

# Анализ опасности поражения током в различных электрических сетях

Прохождение тока через человека, является следствием его прикосновения не менее, чем к двум точкам электрической цепи, между которыми есть некоторая разность потенциалов (напряжение).

Опасность такого прикосновения неоднозначна и зависит от ряда факторов:

- схемы включения человека в электрическую цепь;
- напряжения сети;
- схемы самой сети;
- режима нейтрали сети;
- степени изоляции токоведущих частей от земли;
- ёмкости токоведущих частей относительно земли.

## Классификация сетей напряжением до 1000 В

### Однофазные сети

Однофазные сети разделяются на двухпроводные и однопроводные.

#### Двухпроводные

Двухпроводные сети делятся на изолированные от земли и с заземлённым проводом.

##### Изолированные от земли



Однофазная сеть. Двухпроводная изолированная от земли

##### С заземлённым проводом



Однофазная сеть. Двухпроводная с заземлённым проводом

Данные сети широко используются в народном хозяйстве, начиная с питания малым напряжением переносного инструмента и заканчивая питанием мощных однофазных потребителей.

### Однопроводные

В случае однопроводной сети, роль второго провода выполняет земля, рельс и т.д.



Однофазная сеть. Однопроводная

Основное применение данные сети получили в электрифицированном транспорте (электровозы, трамваи, метро и т.д.).

## Трёхфазные сети

В зависимости от режима нейтрали источника тока и наличия нейтрального или нулевого проводника могут быть выполнены по четырём схемам.

**Нейтральная точка источника тока** - точка трехфазной обмотки (генератора или трансформатора), которая характеризуется одинаковым действующим значением напряжения по отношению к любой фазе источника тока. Такая точка получается при соединении обмоток в звезду.

**Нулевая точка источника тока** - заземлённая нейтральная точка.

Проводник, присоединённый к нейтральной точке, называется нейтральным проводником (нейтралью), а к нулевой точке - нулевым проводником.

### 1. Трёхпроводная сеть с изолированной нейтралью



Трёхфазная сеть. Трёхпроводная с изолированной нейтралью

### 2. Трёхпроводная сеть с заземлённой нейтралью



Трёхфазная сеть. Трёхпроводная с заземлённой нейтралью.

### 3. Четырёхпроводная сеть с изолированной нейтралью



Трёхфазная сеть. Четырёхпроводная с изолированной нейтралью.

#### 4. Четырёхпроводная сеть с заземлённой нейтралью



Трёхфазная сеть. Четырёхпроводная с заземлённой нейтралью.

При напряжении до 1000В в нашей стране используются схемы «1» и «4».

### Схемы включения человека в электрическую цепь

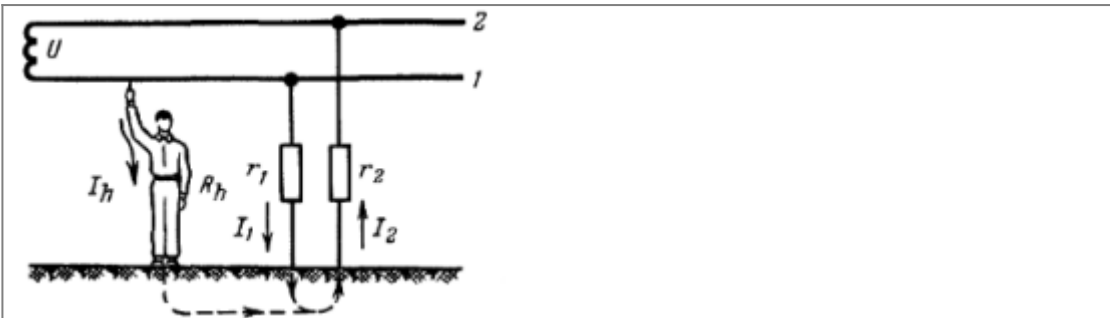
- **Двухфазное прикосновение** - между двумя фазами электрической сети. Как правило, наиболее опасное т.к., имеет место быть линейное напряжение. Однако данные случаи довольно редки.
- **Однофазное прикосновение** - между фазой и землёй. При этом предполагается наличие электрической связи между сетью и землёй.

**Подробнее о схемах включения человека в цепь см. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках.**

#### Однофазные сети

##### Изолированная от земли

- *Нормальный режим*

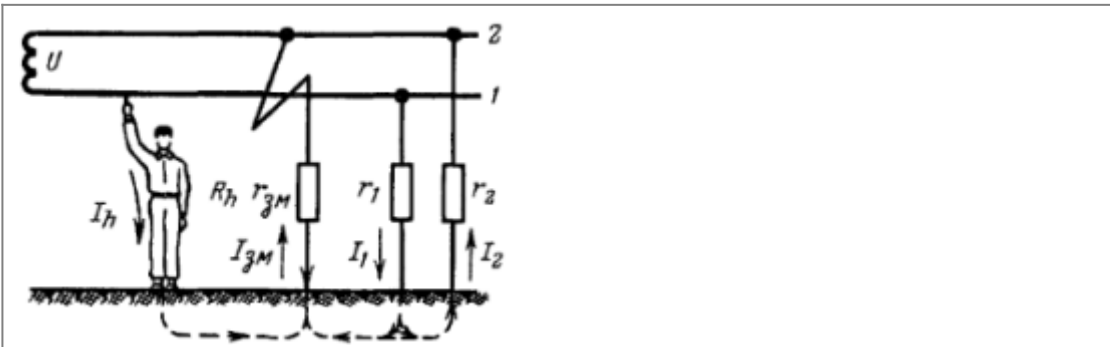


Прикосновение человека к однофазной двухпроводной изолированной от земли сети. Нормальный режим работы сети.

Чем лучше изоляция проводов относительно земли, тем меньше опасность однофазного прикосновения к проводу.

Прикосновение человека к проводу с большим электрическим сопротивлением изоляции более опасно.

- *Аварийный режим*



Прикосновение человека к однофазной двухпроводной изолированной от земли сети. Аварийный режим работы сети.

При замыкании провода на землю, человек прикоснувшийся к исправному проводу, оказывается под напряжением, равным почти полному напряжению линии, независимо от сопротивления изоляции проводов.

### С заземлённым проводом

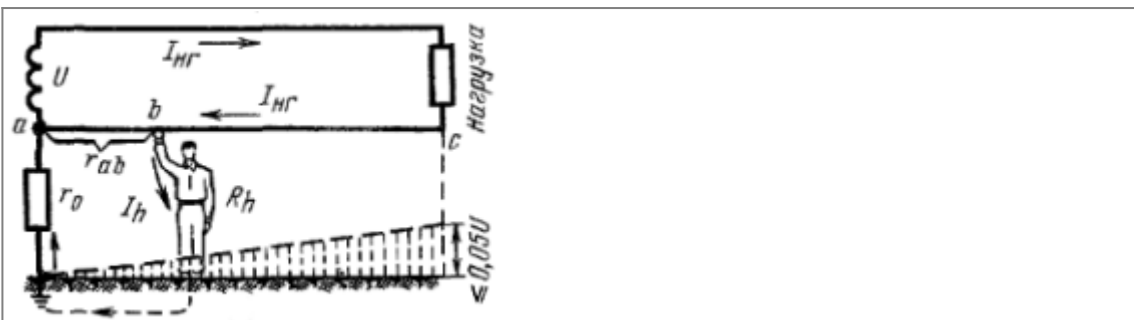
- Прикосновение к незаземлённому проводу



Прикосновение человека к незаземлённому проводнику однофазной двухпроводной сети. Нормальный режим работы сети.

В данном случае, человек оказывается практически под полным напряжением сети.

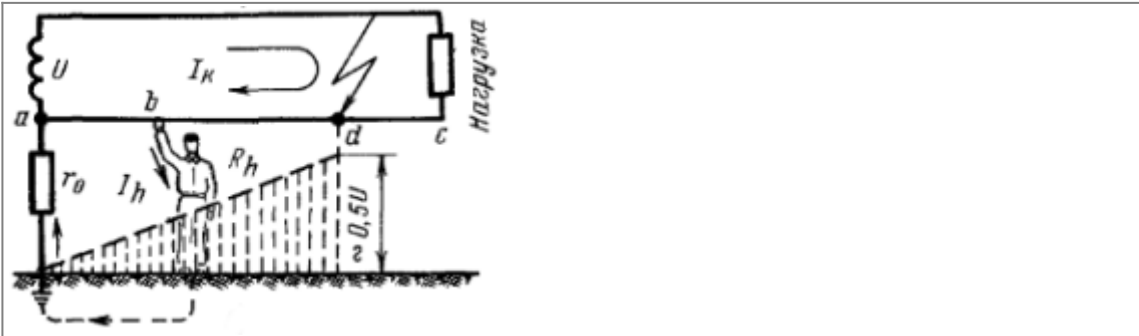
- Прикосновение к заземлённому проводу



Прикосновение человека к заземлённому проводнику однофазной двухпроводной сети. Нормальный режим работы сети.

В нормальных условиях прикосновение к заземлённому проводу практически не опасно.

