



Безопасность жизнедеятельности

Не только думай, когда выбираешь,
но и тщательно выбирай, о чем думаешь.

Учебные вопросы:

Тема: Электробезопасность.



ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ - система организационно-технических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность людей от вредных и опасных воздействий электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ НАПРАВЛЕННЫ:

на снижение и исключение воздействия вредных и опасных производственных

ВРЕДНЫЙ производственный фактор – это такой производственный фактор воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

- электрические поля;
- магнитные поля;
- Электромагнитные поля.



ОПАСНЫЙ производственный фактор – фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

- Прямое прикосновение;
- Косвенное прикосновение;
- Электрические и магнитные поля напряженностью свыше 25 кВ/м

Основные нормативные документы

- ГОСТ Р 12.1.009-2009. ССБТ.
Электробезопасность, термины и определения.

Доля **электротравм** по отношению ко всем травмам на производстве составляет около 11,2 %.
Из них:

- 57 % - при прикосновении к токоведущим частям;
- 23 % - от прикосновения к металлическим частям;
- 16 % - от прикосновения к неметаллическим частям;
- 2,5 % - от шагового напряжения;
- 1,5 % - при приближении (не касаясь) в высоковольтных установках более 1000 В.

Попадают под напряжение:

- 42 % - электрики;
- 35 % - электромонтеры.

Воздействие тока на человека

Проходя через организм человека, электрический ток оказывает следующие действия:

1. Механическое – повреждения от судорожных сокращений мышц.
2. Химическое – электролиз крови.
3. Ожоги – токовые и дуговые.
4. Биологическое – нарушения биологических функций организма.
5. Комбинированное действие.

Это многообразие действий эл.тока приводит к двум видам поражения: **электрические удары** и **электрические травмы**.

Электротравма – поражение электрическим током организма человека



Общие:

Электрический удар

□ судороги,

□ остановка дыхания

□ остановка сердца

Фибрилляция – хаотическое сокращение отдельных волокон сердечной мышцы

Местные:

• ожоги,

• электрические знаки,

• металлизация кожи,

• механические повреждения,

• электроофтальмия

Электрические удары

При включении человека в электрическую сеть образуется замкнутая **«цепь поражения»** и ток, проходящий через человека $I_{\text{ч}}$ (А), будет определять степень опасности.

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{пр}}}{R_{\text{ч}}},$$

где $U_{\text{пр}}$ - напряжение прикосновения, В;
 $R_{\text{ч}}$ - сопротивление тела человека, Ом.

Электрические удары имеют разные последствия:

1. Человек может самостоятельно оторваться от проводника, жизнедеятельность сохраняется, но затем могут быть неблагоприятные отклонения в состоянии здоровья.
2. Человек не может самостоятельно оторваться от проводника и длительное время находится под действием тока. В результате этого возможно шоковое состояние, паралич органов дыхания, фибрилляция сердца (беспорядочное сокращение волокон сердечной мышцы, что часто приводит к летальному исходу).

Электрические удары (продолжение)

Электрический удар – возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц.

Различают 4 степени ударов:

- **I** – судорожное сокращение мышц без потери сознания.
- **II** – судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранением дыхания и работой сердца.
- **III** – потеря сознания и нарушение сердечной деятельности и/или дыхания.
- **IV** – клиническая смерть, отсутствие дыхания и кровообращения.

Электрические удары (продолжение)

Труп белый – 44 % - **фибриляция сердца** – еще не наступила остановка сердца, но физические функции оно не выполняет. Кислородное голодание.

Труп синий – 44 % - **асфикция** – поражение органов дыхания.

Комбинированное действие – 12 %.

Электрические травмы – четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги.

• **Электрические ожоги.**

- Токовый или контактный ожог (покраснение кожи, пузыри. Электрический ток преобразуется в тепло).
- Дуговой ожог – носит тяжелый характер (омертвление пораженного участка кожи, обугливание и сгорание тканей).

• **Электрические знаки** (метки) - это метки тока, возникающие в месте входа тока или по пути прохождения тока (пятна желтого цвета на коже диаметром 1-5 мм. Условия появления 110-115 °С).

• **Металлизация кожи** - это проникновение брызг расплавленного металла от дуги в кожу, кожа сама со временем очищается.

• **Механические повреждения** – вследствие резких непроизвольных судорожных сокращений (разрывы кожи; кровеносных сосудов; нервов; вывихи суставов; переломы костей - редко).

• **Электроофтальмия** – воспаление наружных оболочек глаз (от электрической дуги - сварка).

Пороговые значения силы тока. Предельный ток

Для переменного тока частотой 50 Гц установлены пороги:

Ощутимый ток (1 - 3 мА)

Неотпускающий ток (10 - 15 мА).

Ток, вызывающий паралич дыхательных мышц (60 - 80 мА).

Фибрилляционный (смертельный) ток (100 мА при $t > 0,5$ с).

Безопасная для человека сила тока составляет **0,3 мА**.

Предельная сила тока при времени воздействия 1 секунда составляет **50 мА**, а при времени 3 с. - **6 мА**.

Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током

1. Сила тока, протекающего через тело человека - главный фактор: чем больше сила тока, тем опаснее последствия.

$$I = U/R_{\Sigma}$$

$$R_{\text{ч}} = R_{\text{внутр}} + R_{\text{кожи}}$$

$R_{\text{внутр}} = 300$	}	500 Ом
$R_{\text{кожи}} = \text{до } 100$		
$R_{\text{расч}} = 1000$	}	Ом

2. Длительность воздействия

Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи.

~ 50 Гц > 10 с - 2 мА

≤ 10 с - 6 мА

3. Путь протекания тока через тело человека



Верхняя петля
прохождения тока



Нижняя петля
прохождения тока



Полная (W-образная)
петля прохождения тока

наиболее опасный -
тот путь, при котором
поражается головной
мозг, сердце и легкие

4. Род и частота тока

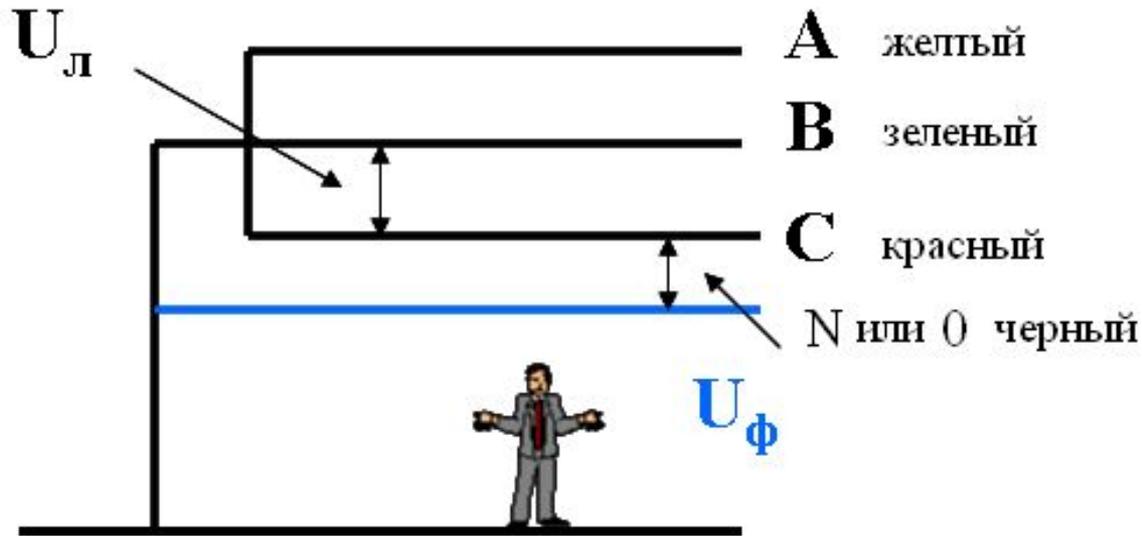
5. Состояние окружающей среды

(температура, влажность, наличие пыли,
паров, кислот)

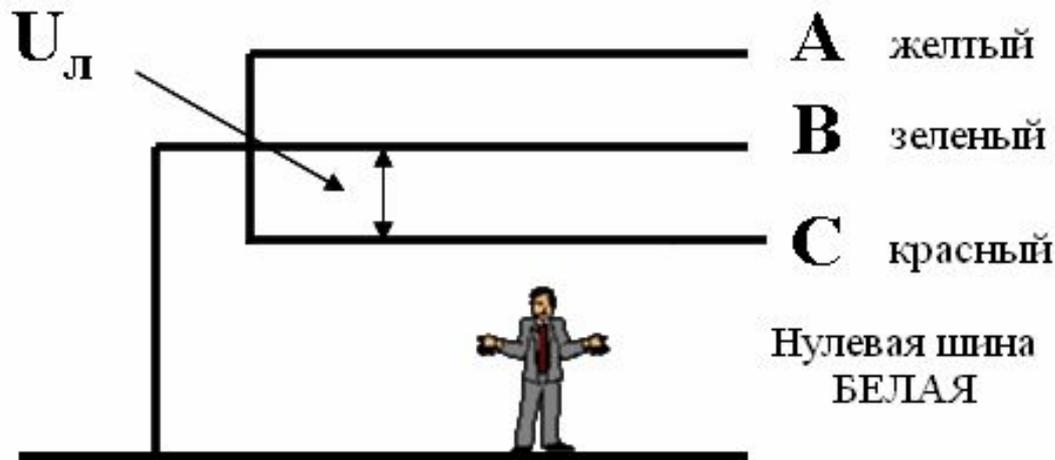
Опасные ситуации поражения током

1. Случайное двухфазное или однофазное прикосновение к токоведущим частям.
2. Приближение человека на опасное расстояние к шинам высокого напряжения (по нормативам минимальное расстояние - 0,7 м.)
3. Прикосновение к металлическим нетоковедущим частям оборудования, которые могут оказаться под напряжением, из-за повреждения изоляции или ошибочных действий персонала.
4. Попадание под шаговое напряжение при передвижении человека по зоне растекания тока от упавшего на землю провода или замыкания токоведущих частей на землю.

Схемы электрических сетей



Четырехпроводная
трехфазная
электрическая сеть
с заземленной
нейтралью

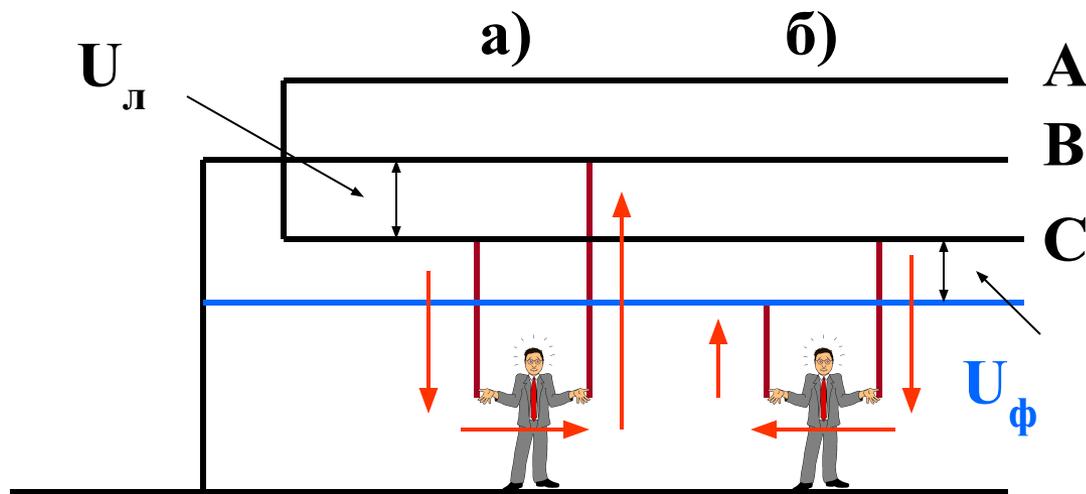


Трехпроводная
трехфазная
электрическая сеть
с изолированной
нейтралью

При постоянном токе: Положительная шина (плюс) – красный;
Отрицательная шина (минус) – синий; Нейтральная шина – белый.

Двухфазное прикосновение к токоведущим частям

Наиболее опасным случаем является прикосновение к двум фазным проводам (а) и к фазному и нулевому проводу (б).



Ток $I_{ч}$, проходящий через человека, и напряжение прикосновения $U_{пр}$ (В) при сопротивлении человека $R_{ч}$ (Ом):

Путь тока -
«рука-рука»

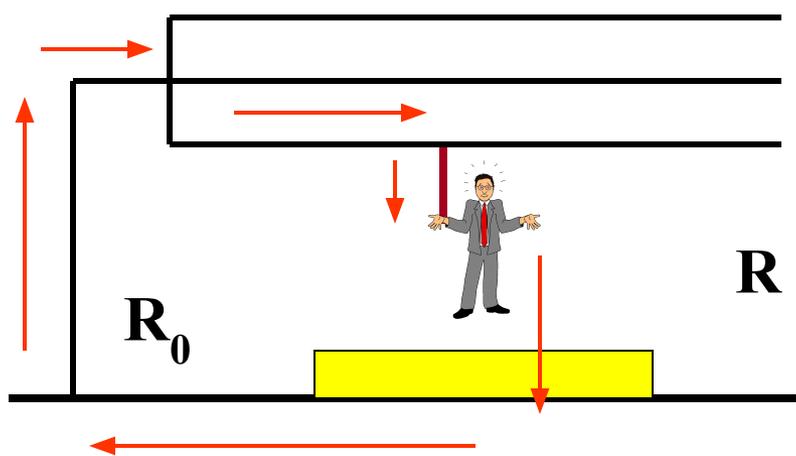
$$\text{а) } I_{ч} = U_{л} / R_{ч} , U_{пр} = I_{ч} \cdot R_{ч} = U_{л} = 380 \text{ В}$$

$$\text{б) } I_{ч} = U_{ф} / R_{ч} , U_{пр} = I_{ч} \cdot R_{ч} = U_{ф} = 220 \text{ В}$$

Напряжение прикосновения - это разность потенциалов двух точек цепи, которых касается человек поверхностью кожи.

Однофазное прикосновение к сети с заземленной нейтралью

Этот случай менее опасен, чем двухфазное прикосновение, так как в *цепь поражения* включается сопротивление обуви $R_{об}$ и пола $R_{п}$.



A
B
C

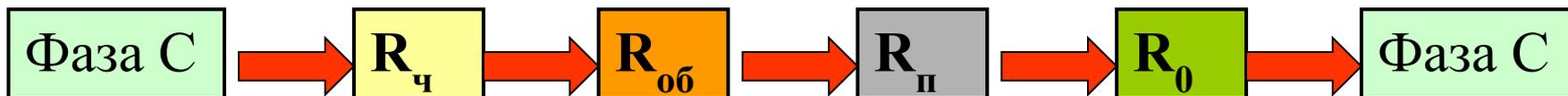
$$I_{ч} = \frac{U_{\phi}}{R_0 + R} = \frac{U_{\phi}}{R}$$

$$U_{пр} = \frac{U_{\phi} \cdot R_{ч}}{R}$$

$$R = R_{ч} + R_{об} + R_{п}$$

Путь тока - «рука-нога»

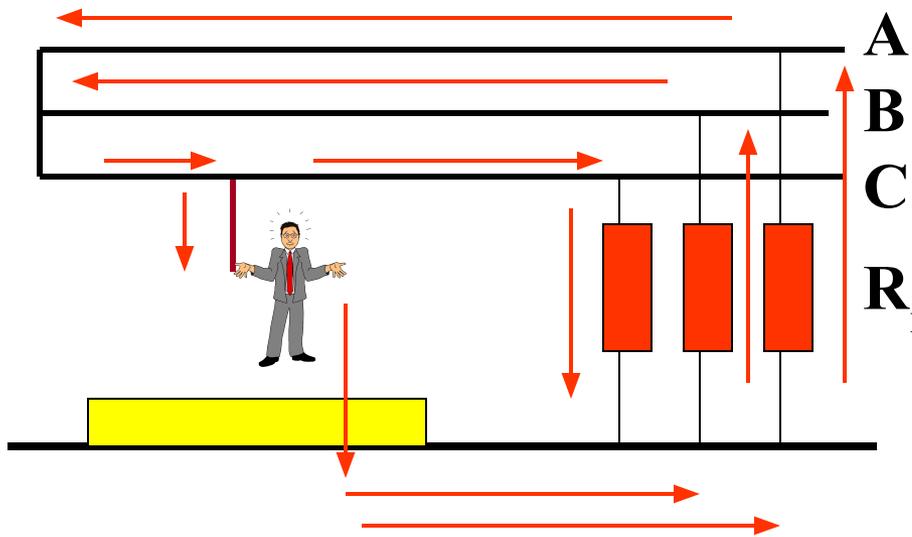
Цепь поражения:



Сети с ЗНТ применяются на предприятиях, в городах, на селе.

Однофазное прикосновение к сети с изолированной нейтралью

Этот случай менее опасен, чем для сети с ЗНТ при нормальном сопротивлении изоляции $R_{и}$ (Ом), но опасность для сети большой протяжённости может возрасти из-за наличия **ёмкостного тока**.



При одинаковом $R_{и}$ каждой фазы суммарное сопротивление изоляции равно:

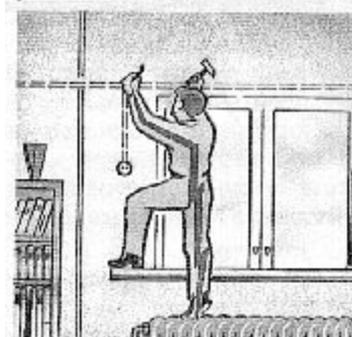
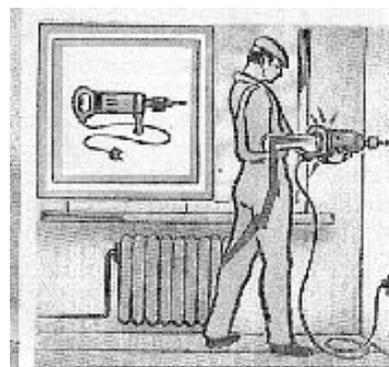
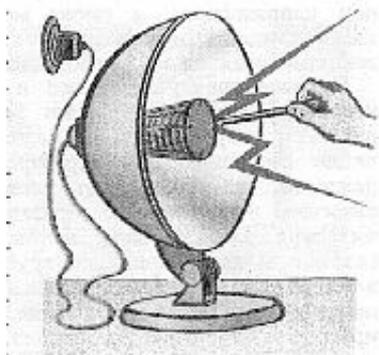
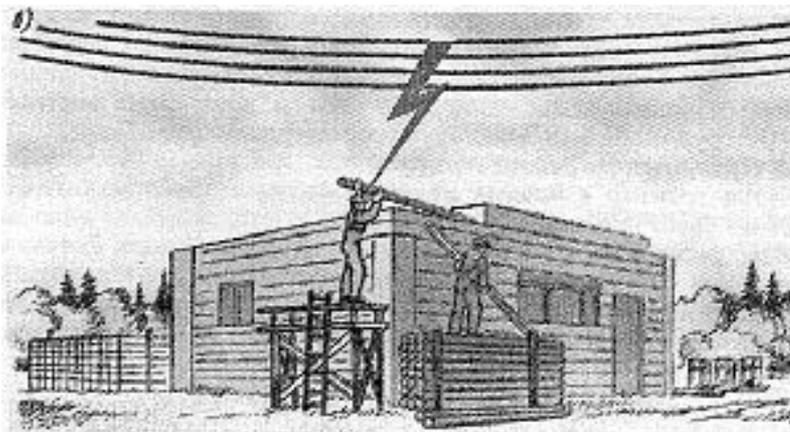
$$R_{и} \sum R_{u} = R_{u} / 3 ,$$

Путь тока - «рука-нога»

т. к. $1 / R_{u} = 1 / R_{uA} + 1 / R_{uB} + 1 / R_{uC}$

$$I_{ч} = \frac{U_{\phi}}{R + R_{u} / 3}$$

Сети с **ИНТ** применяют при небольшой протяжённости линий, **на судах**. Они требуют постоянного контроля $R_{и}$.



**Опасные ситуации поражения током
в бытовой сфере.**

Средства электробезопасности

Средства электробезопасности делят на технические и защитные.

Технические средства электробезопасности

1. Выбор электрооборудования соответствующего исполнения в зависимости от условий эксплуатации (защищённое, брызгозащищённое, взрывозащищённое и др.)
2. Изоляция токоведущих частей, которая является первой и основной ступенью защиты. Допустимое сопротивление изоляции для отдельных участков сети составляет 0,3 - 1 МОм. Изоляцию делят на рабочую, двойную и усиленную.
3. Защита от случайного прикосновения к токоведущим частям:
 - ограждения, блокировки;
 - расположение токоведущих частей на недоступной высоте;
 - защитное отключение, реагирующее на прикосновение человека к токоведущим частям.

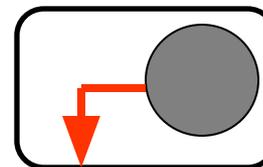
Технические средства электробезопасности (продолжение)

4. Применение малых напряжений (**12 - 42 В**) в особо опасных помещениях.

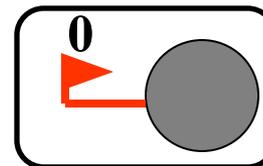
5. Средства уменьшения ёмкостного тока: включение индуктивной катушки между нейтральной точкой и землёй, разделение протяжённых сетей на отдельные участки с меньшей ёмкостью.

6. Средства защиты от пробоя фазы на корпус оборудования:

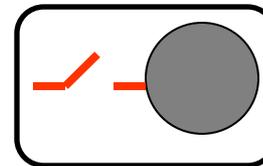
Защитное заземление



Зануление

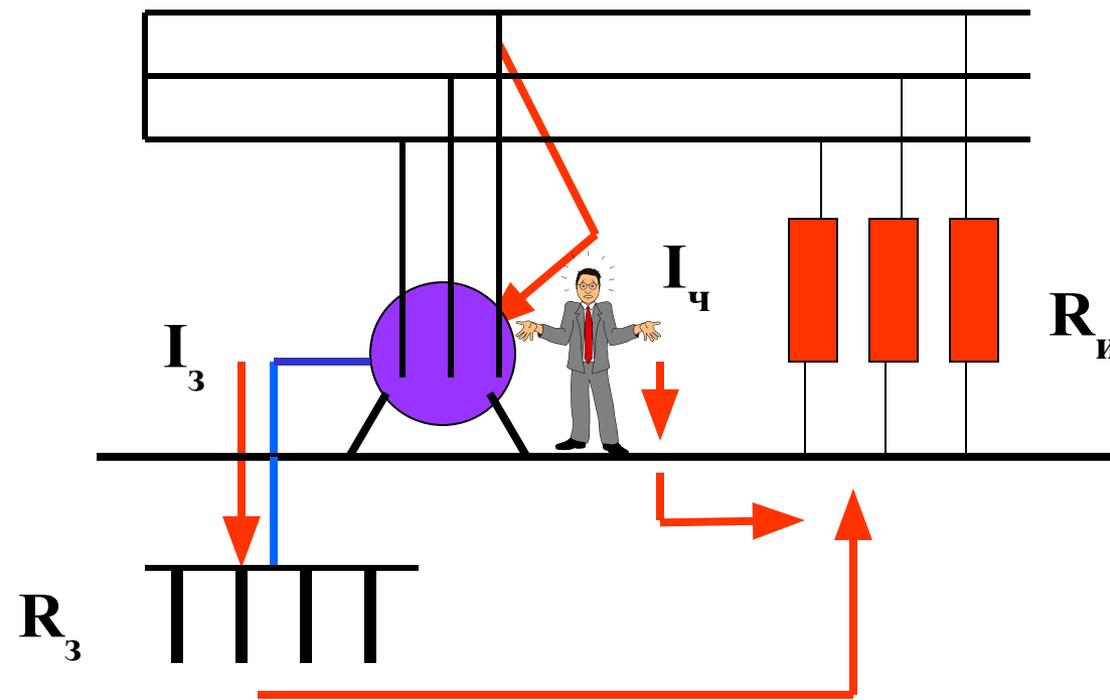


Защитное отключение



Защитное заземление

Защитное заземление - это соединение корпуса оборудования с землёй через малое по величине сопротивление (4 - 10 Ом). При пробое фазы на корпус сравниваются потенциалы оборудования $\varphi_{об}$ и основания $\varphi_{осн}$, а $U_{пр}$ и ток через человека становятся меньше. Применяется в основном в сетях с **ИНТ** до 1000 В.



$$U_{пр} = \varphi_{об} - \varphi_{осн}$$

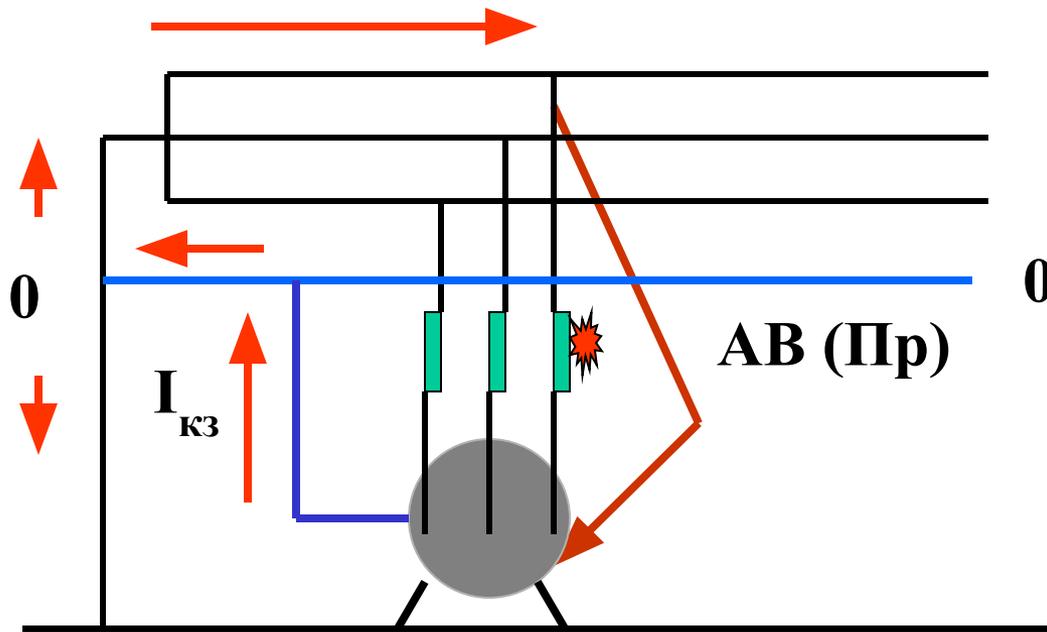
В параллельных ветвях токи обратно пропорциональны сопротивлениям.

$$I_{ч} = I_{з} \cdot \frac{R_{з}}{R},$$

где R - суммарное сопротивление человека, обуви и пола, Ом.

Зануление

Зануление - это соединение корпуса оборудования с нулевым защитным проводником. При пробое фазы на корпус возникает большой ток короткого замыкания, срабатывают автоматические выключатели (АВ) или сгорают плавкие вставки предохранителей (ПР) и установка отключается. Применяется в сетях с ЗНТ до 1000В



Условие срабатывания защиты:

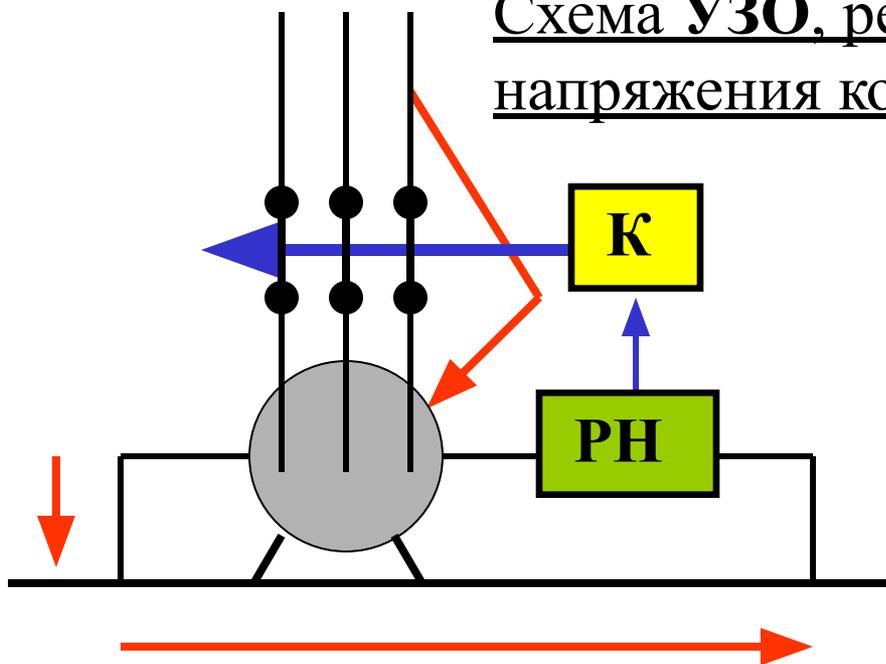
$$I_{кз} \geq I_{ном} \cdot K ,$$

где $I_{ном}$ - номинальный ток срабатывания защиты; K - коэффициент кратности тока.

Устройство защитного отключения (УЗО)

УЗО - это быстродействующая защита, реагирующая на замыкание фазы на корпус, на землю, на прикосновение человека. Характеристики **УЗО**: уставка и время срабатывания (0,05 - 0,2 с.). Применяется как самостоятельное средство защиты и в комплексе с заземлением или занулением.

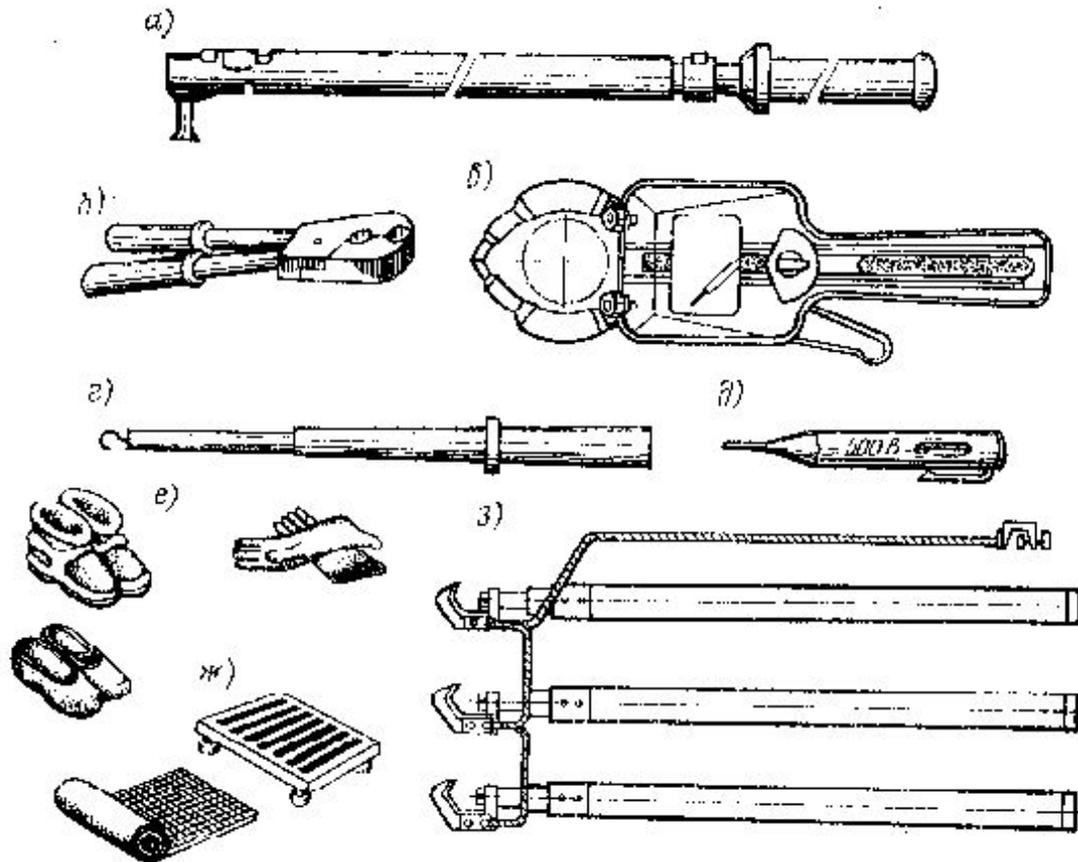
Схема УЗО, реагирующая на изменение напряжения корпуса относительно земли



При пробое фазы на корпус срабатывает реле напряжения (**РН**), настроенное на определённую уставку, и установка отключается контактором (**К**).

Электрозащитные средства

Их делят на **основные** (позволяют работать на токоведущих частях) и **дополнительные** (усиливают действие основных).



а - изолирующая штанга;

б - изолирующие клещи;

в - измерительные клещи;

г - измеритель напряжения > 1000 В;

д - то же < 1000 В;

е - диэлектрические перчатки, галоши;

ж - коврики, подставки

з - переносное заземление.

Классификация помещений по опасности поражения током (ПУЭ)

1. Помещения с повышенной опасностью характеризуются наличием *одного из следующих условий*:

- сырость (относительная влажность $> 75 \%$);
- высокая температура воздуха, длительно $> 35^{\circ}\text{C}$;
- токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы;
- возможность одновременного прикосновения к металлическим корпусам оборудования с одной стороны и к имеющим соединение с землей металлоконструкциям – с другой.

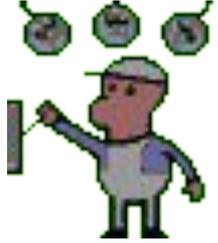
2. Особо опасные помещения характеризуются наличием *одного из трех условий*:

- особая сырость (относительная влажность воздуха $\sim 100\%$ - стены, пол и потолок покрыты влагой);
- химически активная среда, разрушающе действующая на электроизоляцию и токоведущие части оборудования;
- Наличие двух и более признаков, свойственных помещениям с повышенной опасностью.

3. Помещения без повышенной опасности

характеризуются отсутствием признаков помещений с повышенной и особой опасностью.

Организационные мероприятия

- оформление работы нарядом, устным распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
 - допуск к работе;
 - надзор во время работы;
 - оформление перерыва в работе, перевода на другое рабочее место, окончания работы.
- 
- обучение персонала правильным приемам работы с присвоением квалификационных групп (I – V). Присвоение группы производится от II группы и выше.

Основные технические средства защиты

- электрическая изоляция токоведущих частей;
- ограждение;
- сигнализация и блокировка;
- использование малых напряжений;
- электрическое разделение сети;
- защитное заземление;
- зануление;
- выравнивание потенциалов;
- защитное отключение;
- средства индивидуальной защиты.

рабочая,
дополнительная,
усиленная,
двойная.



Малое напряжение

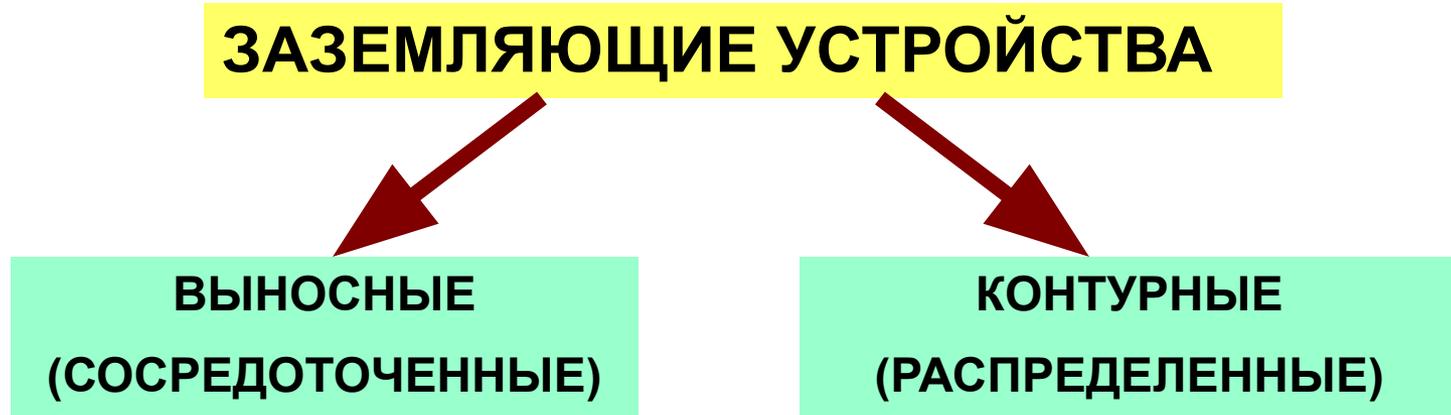
- это напряжение не более 50 В, применяемое в целях уменьшения опасности поражения электрическим током.
- При работе с ручным электроинструментом, переносными электрическими светильниками в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных используют напряжение 36 В.
- В особо опасных помещениях при особенно неблагоприятных условиях для питания ручных переносных ламп применяют напряжение 12 В.

- **Защитное заземление** – это преднамеренное электрическое соединение с землей или её эквивалентом металлических нетоковедущих частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением.
- **Назначение** – устранение опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения на корпусе электрооборудования.

- **Принцип действия** защитного заземления: снижение до безопасных значений $U_{пр}$ и $U_{ш}$, вызванных замыканием на корпус, за счет уменьшения потенциала заземленного оборудования, а также выравнивания потенциалов основания и оборудования.
- Область применения защитного заземления – трехфазные трехпроводные сети напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и выше 1000 В с любым режимом нейтрали.

- ПУЭ: сопротивление Z_3 не должно превышать:
- в установках $U < 1000$ В, если мощность источника тока (генератора или трансформатора) более 100 кВА – 4 Ом;
- в установках $U < 1000$ В, если мощность источника тока 100 кВА и менее, – 10 Ом;
- в установках $U > 1000$ В с эффективно заземленной нейтралью (с малыми токами замыкания на землю $I_3 < 500$ А) – 0,5 Ом;
- в установках $U > 1000$ В с изолированной нейтралью – $250/I_3$, но не более 10 Ом;
- в установках $U > 1000$ В с изолированной нейтралью, если заземляющее устройство одновременно используют для электроустановок напряжением до 1000 В, – $125/I_3$, но не более 10 Ом (или 4 Ом, если это требуется для установок до 1000 В).

- ***Заземляющее устройство*** – это совокупность заземлителя (металлических проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей) и заземляющих проводников, соединяющих заземляемые части электроустановки с заземлителем.



ЗАЗЕМЛИТЕЛИ

```
graph TD; A[ЗАЗЕМЛИТЕЛИ] --> B[ИСКУССТВЕННЫЕ]; A --> C[ЕСТЕСТВЕННЫЕ];
```

ИСКУССТВЕННЫЕ

- предназначены исключительно для целей заземления.
- вертикальные и горизонтальные электроды из стальных труб, уголков, прутков, полос.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ

- находящиеся в земле металлические предметы иного назначения: железобетонные фундаменты, металлические конструкции, свинцовые оболочки кабелей, трубопроводы.
- **за исключением трубопроводов горючих жидкостей или газов.**

- **Зануление** предназначено для устранения опасности поражения электрическим током при замыкании на корпус электроустановок, работающих под напряжением до 1000 В в трехфазных четырехпроводных сетях с глухозаземленной нейтралью.
- Зануление - это преднамеренное соединение металлических нетоковедущих частей оборудования, которые могут оказаться под напряжением, с нулевым защитным проводником.
- Зануление превращает пробой на корпус в короткое замыкание и способствует протеканию тока большой силы через устройства защиты сети □ к быстрому отключению поврежденного оборудования от сети.

Изолирующие электрозащитные средства

```
graph TD; A[Изолирующие электрозащитные средства] --> B[основные]; A --> C[дополнительные]
```

основные

дополнительные

- **Основные изолирующие электроразщитные средства** способны длительное время выдерживать рабочее напряжение электроустановки.
- в электроустановках напряжением до **1000 В** – диэлектрические перчатки, инструмент с изолирующими рукоятками и указатели напряжения до 1000 В;
- электроустановках напряжением **выше 1000 В** – изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, а также указатели напряжения выше 1000 В.



- **Дополнительные изолирующие электрозащитные средства** обладают недостаточной электрической прочностью и не могут самостоятельно защищать человека от поражения током. Их назначение – усилить защитное действие основных изолирующих средств.
- в электроустановках напряжением до **1000 В** – диэлектрические галоши, коврики и изолирующие подставки;
- в электроустановках напряжением **выше 1000 В** – диэлектрические перчатки, боты, коврики, изолирующие подставки.



Плакаты и знаки безопасности

- **Предупреждающие:** Стой! Напряжение, Не влезай! Убьет, Испытание! Опасно для жизни;



- **Запрещающие:** Не включать! Работают люди, Не открывать! Работают люди, Работа под напряжением! Повторно не включать;

- **Предписывающие:** Работать здесь, “Влезать здесь”;

- **Указательные:** Заземлено

