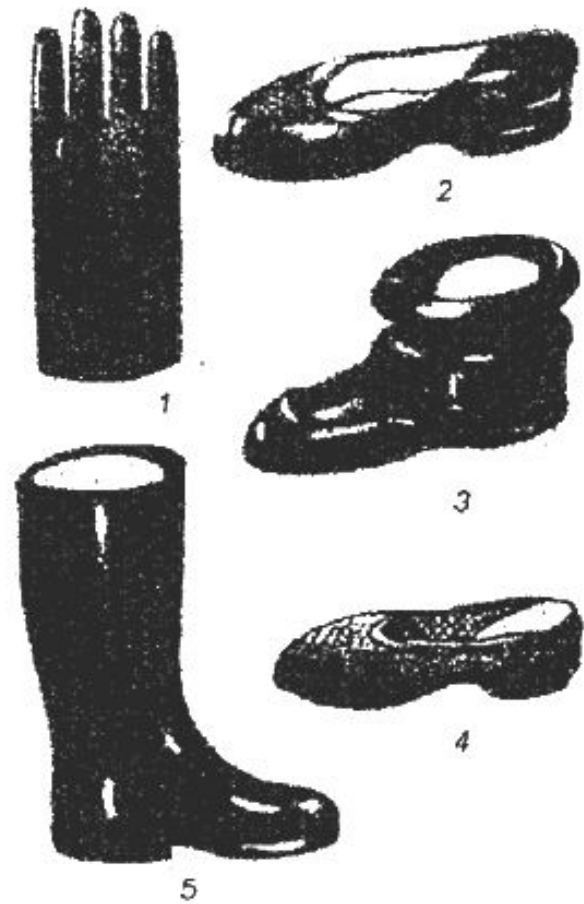
- ***Изолирующие средства*** служат для изоляции человека от токоведущих частей и от земли.
 - Изоляция основных изолирующих средств выдерживает полное рабочее напряжение электроустановок, ими разрешено касаться токоведущих частей под напряжением.
 - Дополнительные средства самостоятельно не могут обеспечить безопасность обслуживающего персонала, их применяют совместно с основными средствами для усиления их защитного действия.
- К *основным изолирующим средствам* в электроустановках напряжением выше 1000 В относят изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, изолирующие съемные вышки и лестницы, площадки и др., а в электроустановках до 1000 В, кроме указанных, - диэлектрические перчатки и инструменты с изолирующими рукоятками.
- К *дополнительным изолирующим средствам* в электроустановках напряжением выше ~1000 В относят - диэлектрические перчатки, боты, коврики, изолирующие подставки, а в электроустановках до 1000 В, кроме того, - диэлектрические галоши, коврики, изолирующие подставки.

- Ограждающие защитные средства (щиты, ограждения - клетки, изолирующие накладки, временные переносные заземления, закорачивающие провода и др). предназначены для временного ограждения токоведущих частей.
- Вспомогательные защитные средства (предохранительные пояса, страховочные канаты, когти, защитные очки, рукавицы, суконные костюмы и др). служат для защиты от случайного падения с высоты, а также от световых, тепловых, механических и химических воздействий электрического тока.

Основные



Дополнительные



Оказание первой помощи при поражении электрическим током

Первая помощь человеку, попавшему под действие электрического тока, - как можно быстрее освободить пострадавшего от действия тока.

Делать это нужно следующим образом:

- Выключить ток с помощью рубильника или другого выключателя или удалить предохранитель;
- Перерубить провод топором или другим инструментом с **токонепроводящей рукояткой**
- Накоротко замкнуть участок электролинии перед пострадавшим, набросив на провод голый провод, который предварительно соединить с заземлителем;
- Оттащить пострадавшего от токоведущих частей или оттянуть от него электропровод.

- Необходимо следить, чтобы не попасть под действие тока и чтобы пострадавший не упал в момент выключения тока и не получил механической травмы.
- Если напряжение до 1000 В, пострадавшего можно оттащить веревкой, палкой и даже рукой, но за сухую одежду, можно надеть на руки (изолировать) диэлектрические перчатки или обмотать ее сухой одеждой (шарфом).
- **Незащищенной рукой нельзя касаться** оголенного тела пострадавшего, его обуви, которая часто бывает с металлическими деталями или сырой.
- Когда напряжение тока более 1000 В, пострадавшего можно оттянуть штангой, клещами, изолировать при этом ноги ботами, галошами.
- К пострадавшему от электрического тока необходимо вызвать врача.
- Не дожидаясь прихода врача; следует немедленно оказать доврачебную помощь.
- Электротравма коварна: сразу после освобождения от тока состояние пострадавшего бывает хорошим, а затем оно может резко ухудшиться.

Вопросы

1. Что такое шаговое напряжение?
2. Как подразделяются электрозащитные средства?
3. Что называется заземлением и занулением?
4. Каков порядок оказания первой помощи пострадавшему?