

Воздействие электрического тока на человека

Электробезопасность-система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Электротравма-травма, вызванная воздействием электрического тока или электрической дуги.

Виды вредного воздействия электрической энергии на человека:

- протекание электрического тока через организм человека;
- воздействие электрической дуги;
- воздействие биологически активного электрического поля;
- воздействие биологически активного магнитного поля;
- воздействие электростатического поля;
- воздействие электромагнитного излучения (ЭМИ).

Условия поражения электрическим током

Человек попадает под воздействие электрического тока при:

- Прикосновении к токоведущим частям;
- Прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением;
- Шаговом напряжении.

Напряжение шага - это напряжение между двумя точками цепи тока, находящихся одна от другой на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек.

Классификация проводящих частей электроустановок и видов прикосновения к частям, находящимся под напряжением

Проводящие части, т.е. части, обладающие свойством проводить электрический ток, подразделяются следующим образом (рисунок 1):

токоведущая часть — проводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе ее работы под рабочим напряжением, в том числе нулевой рабочий проводник;

открытая проводящая часть — доступная прикосновению проводящая часть электроустановки, нормально не находящаяся под напряжением, но которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции;

сторонняя проводящая часть — проводящая часть, не являющаяся частью электроустановки.

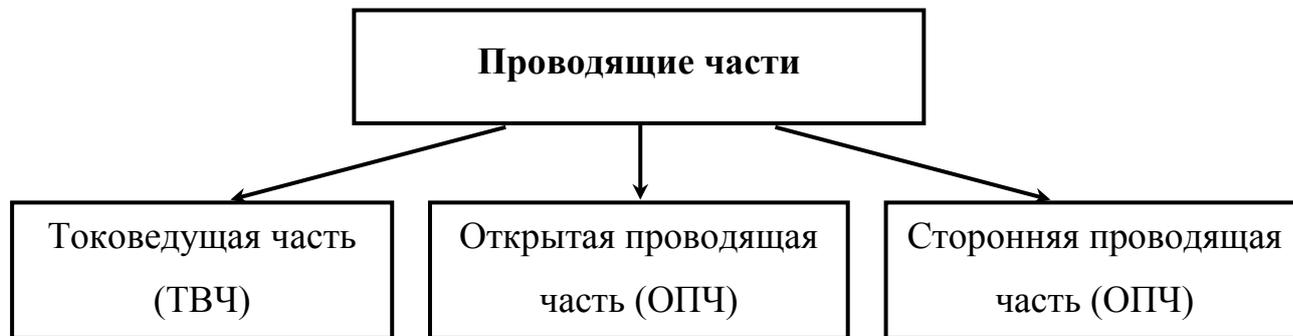


Рисунок 1 - Классификация проводящих частей

Прикосновения к проводящим частям, которые могут повлечь прохождение тока через человека или животное, подразделяются на:

прямое прикосновение — электрический контакт людей или животных с токоведущими частями, находящимися под напряжением;

косвенное прикосновение — электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции.

Под косвенным прикосновением понимается прикосновение человека к открытым проводящим частям оборудования, на которых в нормальном режиме (исправном состоянии) электроустановки отсутствует электрический потенциал, но при каких-либо неисправностях, вызвавших нарушение изоляции или ее пробой на корпус, на этих частях возможно появление опасного для жизни человека потенциала.

Протекание тока через организм человека вызывает воздействия:

- Термическое
- Химическое (электролитическое)
- Механическое (взрывоподобное парообразование)
- Биологическое

Термическое действие тока проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве до высокой температуры кровеносных сосудов, нервов, сердца, мозга и других органов, находящихся на пути тока, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока выражается в разложении органической жидкости, в том числе и крови, что сопровождается значительными нарушениями их физико-химического состава.

Механическое действие тока выражается в расслоении, разрыве и других подобных повреждениях тканей организма, в том числе мышечной ткани, стенок кровеносных сосудов, сосудов легочной ткани и др., в результате электродинамического эффекта, а также мгновенного взрывоподобного образования пара от перегретой током тканевой жидкости и крови.

Биологическое действие тока проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей организма, а также в нарушении внутренних биологических процессов.

Виды электрических травм:

1. местные электротравмы, когда возникает местное повреждение организма;
2. общие электротравмы (электрические удары), когда поражается весь организм.

Местная электротравма – ярко выраженное местное нарушение целостности тканей тела. Чаще это поверхностные повреждения (кожа, иногда связок и костей).

электрические ожоги – 40%;
электрические знаки – 7%;
металлизация кожи – 3%;
механические повреждения – 0,5%;
электроофтальмия – 1,5%;
смешанные травмы – 23%.

Электрический ожог - это самая распространенная электротравма.

Различают два основных вида ожога:

токовый (контактный), возникающий при прохождении тока непосредственно через тело человека в результате его контакта с токоведущей частью;

дуговой, обусловленный воздействием на тело электрической дуги.

Электрические знаки представляют собой резко очерченные пятна серого или бледно- желтого цвета на поверхности тела человека, подвергнутого действию тока. Размер пятен 1-5 мм. Обычные электрические знаки безболезненны, лечатся легко.

Металлизация кожи – проникновение в верхние слои кожи мельчайших частиц металла, расплавившегося под действием электрической дуги, возникающей при КЗ.

Механические повреждения

Чаще всего из-за резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием электрического тока. В результате могут произойти разрывы сухожилий, кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани; могут быть вывихи суставов и даже переломы костей.

Механические повреждения происходят при работе в основном в электроустановках до 1000 В при относительно длительном воздействии тока.

Электроофтальмия – воспаление наружных оболочек глаз – роговицы и конъюнктивы(слизистой оболочки, покрывающей глазное яблоко), возникающие в результате воздействия мощного потока ультрафиолетовых лучей. Такое облучение возможно при наличии электрической дуги, которая является источником излучения ультрафиолетовых и инфракрасных лучей.

Поражение глаз наиболее опасно. Предупреждение электроофтальмии обеспечивается применением защитных очков, одежда должна быть застегнута, ворот закрыт, рукава опущены.

Электрический удар – это возбуждение живых тканей организма протекающим через него током, проявляющееся в непроизвольных судорожных сокращениях различных мышц тела. При этом нарушается работа всех органов – сердца, легких, центральной нервной системы.

