

## ЛЕКЦИЯ 9

### ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Любое современное производство, в том числе и теплоэнергетическое, насыщено электрооборудованием, измерительной техникой, автоматикой. Помещения котельных, теплопотребляющего и вспомогательного оборудования, в которых размещаются эти электроустановки, отмечаются, как правило, повышенной температурой, влажностью, наличием большого количества металлического оборудования, соединенного с землей. Все это создает условия повышенной опасности поражения электрическим током, а в ряде случаев - особо опасные условия.

В зависимости от возможности поражения людей электрическим током помещения подразделяются на три категории:

**1. Без повышенной опасности** - в помещении отсутствуют условия, создающие повышенную опасность или особую опасность.

**2. С повышенной опасностью** - для помещений характерно наличие одного из следующих условий:

- 1) сырости или токопроводящей пыли;
- 2) токопроводящих полов - металлических, земляных, кирпичных и т.д.;
- 3) высокой температуры;
- 4) возможности одновременного прикосновения человека к металлическим частям, имеющим соединения с землей, и к металлическим корпусам электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции.

**3. Особо опасные** – помещения характеризуются наличием одного из следующих условий:

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

Топки котлов, газоходы, металлические резервуары, конденсаторы и другие емкости приравниваются к категориям особо опасных помещений.

Территории наружных или открытых электроустановок приравниваются к особо опасным помещениям.

#### Причины электротравматизма на производстве

Электротравматизм вызывается рядом причин: несоблюдением ПУЭ, неудовлетворительной эксплуатацией электрического оборудования; низким качеством изоляции электрического оборудования и проводников; пренебрежением требований ТБ обслуживающим персоналом и населением.

Анализ смертельных несчастных случаев на производстве показывает, что на долю поражений электрическим током приходится 40 %. Большая часть смертельных электропоражений (до 80 %) наблюдается в

электрических установках напряжением до 1000 В. Защитные меры должны обеспечить безопасность людей. Чтобы определить требования к защитным мерам, надо ознакомиться с действием электрического тока на организм человека, определить допустимые значения тока на организм человека и приложенного напряжения.

### **Воздействие электрического тока на человека**

Отличие воздействия электрического тока на человека от действий других опасных производственных факторов заключается в том, что человек, не имея специальных приборов, только органами чувств не может определить наличие или отсутствие напряжения на электроустановке. Поэтому, защитная реакция организма проявляется уже после того, как человек попал под действие тока.

**Виды поражений электрическим током:** электрические травмы, электрические удары, смешанные – одновременно электрическая травма и электрический удар.

#### **Виды электрических травм:**

- электрический знак представляет собой омертвевшую кожу в виде мозоли. С течением времени (иногда годы) эти знаки постепенно исчезают, возникают при хорошем контакте с токоведущими частями;

- электрические ожоги могут возникнуть при воздействии электрической дуги, температура которой достигает нескольких тысяч градусов; а также при прохождении через тело человека больших токов (более 1 А). Ожоги электричеством вызывают ожоговую болезнь, при которой поражаются глуболежащие ткани, исход поражения зависит от площади пораженной кожи;

- механические повреждения (ушибы, переломы) - при падении с высоты или потери сознания, вызванные действием электрического тока;

- электроофтальмия – поражение глаз вследствие воздействия ультрафиолетового излучения электрической дуги или ожогов;

- электрометаллизация кожи – проникновение под поверхность кожи частиц металла вследствие разбрызгивания и испарения его под действием тока, например при горении дуги.

Электрический удар наблюдается при воздействии малых токов (до несколько сотен миллиампер) и соответственно при небольших напряжениях (до 1000 В). При такой малой мощности выделение теплоты ничтожно и не вызывает ожога. Ток действует на нервную систему и мышцы. Проявляется в виде произвольных судорожных сокращений мышц. Эти судороги могут сопровождаться потерей сознания, но с сохранением дыхания и работы сердца или потерей сознания и одновременно нарушением дыхания и сердечной деятельности вплоть до полной остановки.

#### **Электрические удары подразделяются на 4 вида:**

- сокращение мышц без потери сознания;

- потеря сознания, но нормальное дыхание и сердцебиение;

- потеря сознания, прерывистое дыхание;
- клиническая смерть.

Наиболее опасным для человека является переменный ток с частотой 50 – 500 Гц. Способность самостоятельного освобождения от токоведущих частей сохраняется лишь при очень малом токе (до 10 мА).

