

ЛЕКЦИЯ 12

МЕРЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Меры защиты от поражения электрическим током:

1. Организационные: инструктаж по ТБ, правильная организация рабочего места, применение средств индивидуальной защиты, сигнализация и др.

2. Организационно-технические: изоляция и ограждение токоведущих частей электрооборудования, применение блокировок, безопасных режимов работы сети, защитная изоляция и др.

3. Технические меры защиты разделяют на 2 группы:

К первой относят сверхнизкие (малые) напряжения, контроль изоляции, усиленную изоляцию, двойную изоляцию, защитное заземление и др. Эти меры обеспечивают защиту человека от поражения током путем снижения напряжения прикосновения или уменьшения тока, проходящего через тело при однофазном прикосновении до безопасных значений.

Ко второй относят зануление и защитное отключение, защищающие человека при попадании его под напряжение путем быстрого отключения электрического тока.

Применение сверхнизких напряжений

В ПУЭ – VII издание 2002 г. дается следующее определение сверхнизкого напряжения. Сверхнизкое (малое) напряжение (СНН) - напряжение, не превышающее 50 В переменного и 120 В постоянного тока. Сверхнизкие напряжения переменного тока получают с помощью понижающих трансформаторов.

В некоторых установках применяют напряжения ещё более низкие, например в медицинской технике, при водолазных работах – 12 В, в детских игрушках – до 6 В.

Контроль изоляции

Контроль изоляции - особо остро стоит при эксплуатации электрических сетей, работающих в режиме изолированной нейтрали. При однофазном прикосновении ток, протекающий через человека (I_h) равен:

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h \sqrt{3}}$$

где

$$Z = \frac{1}{\frac{1}{R_{\phi}} \sqrt{j\omega C_{\phi}}}$$

т.е. в этих сетях условия электрической безопасности определяются сопротивлениями изоляции (R_{ϕ}) и емкостью относительно земли (C_{ϕ}). Т.е. при поддержании параметров сети R_{ϕ} и C_{ϕ} на соответствующей нормале уровне можно добиться обеспечения электробезопасных условий эксплуатации сети. Например, если в сети с изолированной нейтралью с фазным напряжением $U_{\phi} = 220$ В обеспечить сопротивление изоляции не меньше 62 кОм, то ток через человека при однофазном прикосновении не превысит значения длительно допустимого тока, т.е. $I_h < 10$ мА.

$$I_h = \frac{220}{1000 \sqrt{21000}} = 0,01 \text{ А}$$

Контроль изоляции осуществляется:

а) при приемо-сдаточных испытаниях, которые проводятся при вводе в эксплуатацию вновь смонтированных или вышедших из ремонта электрических устройств. Объем и нормы испытаний регламентируются ПУЭ, ПТБ и ПТЭ;

б) периодический контроль изоляции - измерение её сопротивления периодически в сроки, установленные Правилами или в случае обнаружения дефектов. Измерение согласно Правилам должно производиться на отключенной установке мегаомметром;

в) постоянный контроль изоляции – измерение сопротивления изоляции под рабочим напряжением в течение всего времени работы электроустановки без автоматического отключения. Отсчет сопротивления изоляции производится по шкале прибора постоянного контроля изоляции (ПКИ). При снижении сопротивления изоляции до предельно допустимого и ниже прибор подает звуковой или световой сигнал или оба сигнала вместе.

Двойная изоляция

В ПУЭ дается следующее определение изоляции.

Основная изоляция – изоляция токоведущих частей, обеспечивающая, в том числе защиту от прямого прикосновения.

Дополнительная изоляция – независимая изоляция в электроустановках до 1 кВ, выполняемая дополнительно к основной изоляции для защиты при косвенном прикосновении.

Двойная изоляция является надежным и перспективным средством защиты человека от поражения электрическим током. Электрическое оборудование, изготовленное с двойной изоляцией, маркируется знаком. Особенно эффективно защитное действие двойной изоляции в электроинструменте.

Усиленная изоляция - изоляция, обеспечивающая степень защиты от поражения электрическим током, равноценную двойной изоляции.

Защитное заземление

Защитное заземление - это преднамеренное электрическое соединение с заземляющим устройством какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования в целях электробезопасности (например, металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением при замыкании фазы на корпус при повреждении изоляции). Его применяют в сетях с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В и в сетях выше 1000 В независимо от режима нейтрали. Суть заземления заключается в том, что все металлические корпуса и конструкции, на которых может появиться напряжения, заземляют, т.е. присоединяют к земле через малое сопротивления заземления R_3 . Оно во много раз меньше сопротивления человека R_h (рис. 1).