Электрический шок это своеобразная тяжелая нервно-рефлекторная реакция организма в ответ на чрезмерное раздражение электрическим током, сопровождающаяся глубокими расстройствами кровообращения, дыхания, обмена веществ и т. п.

В зависимости от исхода поражения электрический удар можно разделить на пять степеней:

- судорожное, едва ощутимое сокращение мышц;
- судорожное сокращение мышц, сопровождающееся сильными болями, без потери сознания;
- судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но сохранившимися дыханием и работой сердца;
- потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (и то и другое);
- клиническая смерть.

Факторы влияющие на исход воздействия тока

- значения и длительности протекания тока;
- рода и частоты тока;
- пути прохождения тока;
- индивидуальных свойств человека.

Предельно допустимые напряжения и токи, проходящие через человека, с учетом времени воздействия

Значения пороговых токов являются исходными данными для разработки критериев электробезопасности, в первую очередь допустимых значений напряжений прикосновения и токов, проходящих через тело человека. Напряжение прикосновения это напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек

Поскольку человек при меньшей продолжительности воздействия может выдержать больший ток, то ГОСТ 12.1.038—82 установлены предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, проходящих через человека, в зависимости от времени воздействия. Значения допустимых напряжений прикосновения и токов частотой 50 Гц при аварийном режиме производственных электроустановок напряжением до 1 кВ с любым режимом нейтрали и выше 1 кВ с изолированной нейтралью приведены в таблице 1.

Из таблицы видно, что чем меньше продолжительность воздействия тока на человека, тем большее значение тока он может выдержать.

Таблица 1. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, проходящих через человека

Продолжительность воздействия тока, с	Нормируемая величина		Продолжительность воздействия тока, с	Нормируемая величина	
	Напряжение прикосновения, В	Ток, мА		Напряжение прикосновения, В	Ток, мА
0,01—0,08	550	650	0,6	95	105
0,1	340	400	0,7	85	90
0,2	160	190	0,8	75	75
0,3	135	160	0,9	70	65
0,4	120	140	1,0	60	50
0,5	105	125	Свыше 1,0	20	6

Характер воздействия на человека токов разного значения

Ощутимый ток - электрический ток, вызывающий при прохождении через организм ощутимые раздражения. Пороговый ощутимый ток - это порог ощутимого тока, значение его у разных людей различно. Человек начинает ощущать воздействие проходящего через него малого тока: в среднем около 1,1 мА при переменном токе частотой 50 Гц и около 6 мА при постоянном токе. Это воздействие ограничивается при переменном токе слабым зудом и пощипыванием, а при постоянном токе – ощущением нагрева кожи на участке, касающемся токоведущей части.

Неотпускающий ток - электрический ток, вызывающий при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник. При постоянном токе неотпускающих токов нет, но в момент отрыва ощущается боль.

Пороговый неотпускающий ток - это наименьшее значение неотпускающего тока, при котором человек может самостоятельно оторвать руки от электродов (когда можно выдержать боль) составляет примерно 15 мА переменного тока.

Фибрилляционный ток - электрический ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца. Фибрилляция – хаотические разновременные сокращения волокон сердечной мышцы (фибрилл) при которых сердце не в состоянии гнать кровь по сосудам.

Пороговый фибрилляционный ток - это порог фибрилляционного тока, наименьшее значение тока вызывающее при прохождении через организм фибрилляцию сердца.

Фибрилляция сердца может наступить в результате прохождения через тело человека по пути рука-рука или рука-ноги переменного тока более 50 мА частотой 50 Гц в течение нескольких секунд.

Токи меньше 50 мА и больше 5 А фибрилляции сердца у человека, как правило, не вызывают.

Ток больше 5А, как переменный частотой 50 Гц, так и постоянный вызывает немедленную остановку сердца, минуя фибрилляцию. Если действие тока было кратковременным (1-2 сек) и не вызвало повреждения сердца, то после отключения тока, сердце как правило самостоятельно возобновляет нормальную деятельность.

Электрическое сопротивление тела человека

Величина тока через человека, в первую очередь определяется величиной электрического сопротивления тела человека. Оценить его значение можно по следующей схеме измерений (рисунок 2)

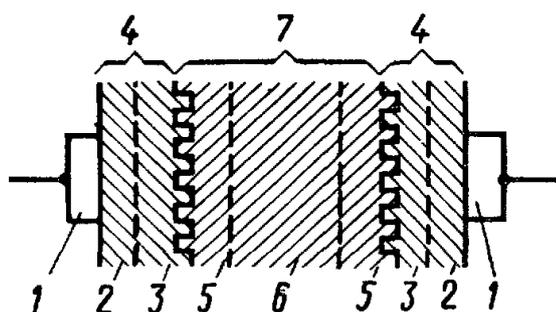


Рисунок 2 - Схема измерения сопротивления тела человека

1 - электроды, 2 - роговой слой кожи, 3 - ростковый слой кожи, 4 - наружный слой кожи (эпидермис), 5 - внутренний слой кожи (дерма), 6 - подкожные ткани тела, 7 - внутренние ткани тела.

На основании рисунка 2, можно составить следующую эквивалентную схему сопротивления тела человека (рисунок 3).

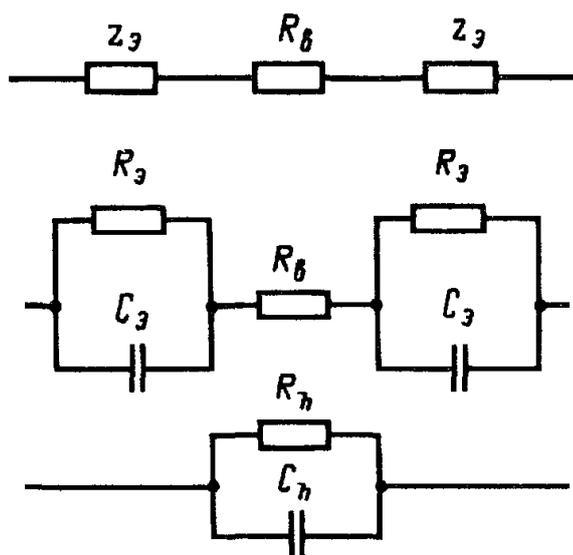


Рисунок 3 - Эквивалентная схема сопротивления тела человека

Z_3 - полное сопротивление эпидермиса, R_3 - активное сопротивление эпидермиса, C_3 - емкость образовавшегося конденсатора, R_B - сопротивление внутренних тканей, R_n - активное сопротивление тела, C_n - емкость тела.

Сопротивление внутренних тканей тела R_B считается чисто активным, оно не зависит от площади электродов, частоты тока, приложенного напряжения и примерно равно 500-700 Ом.

Пренебрегая емкостью тела, можно считать, что полное сопротивление тела человека является чисто активной величиной равной $Z_h = 2 R_{\text{Э}} + R_B = R_h$.

В качестве расчетных принято:

$$R_h = 1000 \text{ Ом при } U_{\text{ПР}} = 50 \text{ В и выше;}$$

$$R_h = 6000 \text{ Ом при } U_{\text{ПР}} = 36 \text{ В.}$$

Зависимость сопротивления тела человека и тока, протекающего через него от частоты тока, показана на рисунке 4.

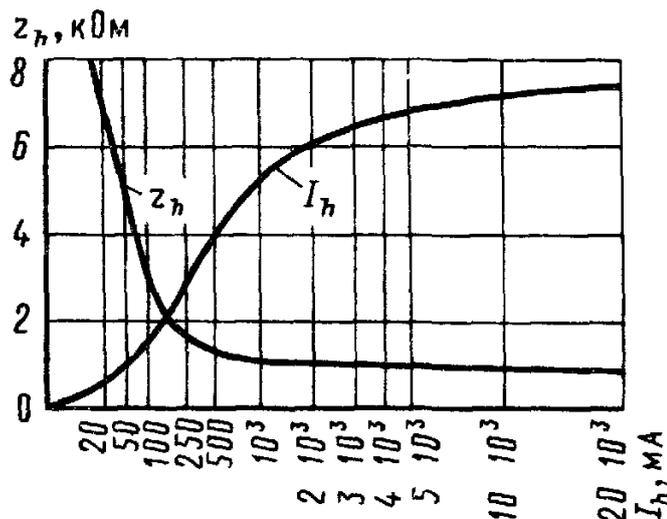


Рисунок 4 - Зависимость сопротивления тела человека и тока, протекающего через него от частоты тока

Зависимость сопротивления тела человека и тока, протекающего через него от площади электродов, показана на рисунке 5.

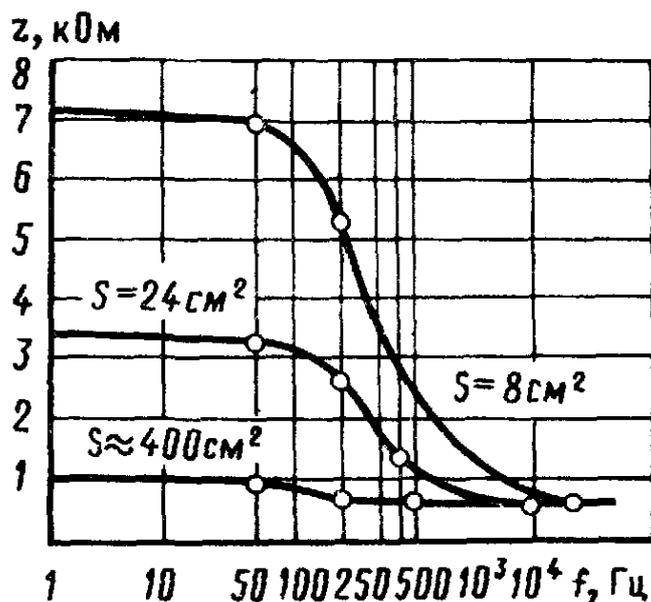


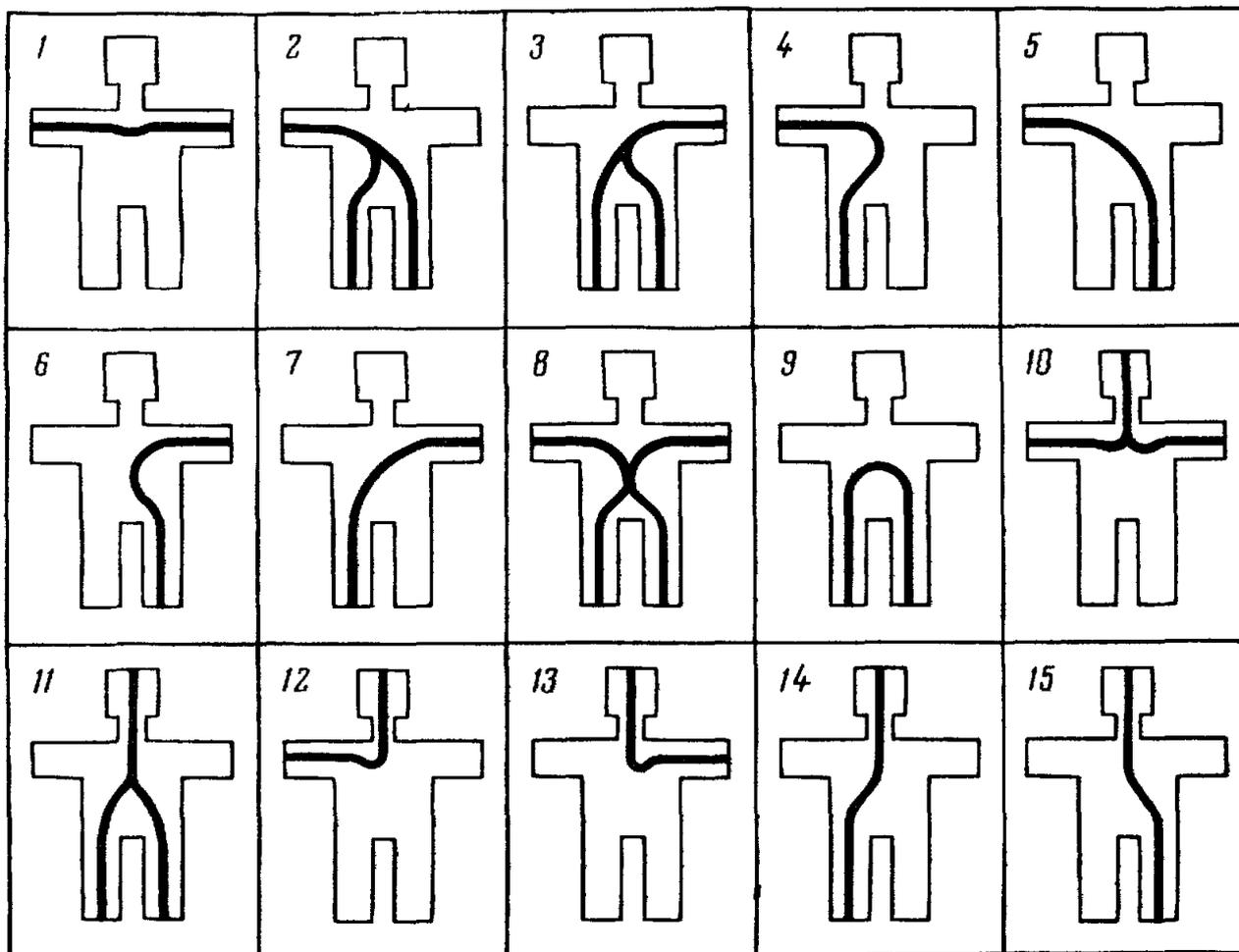
Рисунок 5 - Зависимость сопротивления тела человека и тока, протекающего через него от площади электродов

Влияние частоты и рода тока на исход поражения

Из-за наличия в сопротивлении тела человека емкостной составляющей, увеличение частоты приложенного напряжения сопровождается уменьшением полного сопротивления тела и ростом тока, проходящего через человека.

Но это проявляется лишь при частотах 0-50 Гц, дальнейшее повышение частоты, несмотря на рост тока, сопровождается снижением опасности поражения. Токи частотой более 500 кГц не вызывают смертельного поражения, но сохраняется опасность ожогов.

Влияние пути тока на исход поражения



Характеристика наиболее распространенных путей тока в теле человека

Путь тока	Частота возникновения данного пути тока, %	Доля потерявших сознание во время действия тока, %	Значение тока, проходящего через область сердца, в % от общего тока, проходящего через тело
Рука-рука	40	8/3	3,3
Правая рука-ноги	20	87	6,7
Левая рука-ноги	17	80	3,7
Нога-нога	6	15	0,4
Голова-ноги	5	88	6,8
Голова-руки	4	92	7,0
Прочие	8	65	-

Влияние индивидуальных свойств человека на исход поражения

Практикой установлено, что здоровые и физически крепкие люди легче переносят воздействие электрического тока, чем больные и слабые.

С учетом этого весь электротехнический персонал обязан проходить периодически медосмотр.

Классификация помещений по условиям поражения электрическим током

Применение тех или иных мер защиты определяется характеристикой помещения, где расположены электроустановки. По степени опасности поражения током помещения подразделяются на три категории [23.4]:

1. *С повышенной опасностью* (для помещений характерно наличие одного из следующих условий: сырость, т.е. относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %; токопроводящая пыль; токо-проводящие полы — металлические, земляные, железобетонные, кирпичные; высокая температура (выше 35 °С); возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам, имеющим соединение с землей, с одной стороны, и металлическим деталям, корпусам электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции, — с другой).

2. *Особо опасные* (характеризуются наличием одного из следующих условий: особая сырость, т.е. относительная влажность воздуха близка к 100%; химически активная среда или органическая среда, разрушающая изоляцию и токоведущие части; одновременно два или более условий повышенной опасности). Территории размещения наружных электроустановок (на открытом воздухе, под навесом, за сетчатыми ограждениями) приравниваются к особо опасным помещениям.

3. *Без повышенной опасности* (в помещении отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность).

В отдельную группу выделяют работы при наличии *особо неблагоприятных условий*, когда опасность поражения электрическим током усугубляется теснотой, неудобным положением работающего, ограниченной возможностью перемещения, соприкосновением с большими металлическими, хорошо заземленными поверхностями (например, работа в металлических емкостях, колодцах, туннелях, котлах и т.п.).

Первая помощь пострадавшим от электрического тока

Работники на рабочих местах должны быть ознакомлены с “Межотраслевой инструкцией по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве”.

Нельзя приступать к оказанию помощи, не освободив пострадавшего от действия электрического тока.

При напряжении выше 1000 В следует:

- надеть диэлектрические перчатки, резиновые боты или галоши;
- взять изолирующую штангу или изолирующие клещи;

- замкнуть провода ВЛ (6-20) кВ накоротко методом наброса, согласно специальной инструкции;
- сбросить изолирующей штангой провод с пострадавшего;
- оттащить пострадавшего за одежду не менее чем на 8 метров от места касания проводом земли или от оборудования, находящегося под напряжением.

Схема действий в случаях поражения электрическим током

А) Если нет сознания и нет пульса на сонной артерии:

1. Обесточить пострадавшего;
2. Убедиться в отсутствии реакции зрачка на свет;
3. Убедиться в отсутствии пульса на сонной артерии;
4. Нанести удар кулаком по груди;
5. Начать непрямой массаж сердца;
6. Сделать вдох “искусственного дыхания”;
7. Приподнять ноги;
8. Приложить холод к груди;
9. Продолжить реанимацию;
10. Вызвать скорую помощь 03.

Б) Если нет сознания, но есть пульс на сонной артерии

1. Убедиться в наличии пульса;
2. Повернуть на живот и очистить рот;
3. Приложить холод к голове;
4. На раны наложить повязки;
5. Наложить шины (если необходимо);
6. Вызвать скорую помощь 03.

Более подробное изучение данного вопроса производится обучающимися самостоятельно, согласно методических указаний.

2. Меры профилактики электротравматизма

Обеспечение электробезопасности техническими способами и средствами

В соответствии с ПУЭ вводятся следующие виды защит от поражения электрическим током:

защита от прямого прикосновения — защита, предназначенная для предотвращения прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением;

защита при косвенном прикосновении — защита от поражения электрическим током при прикосновении к открытым проводящим частям, оказавшимся под напряжением при повреждении изоляции.

Для защиты людей и животных от поражения электрическим током необходимо, чтобы опасные токоведущие части электроустановки не были доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению открытые проводящие части и сторонние проводящие части не находились под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током, как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции.

Перечень мер защиты при прямом прикосновении

Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании друг с другом следующие меры защиты от прямого прикосновения:

изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную, двойную);

изоляцию рабочего места;

ограждения и оболочки (временные или стационарные);

установка барьеров;

размещение вне зоны досягаемости;

предупредительную сигнализацию, блокировку, знаки безопасности;

применение сверхнизкого (малого) напряжения.