Постоянный ток тоже опасен, но самостоятельно освободиться от него возможно при несколько больших значениях (20 – 25 мА).

По данным ряда исследований воздействие переменного электрического тока (50 Гц) на человека сопровождается следующими ощущениями:

менее 1 мА – не ощущаются;

2 - 8 мА – вызывают ощутимые безболезненные раздражения; управление мышцами не утрачено, возможно, самостоятельное освобождение от контакта с частями, находящимися под напряжением;

8 - 10 мА – ощущения болезненны; самостоятельное освобождение от тока возможно с трудом;

10 – 50 мА – не отпускающий ток, вызывает судорожное сокращение мышц руки, в которой зажат проводник; дыхание затруднено; самостоятельное освобождение от воздействия тока не возможно;

50 – 100 мА – паралич дыхания, возможна фибрилляция сердца, приводящая к смерти;

100 – 200 мА – фибрилляционный ток, вызывает фибрилляцию сердца, приводящую к смерти; паралич дыхания, возможны ожоги.

Существует такое понятие, как пороговый ток.

**Пороговыми** называются наименьшие значения токов, вызывающих соответствующую реакцию:

ПОТ – пороговый ощутимый ток, - 1,5 – 2 мА;

ПНТ – пороговый неотпускающий ток – 10 – 15 мА;

ПСТ – пороговый фибрилляционный ток (смертельный) – 100 мА.

Исход воздействия тока на человека зависит от многих факторов: схемы включения человека в цепь, электрического тока; напряжения сети, питающей электрическую установку; типа сети; режима её нейтрали; значений сопротивлений изоляции проводов сети и емкости проводов сети относительно земли; режима работы сети (в нормальном режиме или аварийном, когда один из проводов сети замкнут на землю); от силы тока, длительности его воздействия и пути прохождения тока через тело человека; физического и психического состояния человека. Т.е. опасность поражения человека электрическим током не является однозначной.

## Нормирование

Анализ опасности поражения человека электрическим током в электрических установках сводится к определению значения тока в цепи тела человека  $I_h$ . Значения этого тока зависят от напряжения прикосновения – это напряжения между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землей при одновременном прикосновении к ним человека или

животного. По-другому, напряжения прикосновения – это падение напряжения на сопротивлении тела человека (животного).

$$U_h = I_h \cdot R_h,$$

где  $U_h$  - напряжение прикосновения;

$I_h$  – ток, протекающий через тело человека;

$R_h$  - активное сопротивление тела человека (для расчетов  $R_h = 1000 \text{ Ом}$ ).

Предельно допустимые уровни (ПДУ) напряжений прикосновения и токов, протекающих через человека установлены ГОСТом 12.1.038–82 «ССТБ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов».

В качестве примера приведем нормируемые величины для установок напряжением до 1000 В частотой 50 Гц.

Нормируемые величины в зависимости от продолжительности воздействия тока

Нормируемая величина, ПДУ, не более	При продолжительности воздействия тока, с						
	0,01 – 0,08	0,1	0,3	0,5	0,7	1,0	свыше 1,0
$U$ , В	650	500	165	100	70	50	36
$I$ , мА	650	500	165	100	70	50	6

### Основные понятия и определения

**Глухозаземленная нейтраль** – нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная непосредственно к заземляющему устройству.

**Изолированная нейтраль** – нейтраль трансформатора или генератора не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через большое сопротивление.

**Проводящая часть** – часть, которая может проводить электрический ток.

**Токоведущая часть** – проводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе ее работы под рабочим напряжением, в том числе нулевой рабочий проводник.

**Прямое прикосновение** – электрический контакт людей или животных с токоведущими частями.

**Косвенное прикосновение** – электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции.

**Открытая проводящая часть (ОПЧ)** – доступная прикосновению проводящая часть электроустановки, нормально не находящаяся под напря-

жением, но которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции.

**Нулевой защитный проводник (РЕ)** - проводник в электроустановках до 1 кВ, предназначенный для присоединения ОПЧ к глухозаземленной нейтрали источника питания.

**Нулевой рабочий проводник (N)** – проводник в электроустановках до 1 кВ, предназначенный для питания электроприемников и соединенный с глухозаземленной нейтралью источника питания.

**Совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий проводник (PEN)** – проводник в электроустановках до 1 кВ, совмещающий функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников.