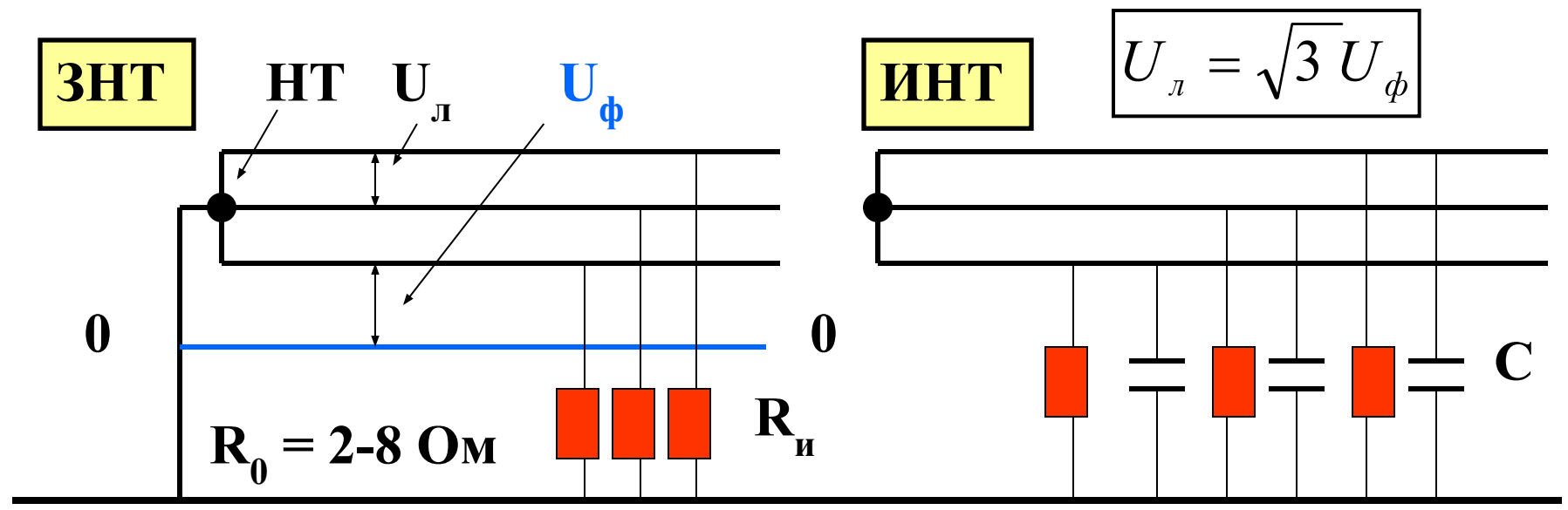


# 2.8. Электрический ток.

## Анализ опасности поражения током

### Схемы электрических сетей



**ЗНТ** - сеть с заземлённой нейтральной точкой трансформатора;

**ИНТ** - сеть с изолированной нейтральной точкой (НТ);

**АНВ**

**(0 - 0)** - нулевой защитный проводник;  $R_0$  - рабочее заземление НТ;

$R_{и}$  - сопротивление изоляции фазы относительно земли;  $C$  - ёмкость;

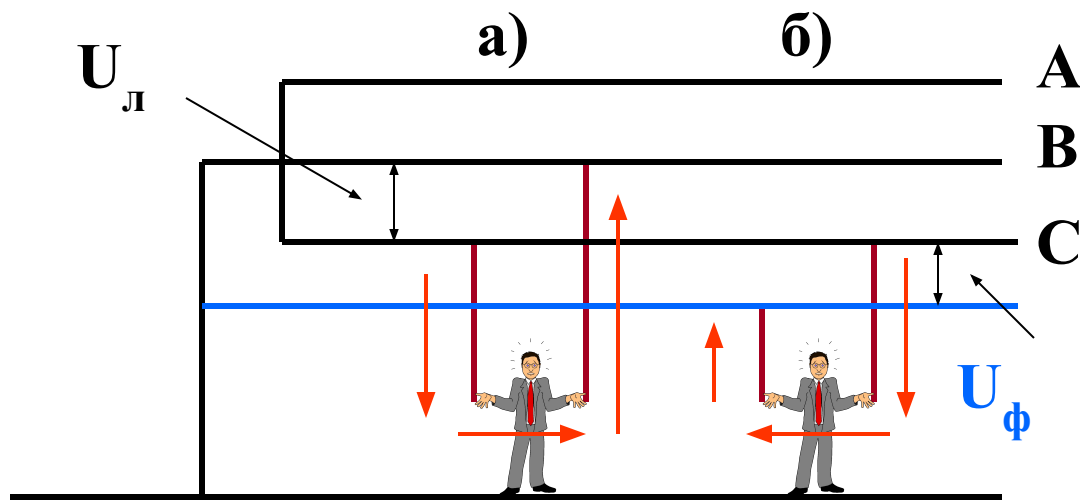
$U_{л}$  - линейное напряжение (380В);  $U_{\phi}$  - фазное напряжение (220В).

## 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.

# 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»

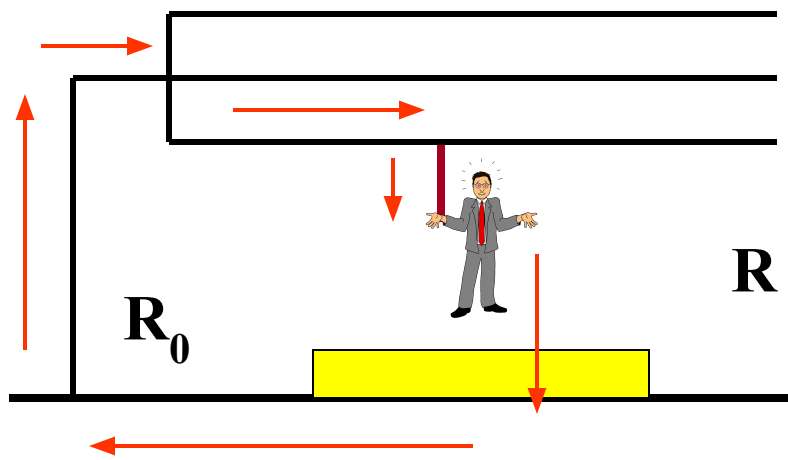
$$\text{а) } I_{ч} = U_{л} / R_{ч} , U_{пр} = I_{ч} \cdot R_{ч} = U_{л} = 380 \text{ В}$$

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

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

# Однофазное прикосновение к сети с ЗНТ

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



А  
В  
С

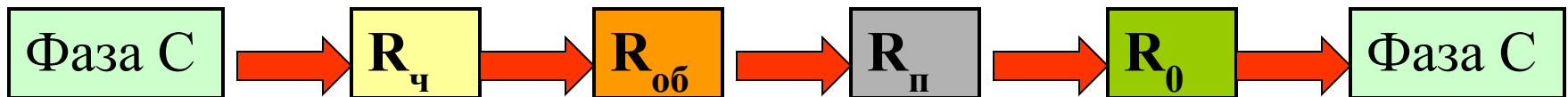
$$I_{ч} = \frac{U_{\phi}}{R_0 + R} = \frac{U_{\phi}}{R}$$

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

$$R = R_{ч} + R_{об} + R_{п}$$

Путь тока -  
«рука-нога»

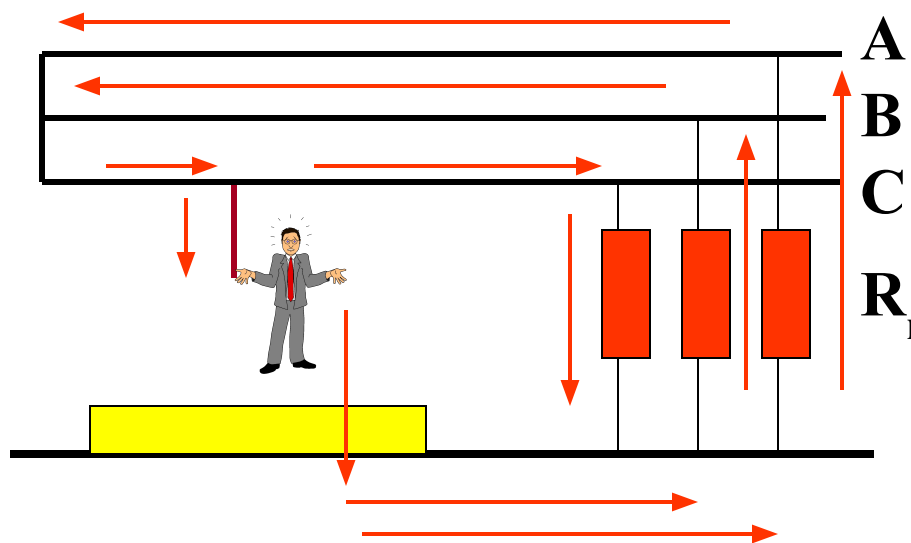
Цепь поражения:



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

# Однофазное прикосновение к сети с ИНТ

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:

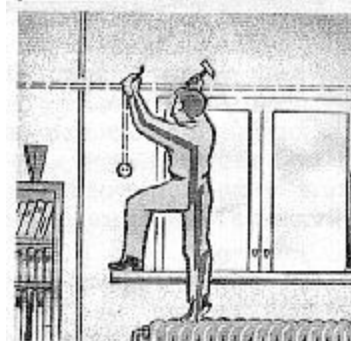
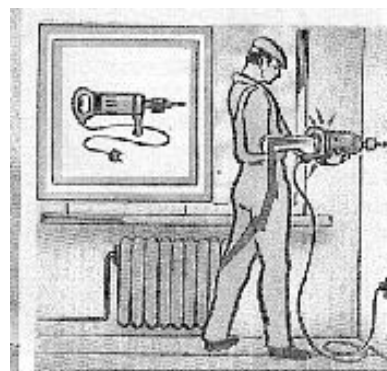
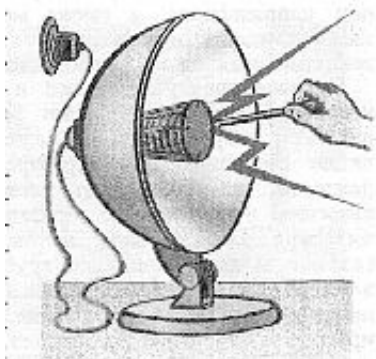
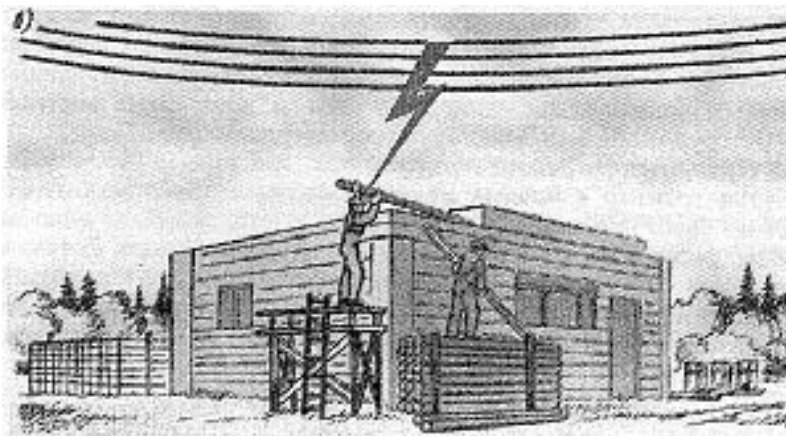
$$R_{и} \sum R_{u} = R_{u} / 3,$$

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  $R_{и}$ .



**Рис. 42 Опасные ситуации поражения током в бытовой сфере.**

# 1

# Воздействие тока на человека

## Электрические травмы

1. Ожоги - токовые и дуговые.
2. Электрические знаки - это метки тока, возникающие в месте входа тока или по пути прохождения тока (разводы и тёмные пятна)
3. Металлизация кожи - это проникновение брызг расплавленного металла от дуги в кожу.
4. Механические повреждения от судорожных сокращений мышц.
5. Электроофтальмия - это повреждение роговицы глаз от электрической дуги (например, при сварке).

## 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.

АНВ

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).



# 3 Факторы, влияющие на опасность поражения током

1. Сила тока, время и путь его прохождения через человека (наиболее опасные пути - «рука-рука», «рука-нога», «левая рука-ноги»).
2. Род и частота тока (переменный ток считается более опасным, чем постоянный, причем с повышением частоты опасность тока снижается.)
3. Вид электрической сети (обычно сети с ЗНТ более опасны, чем сети с ИНТ).
4. Сопротивление тела человека, которое лежит в пределах 0,3 - 100 кОм, но обычно составляет 2000 - 10000 Ом, причём сопротивление внутренних органов человека равно 300 - 500 Ом. При расчётах сопротивление человека  $R_{\text{ч}}$  принимается **1000 Ом**.

## $R_{\text{ч}}$ зависит от:

состояния кожи (сухая, влажная, повреждённая);  
состояния здоровья, психофизиологических особенностей, фактора «внимания».

# 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**.

# 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.

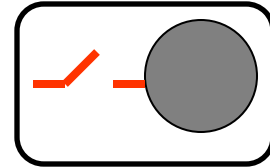
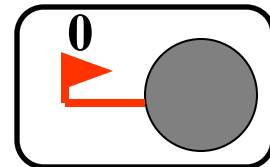
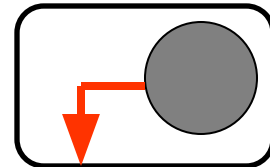
5. Средства уменьшения ёмкостного тока: включение индуктивной катушки между нейтральной точкой и землёй, разделение протяжённых сетей на отдельные участки с меньшей ёмкостью.

6. Средства защиты от пробоя фазы на корпус оборудования:

**Защитное заземление**

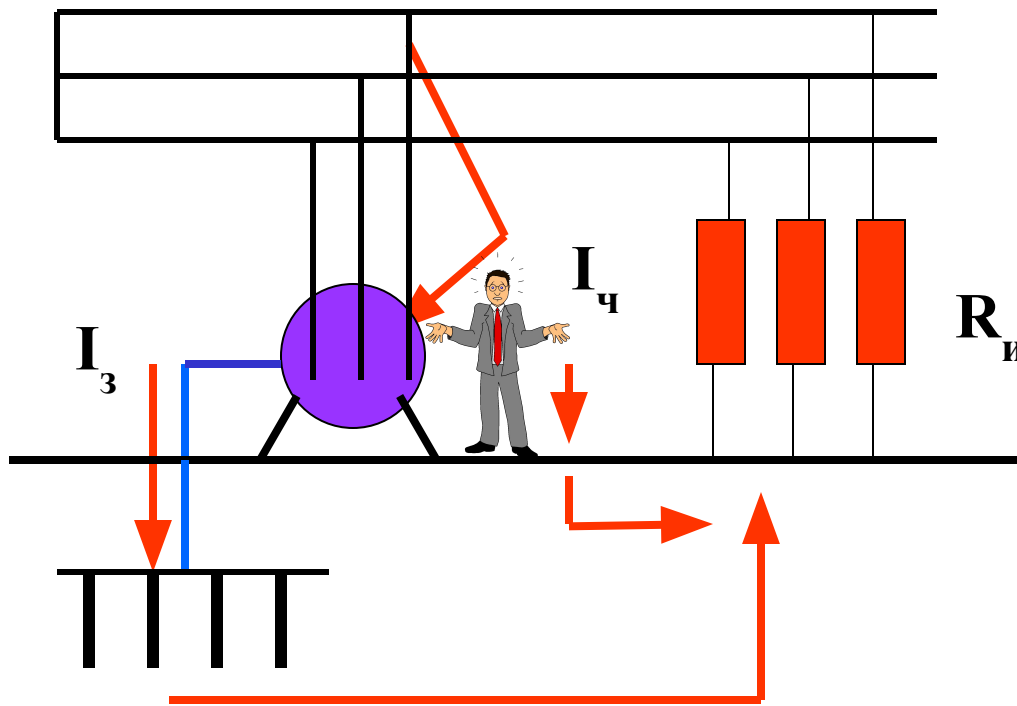
**Зануление**

**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.



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

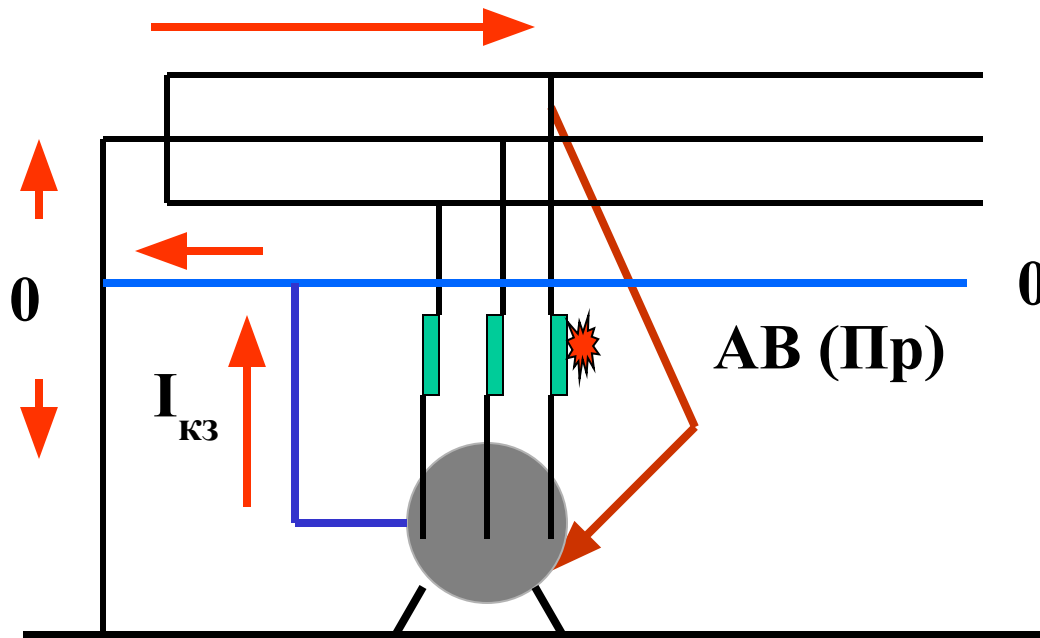
*В параллельных ветвях токи обратно пропорциональны сопротивлениям.*

$$I_{ч} = I_3 \cdot \frac{R_3}{R}$$

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:**

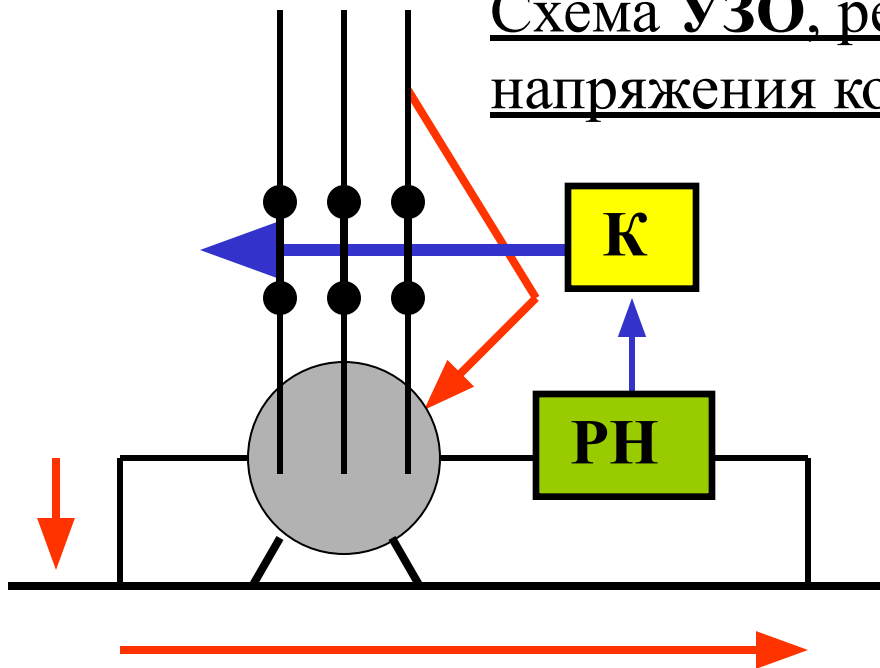
$$I_{кз} \geq I_{ном} \cdot K ,$$

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.

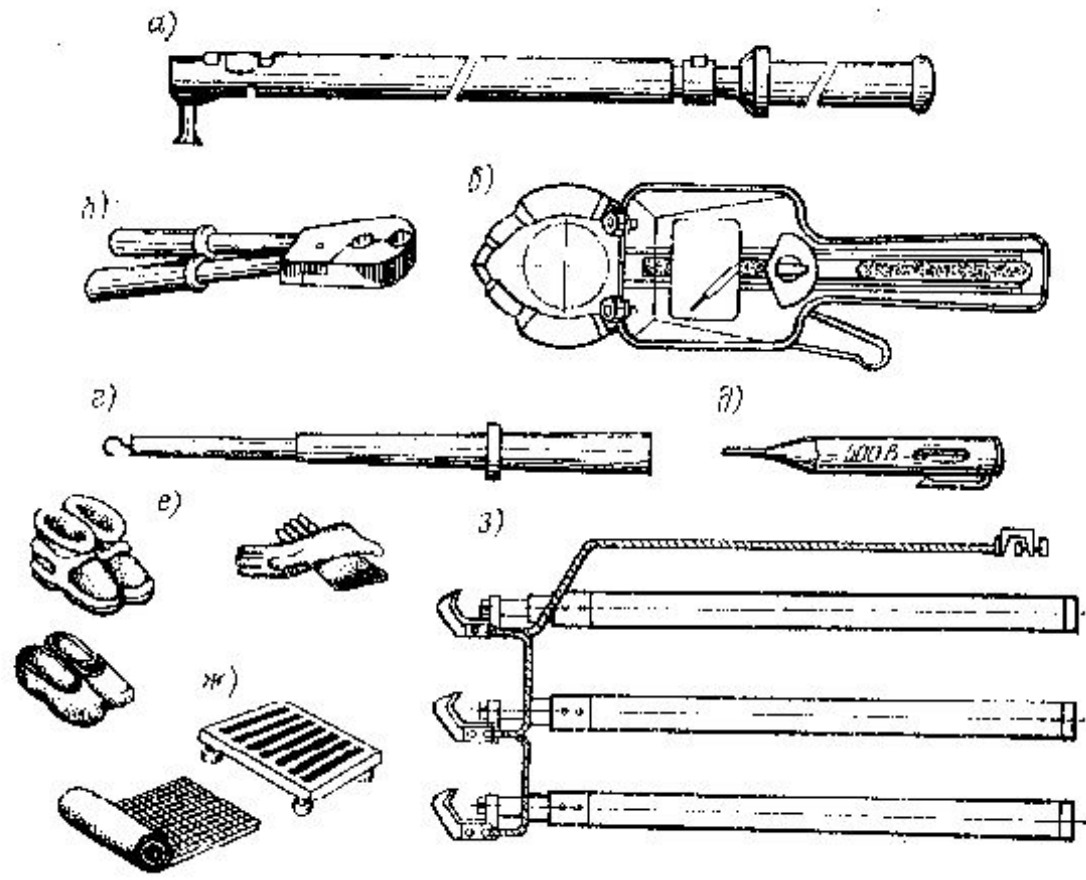
Схема УЗО, реагирующая на изменение напряжения корпуса относительно земли



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.

Рис. 43



# Первая помощь пострадавшим от электрического тока

## Освобождение пострадавшего от тока

Главное это быстрота действий, так как, чем больше времени человек находится под током, тем меньше шансов на его спасение.

Прежде всего необходимо отключить установку с помощью рубильника, штепсельного разъёма или вывернуть пробку.

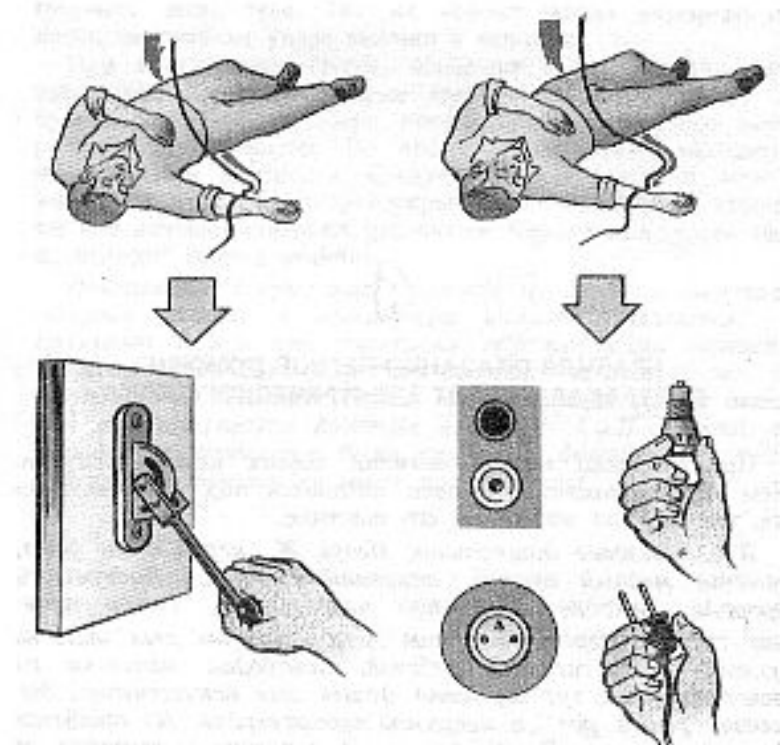


Рис. 44

## Освобождение пострадавшего от тока (продолжение 1)

Если отключить электропитание нет возможности, действия по спасению человека должны выбираться в зависимости от напряжения: обычные сети (до 1000 В) или высоковольтные сети (более 1000 В).

### Сети до 1000 В

Для отделения пострадавшего от провода можно использовать одежду, канат, палку, доску. Эти предметы должны быть обязательно сухими. Не следует прикасаться к ногам пострадавшего, так как обувь может быть сырой. Для изоляции рук спасающего используют резиновые перчатки, шарф, рукав, сухую материю. Можно встать на сухую доску или подстилку. Для прерывания тока необходимо подсунуть под пострадавшего сухую доску, перерубить провод топором с деревянной сухой ручкой.

# Освобождение пострадавшего от тока (продолжение 2)

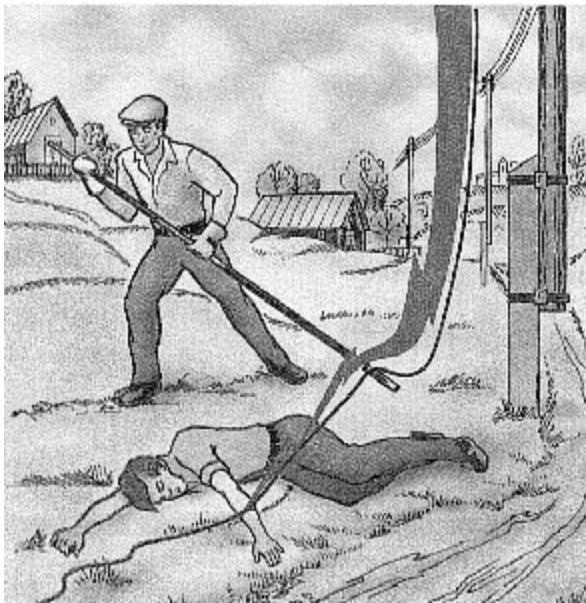
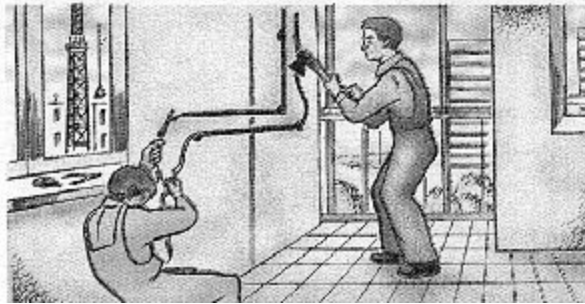


Рис. 45

# Освобождение пострадавшего от тока (продолжение 3)

**Сети более 1000 В**

В таких сетях для отделения пострадавшего от тока необходимо обязательно использовать электрозащитные средства: изолирующие боты, диэлектрические перчатки, а действовать надо изолирующей штангой.

## Определение состояния пострадавшего

1. Немедленно уложить пострадавшего на спину.
2. Расстегнуть стесняющую дыхание одежду.
3. Проверить по движению грудной клетки наличие дыхания.
4. Проверить наличие пульса.
5. Проверить состояние зрачка (узкий или широкий).
6. Обеспечить покой пострадавшему до прибытия врача.

В случае редкого дыхания или при отсутствии признаков жизни необходимо делать искусственное дыхание и непрямой массаж сердца.