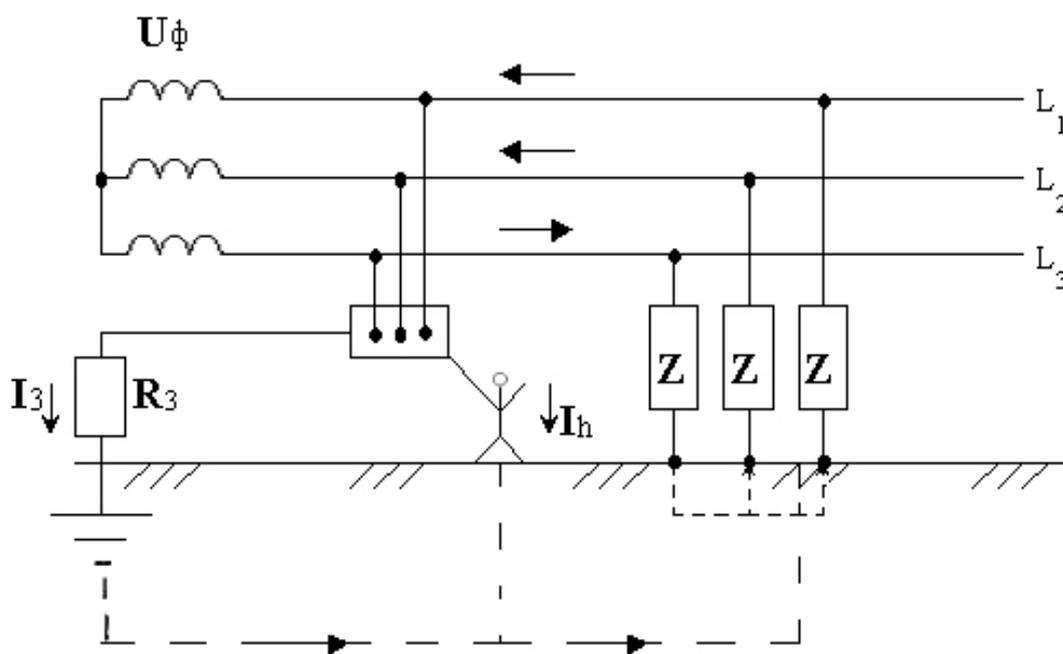


Рис. 1. Схема защитного заземления

В случае замыкания на корпус практически весь ток замыкается на землю через заземлитель. Напряжение корпуса относительно земли $U_k = I_3 \cdot R_3$, где I_3 – ток замыкания на землю:

$$I_3 = \frac{U_\phi}{Z/3} = \frac{3U_\phi}{Z}$$

Напряжение прикосновения в более неблагоприятном случае будет $U_{пр} \approx U_k$, тогда

$$I_h = \frac{U_k}{R_h} = \frac{3U_\phi \cdot R_3}{Z \cdot R_h},$$

отсюда следует, что через человека будет тем меньше, чем меньше R_3 и чем больше R_h и Z .

Согласно ПУЭ сопротивление заземления в электрических установках напряжением до 1000 В не должно превышать 4 Ом. При мощности подстанции до 100 кВ допускается $R_3 \leq 10$ Ом.

Заземлители бывают искусственные - специально выполненные для цели заземления (металлические стержни, уголки, трубки, полосы) и естественные – сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землей (металлоконструкции зданий и сооружений, железобетонные фундаменты, некоторые коммуникации, например, металлические трубы водопровода и т.д.) Не следует использовать в качестве естественных заземлителей трубопроводы горючих жидкостей, канализацию и центральное отопление.

По способу расположения относительно заземленного оборудования различают заземлители выносные – корпуса не находятся в зоне растекания тока; контурные – выполняются по периметру и внутри защищаемой территории, а также сосредоточенные.

Оценка эффективности действия защитного заземления производится сравнением значений тока I_h , вычисленных без учета заземления и с учетом заземления.

Задание 1.

Дано: $U_\phi = 220$ В, $R_h = 1000$ Ом, $R_3 = 3$ Ом, $R_\phi = 3000$ Ом.

Определить: эффективность защитного заземления в трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью

Решение.

Без заземления:

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h \times R_\phi / 3} = \frac{220}{1000 \times 1000} = 110 \text{ мА.}$$

С заземлением:

$$I_3 = \frac{U_\phi}{R_3 \times R_\phi / 3} = \frac{220}{3 \times 1000} \approx 220 \text{ мА,}$$

$$U_k = 0,22 \cdot 3 = 0,66 \text{ В, } I_h = 0,66 / 1000 = 0,66 \text{ мА.}$$

Вывод: защитное заземление эффективно.

Исследуем эффективность защитного заземления в трехфазной четырехпроводной сети с глухозаземленной нейтралью по схеме (рис. 2).

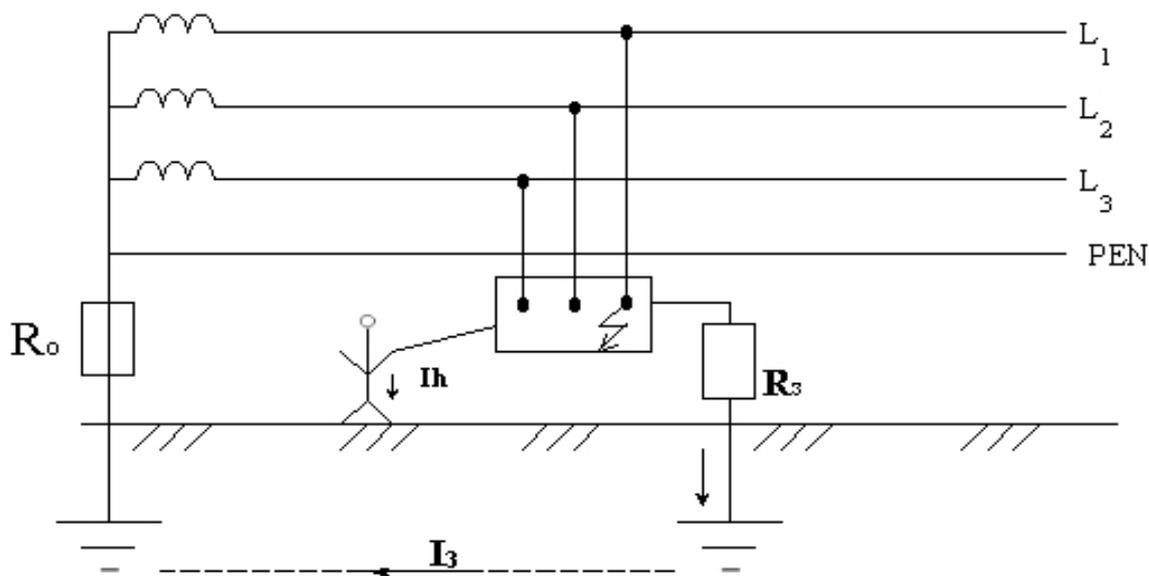


Рис. 2. Схема заземления

R_0 – сопротивление заземленной нейтрали;

R_3 – сопротивление заземленной электрической установки;

U_k – напряжение корпуса электрической установки относительно земли.

Из схемы видно, что в случае замыкания фазы на корпус электрической установки ток замыкания I_3 последовательно проходит через сопротивление R_3 и R_0 и определяется выражением:

$$I_3 = \frac{U_{\phi}}{R_0 + R_3},$$

$$U_k = I_3 \cdot R_3 \quad R_0 \approx R_3, \text{ тогда}$$

$$U_k = \frac{U_{\phi}}{2}, \quad I_h = \frac{U_k}{R_h},$$

Задание 2.

Дано: $U_{\phi} = 220 \text{ В}$; $R_h = 1000 \text{ Ом}$; $R_0 = 3,3 \text{ Ом}$; $R_3 = 4 \text{ Ом}$; $R_{\phi} = 3 \text{ кОм}$.

Определить: эффективность защитного заземления в трехфазной четырехпроводной сети с глухозаземленной нейтралью

Решение.

Без заземления:

$$I_h = \frac{U_{\phi}}{R_o \vee R_3} = \frac{220}{1000 \vee 3,3} \approx 0,22 \text{ A} \approx 220 \text{ mA}$$

С заземлением:

$$I_3 = \frac{220}{3,3 \vee 4} \approx 30 \text{ A} ; U_k = 30 \square 4 = 120 \text{ В},$$

$$I_h = \frac{120}{1000} = 120 \text{ mA} ,$$

Вывод: защитное заземление неэффективно, т.к. I_h - смертельно опасен для человека.

Основной мерой защиты от замыкания на корпус в электрических сетях напряжением до 1000 кВ с глухозаземленной нейтралью является зануление.