- Прикосновение к заземлённому проводу. Аварийный режим работы



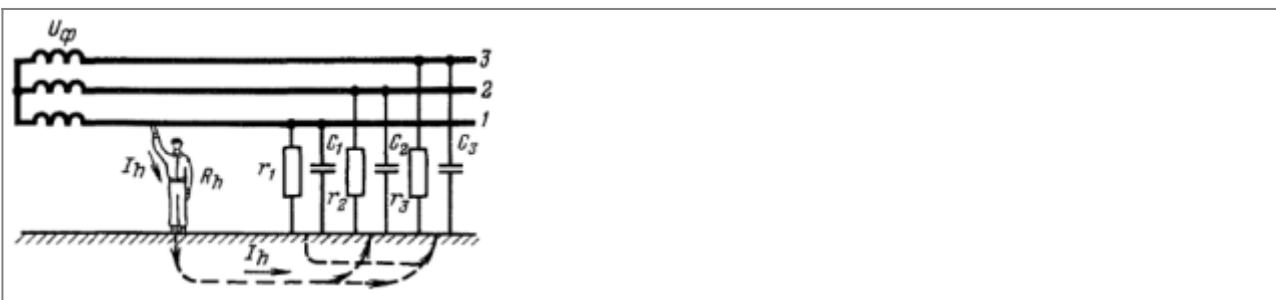
Прикосновение человека к заземлённому проводнику однофазной двухпроводной сети. Аварийный режим работы сети.

При коротком замыкании напряжение на заземлённом проводе может достигать опасных значений.

## Трёхфазные сети

### С изолированной нейтралью

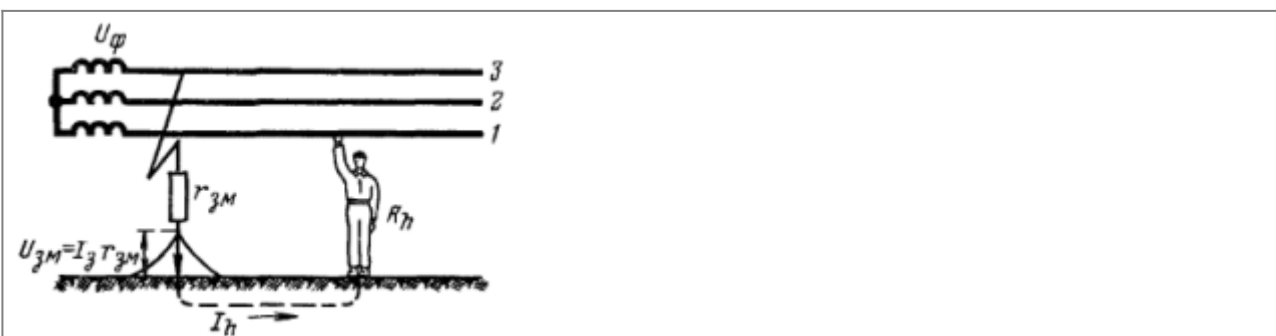
- Нормальный режим



Прикосновение человека к проводу трёхфазной трёхпроводной сети с изолированной нейтралью. Нормальный режим работы.

Опасность прикосновения определяется полным электрическим сопротивлением проводов относительно земли, с увеличением сопротивления, опасность прикосновения уменьшается.

- Аварийный режим

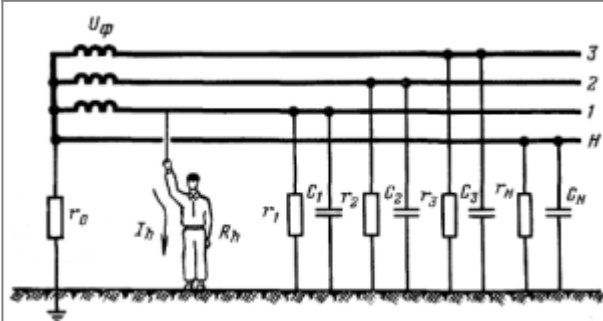


Прикосновение человека к проводу трёхфазной трёхпроводной сети с изолированной нейтралью. Аварийный режим работы.

Напряжение прикосновения практически равно линейному напряжению сети. Наиболее опасный случай.

## С заземлённой нейтралью

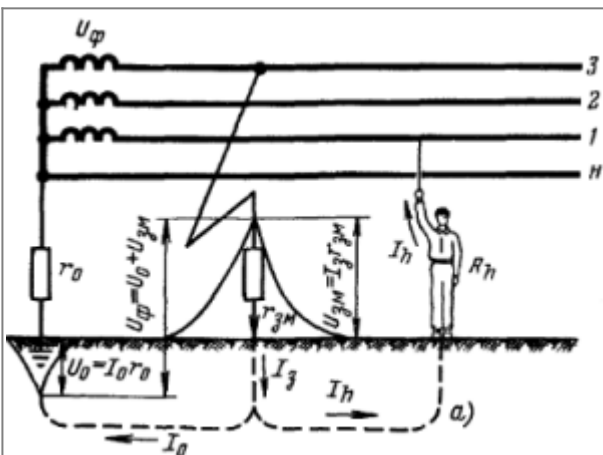
- Нормальный режим



Прикосновение человека к проводу трёхфазной четырёхпроводной сети с заземлённой нейтралью. Нормальный режим работы.

Человек в данном случае оказывается практически под фазным напряжением сети.

- Аварийный режим



Прикосновение человека к проводу трёхфазной четырёхпроводной сети с заземлённой нейтралью. Аварийный режим работы.

Величина напряжения прикосновения лежит между линейным и фазным напряжением, зависит от соотношения между сопротивлением замыкания на землю  $r_{\text{ЗМ}}$  и сопротивлением заземления  $r_0$ .

## Меры обеспечения электробезопасности

- Исключение контакта человека с токоведущими частями.  
Релаизуется посредством расположения токоведущих частей в недосягаемых местах (на высоте, в кабельных каналах, коробах, трубах и т.д.)
- Использование малых напряжений (12, 24, 36 В).  
Например, для питания ручного инструмента в помещениях с повышенной опасностью поражения электрическим током.
- Использование двойной изоляции.

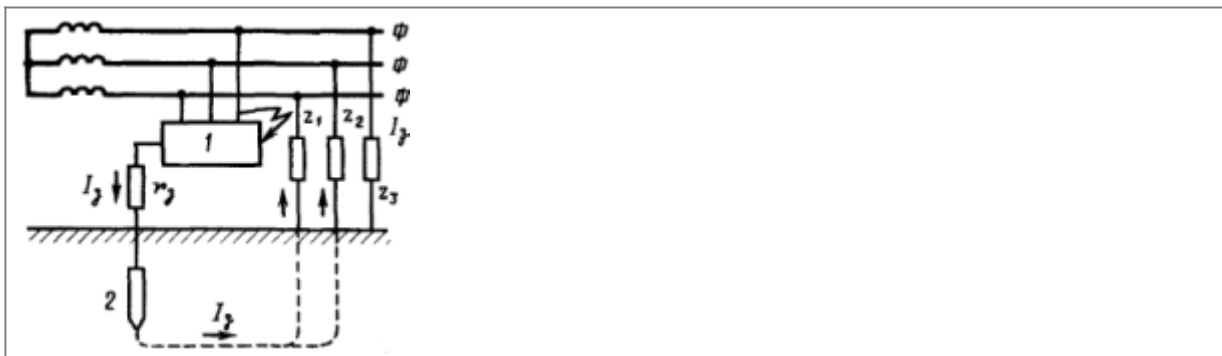
Например, выполнение корпуса электроустановки из диэлектрика.

- Применение средств индивидуальной защиты.  
Перед применением СИЗ необходимо обязательно убедиться в их исправности, целостности, а также проверить сроки предыдущей и последующей поверки инструмента.

Основные защитные средства обеспечивают непосредственную защиту от поражения электрическим током.

Дополнительные защитные средства не могут самостоятельно обеспечить безопасность, но могут помочь при использовании основных средств.

- Контроль изоляции оборудования и сетей.
  - Выходной контроль.
  - Плановый.
  - Внеочередной и т.д.
- Защитное разделение сетей.  
Позволяет уменьшить ёмкость линий вблизи потребителей электрической энергии.
- Защитное заземление - преднамеренное электрическое соединение металлических нетоковедущих частей, могущих оказаться под напряжением, с землёй или её эквивалентом (популярно о заземлении на [geektimes.ru](http://geektimes.ru)).



Принципиальная схема защитного заземления в сетях с изолированной нейтралью до 1000В.

В сетях до 1000 В защитное заземление применяется в сетях с *изолированной* нейтралью. Принцип действия заключается в уменьшении до безопасного значения напряжения прикосновения.

Когда заземление невозможно, в целях защиты выравнивают потенциал основания на котором стоит человек и оборудования, путём повышения. Например, соединение ремонтной корзины с фазным проводником ЛЭП.

Заземлители делятся на:

- Искусственные, предназначенные для целей заземления непосредственно.
- Естественные, находящиеся в земле металлические предметы иного назначения, которые могут быть использованы в качестве заземлителей. Исключения по критерию взрывопожароопасности (газопроводы и т.д.).

Сопротивление заземления должно быть не более нескольких Ом. При этом со временем в результате коррозии сопротивление заземлителя возрастает. Поэтому его величина должна периодически контролироваться (зима/лето).

- Защитное зануление - преднамеренное соединение металлических нетоковедущих частей, могущих оказаться под напряжением, с многократно заземлённым нулевым защитным проводником.