Для дополнительной защиты от прямого прикосновения в электроустановках до 1 кВ при наличии требований ПУЭ следует применять устройства защитного отключения с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА.

Перечень мер защиты при косвенном прикосновении

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы:

защитное заземление;
зануление;
автоматическое отключение питания;
уравнивание потенциалов;
выравнивание потенциалов;
изоляцию нетоковедущих частей;
защитное электрическое разделение цепей;
применение сверхнизкого (малого) напряжения;
контроль изоляции;
средства индивидуальной защиты.

Меры защиты от поражения электрическим током должны быть предусмотрены в электроустановке или ее части либо применены к отдельным электроприемникам. Они могут быть выполнены при изготовлении электрооборудования или в процессе монтажа электроустановки либо в обоих случаях.

При применении двух и более мер защиты в электроустановке они не должны оказывать влияние друг на друга, снижающее эффективность каждой из них.

При выборе мер защиты необходимо учитывать условия окружающей среды и квалификацию персонала.

Защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного тока и 120 В постоянного тока.

В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках выполнение защиты при косвенном прикосновении может потребоваться при более низких напряжениях, например 25 В переменного тока и 60 В постоянного тока или 12 В переменного тока и 30 В постоянного тока, при наличии требований соответствующих глав ПУЭ.

Защита от прямого прикосновения не требуется, если электрооборудование находится в зоне системы уравнивания потенциалов, а напряжение не превышает 25 В переменного тока или 60 В постоянного тока в помещениях без повышенной опасности и 6 В переменного тока или 15 В постоянного тока во всех случаях.

Выбор тех или иных средств защиты определяется: напряжением, режимом нейтрали, категорией помещения, выполняемой работой и рядом других факторов.

Классификация электроприемников по способу защиты от поражения электрическим током

Меры защиты от поражения электрическим током либо закладываются непосредственно в конструкцию электроприемников (рабочая и дополнительная изоляция токоведущих частей, заливка полостей изоляционным материалом, корпуса из диэлектрической и ударостойкой пластмассы и т.п.), либо создаются предпосылки для использования таких средств защиты, как защитное зануление, защитное заземление, УЗО,

связанных с системой заземления электроустановки и наличием защитного проводника.

По способу защиты от поражения электрическим током переносные электроприемники подразделяются на четыре класса (таблица 2).

Как видно из таблицы электроприемники класса 0 не имеют конструктивных особенностей, кроме основной изоляции, позволяющих обеспечить дополнительную защиту. Поэтому при работе с электроприемниками класса 0 следует использовать внешние факторы (изолирующую среду) или применять внешние электротехнические устройства, например разделительные трансформаторы.

Электроприемники класса I подсоединяются к стационарной сети заземления. Это позволяет вызвать срабатывание автоматической защиты и ограничить время прохождения тока через человека. Кроме того, при подсоединении к защитному проводнику достигается снижение напряжения прикосновения.

Наличие дополнительной изоляции у электроприемников класса II позволяет увеличить сопротивление цепи, по которой протекает ток через человека.

Применение малых (сверхнизких) напряжений для электроприемников класса III уменьшает значение тока, проходящего через тело человека, до неопасного уровня.

Таблица 2. Классификация электротехнического и электронного оборудования по способу защиты от поражения электрическим током

Класс оборудования	Способы защиты и конструктивное исполнение	Обозначение
0	Кроме рабочей изоляции дополнительные меры защиты в конструкции не предусмотрены. Для защиты используются: изолирующие помещения, зоны и площадки; защитное электрическое разделение цепей	Обозначение отсутствует
I	1. Автоматическое отключение питания (защитное зануление, УЗО) 2. Защитное заземление (система IT) Провод электропитания имеет заземляющую жилу и вилку с заземляющим контактом для присоединения к защитному проводнику	
II	Кроме рабочей используется дополнительная изоляция - двойная или усиленная	
III	Ограничение напряжения прикосновения допустимыми значениями при длительном воздействии тока. Малое (сверхнизкое) напряжение внутренних цепей и сети электропитания (не выше 50 В переменного и 120 В постоянного тока)	

Устройство защитного отключения, реагирующее на дифференциальный ток

Принцип действия УЗО

Защитное отключение — это мера защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении, при снижении сопротивления изоляции электроустановок ниже установленного предела, а также в случае прикосновения человека к токоведущим частям электроустановок. Отключение электроустановки должно осуществляться в пределах времени, соответствующего допустимым токам и напряжениям прикосновения. Устройства защитного отключения (УЗО), реализующие вышеперечисленные функции, могут применяться в сетях как с изолированной, так и с глухозаземленной нейтралью.

Наибольшее распространение получили УЗО на дифференциальном токе, основанные на использовании в качестве датчика информации о возникновении опасных ситуаций дифференциального трансформатора тока (ДТТ). В ДТТ первичной обмоткой являются проводники питающей линии, проходящие непосредственно через окно тороидального магнитопровода.

Неравенство токов в проводниках, питающих нагрузку, вызывает небаланс магнитных потоков и, как следствие, возникновение во вторичной обмотке трансформированного дифференциального тока.

Если этот ток превышает значение уставки порогового элемента пускового органа, последний срабатывает и воздействует на исполнительный механизм.

Исполнительный механизм, обычно состоящий из пружинного привода, спускового механизма и группы силовых контактов, размыкает электрическую цепь. В результате защищаемая УЗО электроустановка обесточивается.

Для осуществления периодического контроля исправности (работоспособности) УЗО предусмотрена цепь тестирования.

При нажатии кнопки «Тест» искусственно создается отключающий дифференциальный ток. Срабатывание УЗО означает, что оно в целом исправно.

Необходимым условием обеспечения безопасности в сетях с разделенными нулевыми рабочими и защитными проводниками (системы $TN—C—S$ и $TN—S$) является устранение гальванических контактов нулевого рабочего проводника с заземленными корпусами электроустановок и нулевым защитным проводником.

В трехфазных сетях используются четырехполюсные УЗО. В них магнитопровод охватывает три фазных и нулевой рабочий проводники. Принцип действия аналогичен рассмотренному выше. Устройство защитного отключения срабатывает при наличии токов утечки, т.е. токов, не протекающих через нагрузку. На рисунке 6 показаны электрические схемы УЗО с условными обозначениями основных функциональных блоков УЗО. Важнейшим функциональным блоком является дифференциальный трансформатор тока.

Блок отключения (исполнительный механизм) включает в себя силовую контактную группу с механизмом привода.

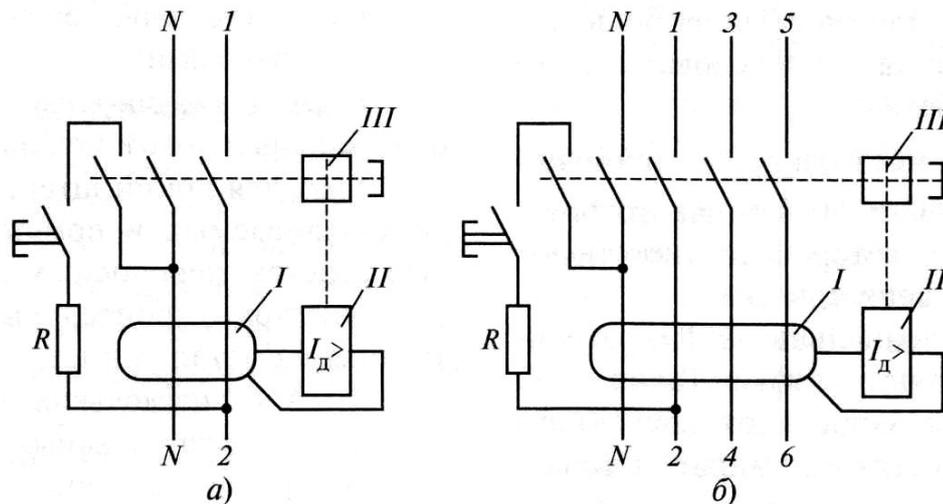


Рисунок 6. - Электрические схемы устройств защитного отключения:
 а — двухполюсное УЗО; б — четырехполюсное УЗО;

I - дифференциальный трансформатор тока; *II* - блок сравнения; *III* - блок отключения;
I - 6 - фазные проводники; *N* - нулевой проводник; $I_{д>}$ обозначение блока сравнения дифференциального тока с уставкой

Блок сравнения (пусковой орган), который реагирует на превышение дифференциальным током допустимого значения (уставки), выполняется, как правило, на чувствительных магнитоэлектрических реле или электронных компонентах.

Нормируемые параметры УЗО

В настоящее время параметры УЗО нормируются рядом стандартов.

Номинальное напряжение — действующее значение напряжения, при котором обеспечивается работоспособность УЗО: $U_{ном} = 120, 230$ и 400 В.

Номинальный ток $I_{ном}$ — значение тока, которое УЗО может пропускать в продолжительном режиме работы. **Номинальный ток** УЗО выбирается из ряда: 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 63, 80, 100, 125 А. Для УЗО со встроенной защитой от сверхтока дополнительно введены значения 6 и 8 А.

Номинальный ток УЗО рекомендуется выбирать равным или на ступень большим номинального тока последовательного защитного устройства.

Номинальная частота $f_{ном}$ — промышленная частота (50 и 60 Гц), на которую рассчитано УЗО и которой соответствуют значения других характеристик.

Номинальный отключающий дифференциальный ток $I_{д ном}$ — значение дифференциального тока, которое вызывает отключение УЗО при заданных условиях эксплуатации.

Номинальный отключающий дифференциальный ток (уставка) УЗО выбирается из следующего ряда: 6, 10, 30, 100, 300, 500 мА.

Согласно требованиям ПУЭ номинальный дифференциальный отключающий ток УЗО (уставка) должен не менее чем в 3 раза превышать суммарный ток утечки защищаемой цепи электроустановки.

При отсутствии фактических (замеренных) значений тока утечки в электроустановке ПУЭ предписывают принимать ток утечки

электроприемников из расчета 0,4 мА на 1 А тока нагрузки, а ток утечки цепи из расчета 10 мкА на 1 м длины фазного проводника.

Нормативными документами значения отключающего дифференциального тока задаются равными:

-10 мА для одиночных потребителей с номинальным током не более 16 А;
-30 мА для линий штепсельных розеток, устанавливаемых в помещении, и наружных розеток, переносных электроприемников, розеток строительных площадок, в зданиях из металла и т.д.;

-100 мА для нескольких групп электроприемников, для стационарных электроприемников (электроплиты, водонагреватели и т.п.);

-300, 500 мА для защиты от пожара.

Номинальный не отключающий дифференциальный ток $I_{д\cdot неоткл\cdot ном}$ — значение дифференциального тока, которое не вызывает отключение УЗО при заданных условиях эксплуатации.

Предельное значение не отключающего сверхтока $I_{ст\cdot пред\cdot неоткл\cdot ном}$ — минимальное значение не отключающего сверхтока при симметричной нагрузке двух- и четырехполюсных УЗО или несимметричной нагрузке четырехполюсных УЗО

Номинальный условный ток короткого замыкания $I_{к\cdot усл\cdot ном}$ - действующее значение ожидаемого тока, которое способно выдержать УЗО, защищаемое устройством защиты от коротких замыканий, при заданных условиях эксплуатации, без необратимых изменений, нарушающих его работоспособность: А,_{усл.ном} = 3000; 4500; 6000; 10 000 А.

Номинальный условный ток короткого замыкания — характеристика, определяющая надежность и прочность устройства, качество исполнения его механизма и электрических соединений.

Номинальное время отключения — промежуток времени между моментом внезапного возникновения отключающего дифференциального тока и моментом гашения дуги на всех полюсах.

Классификация УЗО

Существуют различные виды УЗО по техническому исполнению. Ниже приведена примерная классификация УЗО.

1. По назначению:

- УЗО без встроенной защиты от сверхтоков;
- УЗО со встроенной защитой от сверхтоков, имеют тепловой и электромагнитный расцепители и защищают от токов перегрузки и короткого замыкания.

2. По способу управления:

- УЗО, функционально не зависящие от напряжения;
- УЗО, функционально зависящие от напряжения.

Устройства защитного отключения, функционально зависящие от напряжения, в свою очередь, подразделяются:

- на устройства, автоматически размыкающие силовые контакты при исчезновении напряжения с выдержкой времени или без нее. При восстановлении напряжения одни модели этих устройств автоматически

повторно замыкают контакты своей главной цепи, другие остаются в отключенном состоянии;

- на устройства, не размыкающие силовые контакты при исчезновении напряжения. Имеются также два варианта исполнения устройств этой группы. В одном варианте при исчезновении напряжения устройство не размыкает свои контакты, но сохраняет способность разомкнуть силовую цепь при возникновении дифференциального тока. Во втором варианте, при отсутствии напряжения, устройства неспособны произвести отключение при возникновении дифференциального тока.

- УЗО, функционально не зависящие от напряжения питания (электромеханические). Источником энергии, необходимой для функционирования — выполнения защитных функций, включая операцию отключения, является для устройства сам сигнал — дифференциальный ток, на который оно реагирует;

- УЗО, функционально зависящие от напряжения питания (электронные). Их механизм для выполнения операции отключения нуждается в энергии, получаемой либо от контролируемой сети, либо от внешнего источника.

Причиной меньшего распространения электронных УЗО является их неработоспособность при обрыве питающего их нулевого проводника. В этом случае корпус электроприемника, подключенного к сети через УЗО, не размыкающего свои контакты при исчезновении напряжения, окажется под напряжением. Кроме того, несмотря на меньшую стоимость, их применение ограничено из-за меньшей надежности электронных компонентов.

3. По способу установки:

- УЗО, применяемые для стационарной установки;

- УЗО переносного типа, в том числе присоединяемые с помощью шнура.

4. По числу полюсов и токовых путей наиболее распространены:

- двухполюсные УЗО с двумя защищенными полюсами;

- четырехполюсные УЗО с четырьмя защищенными полюсами.

5. По условиям регулирования отключающего диф.тока:

- УЗО с одним значением номинального отключающего дифференциального тока;

- УЗО с несколькими фиксированными значениями отключающего дифференциального тока.

6. По условиям функционирования при наличии составляющей постоянного тока:

- УЗО типа АС, реагирующие на синусоидальный переменный дифференциальный ток, медленно нарастающий либо возникающий скачком;

- УЗО типа А, реагирующие как на синусоидальный переменный дифференциальный ток, так и на пульсирующий постоянный дифференциальный ток, медленно нарастающие либо возникающие скачком;

- УЗО типа В, реагирующие как на синусоидальный переменный дифференциальный ток, так и на пульсирующий постоянный дифференциальный ток, медленно нарастающие либо возникающие скачком, а также реагирующие на постоянный ток.

7. По наличию задержки по времени:

- УЗО без выдержки времени — тип общего применения;
 - УЗО с выдержкой времени — тип S (селективный).
8. По способу защиты от внешних воздействий:
- УЗО защищенного исполнения, не требующие для своей эксплуатации защитной оболочки;
 - УЗО незащищенного исполнения, для эксплуатации которых необходима защитная оболочка.
9. По способу монтажа:
- УЗО поверхностного монтажа;
 - УЗО утопленного монтажа;
 - УЗО панельно-щитового монтажа.
10. По характеристике мгновенного расцепления (для УЗО со встроенной защитой от сверхтоков):
- типа В;
 - типа С;
 - типа D.

Защитное электрическое разделение цепей

При защитном электрическом разделении цепей необходимо гальванически отделить одну цепь от другой, т.е. не должно быть проводников, связывающих две цепи. При этом должна быть обеспечена передача энергии от одной цепи к другой. Такая бесконтактная передача энергии может быть обеспечена следующими способами:

- с помощью трансформатора через электромагнитное поле;
- с помощью электромеханических систем через механическое соединение, например электродвигателя и генератора;
- с помощью опто-, фотоэлектронных приборов и др.

В электроустановках наибольшее применение нашел первый способ — с использованием разделительных трансформаторов с коэффициентом трансформации, равным единице.

При электрическом разделении цепей за вторичной обмоткой разделительного трансформатора образуется цепь, изолированная от земли. Если такая цепь короткая, то емкостная составляющая полного сопротивления изоляции стремится к нулю и ток через тело человека будет ограничен высоким сопротивлением изоляции. Это обеспечит защиту человека как при прямых прикосновениях к токоведущим частям, так и при косвенных прикосновениях к проводящим частям электроприемников при повреждении изоляции.

Разделительные трансформаторы часто используются для питания однофазных приемников от сети с глухозаземленной нейтралью, в особенности в тех случаях, когда они расположены в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных помещениях, например электророзетка для маломощных бытовых приборов (электробритв, фенов) в ванной комнате, электрифицированный инструмент и т.п.

На рисунке 9 показано разделение цепей с помощью разделительного трансформатора класса.

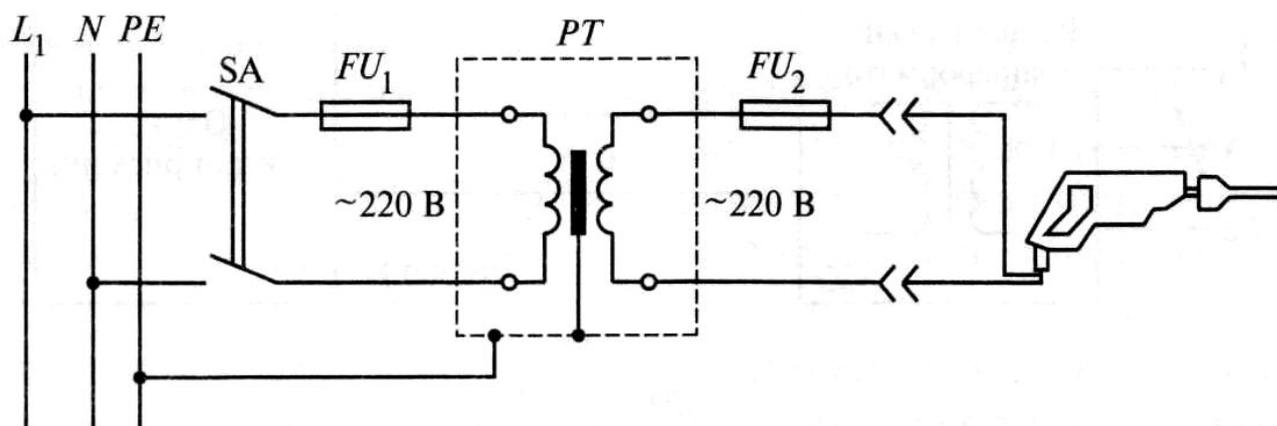


Рисунок 9. Схема включения электроинструмента через разделительный трансформатор: L_1 и N — фазный и нулевой провода; FU_1 , FU_2 — предохранители с плавкими вставками; PT — разделительный трансформатор; SA — выключатель; PE — нулевой защитный проводник

Защитное электрическое разделение цепей применяют в электроустановках с напряжением до 500 В в тех случаях, когда требуется обеспечить:

- безопасность как при прямых, так и при косвенных прикосновениях (электропитание переносных и передвижных электроприемников в помещениях с повышенной и особой опасностью, на строительных площадках, при ремонтных работах и др.);
- непрерывность работы электроприемников при коротких замыканиях на проводящие части, например при электропитании медицинской аппаратуры искусственного дыхания, внешней электростимуляции сердца;
- низкие значения токов утечки при электропитании электронной аппаратуры.

Требования к отделенной цепи

Согласно ПУЭ (п. 1.7.85) защитное электрическое разделение цепей следует применять, как правило, для одной цепи.

Наибольшее рабочее напряжение отделяемой цепи не должно превышать 500 В.

Питание отделяемой цепи должно быть выполнено от разделительного трансформатора, соответствующего ГОСТ 30030—93 «Трансформаторы разделительные и безопасные разделительные трансформаторы», или от другого источника, обеспечивающего равноценную степень безопасности.

Токоведущие части цепи, питающейся от разделительного трансформатора, не должны иметь соединений с заземленными частями и защитными проводниками других цепей.

Проводники цепей, питающихся от разделительного трансформатора, рекомендуется прокладывать отдельно от других цепей. Если это невозможно,

то для таких цепей необходимо использовать кабели без металлической оболочки, брони, экрана или изолированные провода, проложенные в изоляционных трубах, коробах и каналах при условии, что номинальное напряжение этих кабелей и проводов соответствует наибольшему напряжению совместно проложенных цепей, а каждая цепь защищена от сверхтоков.

Если от разделительного трансформатора питается только один электроприемник, то его открытые проводящие части не должны быть присоединены ни к защитному проводнику, ни к открытым проводящим частям других цепей.

Допускается питание нескольких электроприемников от одного разделительного трансформатора при одновременном выполнении следующих условий:

1) открытые проводящие части отделяемой цепи не должны иметь электрической связи с металлическим корпусом источника питания;

2) открытые проводящие части отделяемой цепи должны быть соединены между собой изолированными незаземленными проводниками местной системы уравнивания потенциалов, не имеющей соединений с защитными проводниками и открытыми проводящими частями других цепей;

3) все штепсельные розетки должны иметь защитный контакт, присоединенный к местной незаземленной системе уравнивания потенциалов;

4) все гибкие кабели, за исключением питающих оборудование класса II, должны иметь защитный проводник, применяемый в качестве проводника уравнивания потенциалов;

5) время отключения устройством защиты при двухфазном замыкании на открытые проводящие части не должно превышать время, указанное в ПУЭ.

Сверхнизкое (малое) напряжение

Сверхнизким (малым) называют напряжение не более 50 В переменного и 120 В постоянного тока, применяемое в целях уменьшения опасности поражения электрическим током.

Если номинальное напряжение электроустановки не превышает длительно допустимого напряжения прикосновения, то даже одновременный контакт человека с токоведущими частями разных фаз или полюсов будет безопасен.

В производственных переносных электроприемниках в целях повышения безопасности применяются малые напряжения 12, 36 и 42 В. В помещениях с повышенной опасностью для переносных электроприемников рекомендуется номинальное напряжение 36 В.

Источниками малого напряжения могут быть батарея гальванических элементов, аккумулятор, выпрямительная установка, преобразователь частоты и безопасный разделительный трансформатор. Аккумуляторы и гальванические элементы не зависимы от стационарных сетей, но неудобны в эксплуатации.

Выпрямительная установка, применяемая как источник малого напряжения, должна соединяться с питающей сетью через понижающий

трансформатор. Включение выпрямителей через автотрансформатор не допускается, так как токоведущие части сети малого постоянного напряжения в этом случае электрически связаны с сетью высшего напряжения.

Преобразователи частоты позволяют при той же мощности уменьшить габариты и массу электродвигателей, питающихся током повышенной частоты — 200, 400 Гц и более. При снижении массы ручного электроинструмента улучшаются условия труда, так как уменьшается физическая нагрузка рабочего. Повышение электробезопасности при этом достигается в большей степени за счет малого напряжения, хотя при частотах 400 Гц и выше опасность снижается. В разветвленных сетях опасность повышается также вследствие увеличения емкостного сопротивления фаз относительно земли.

Наиболее часто как источники малого напряжения применяются безопасные разделительные трансформаторы. В ряде случаев в целях уменьшения опасности при переходе высшего напряжения на сторону вторичного малого напряжения вторичная обмотка и корпус трансформатора заземляются или зануляются. Для этого в однофазных трансформаторах заземляют один из выводов: в трехфазных, соединенных в звезду, — нулевую точку, а при соединении в треугольник — одну из фаз. Корпус понижающего трансформатора соединяют с защитным нулевым проводником сети с глухозаземленной нейтралью или подключают к магистрали заземления специальным проводником в сети с изолированной нейтралью.

Следует отметить, что в этом случае ток через человека не будет ограничен сопротивлением изоляции, а будет зависеть только от сопротивления тела человека и применяемых изолирующих электрозащитных средств. Поэтому в таких цепях следует применять защитное отключение электропитания.

Широкому применению малых напряжений мешает трудность создания протяженной сети. Поэтому источник малого напряжения должен быть максимально приближен к потребителю. Вследствие того что потребители рассредоточены на значительных территориях, надо устанавливать источники питания (трансформаторы) на небольшую группу потребителей или даже на каждый потребитель, что экономически невыгодно. Поэтому область применения малых напряжений 12, 36 и 42 В ограничивается ручным электрифицированным инструментом, ручными переносными лампами и лампами местного освещения в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных.

Согласно ПУЭ (см. пп. 1.7.73—1.7.75), сверхнизкое (малое) напряжение (СНН) в электроустановках напряжением до 1 кВ может быть применено для защиты от поражения электрическим током при прямом и (или) косвенном прикосновении в сочетании с защитным электрическим разделением цепей или в сочетании с автоматическим отключением питания.

В качестве источника питания цепей СНН в обоих случаях следует применять безопасный разделительный трансформатор в соответствии с ГОСТ 30030—93 «Трансформаторы разделительные и безопасные разделительные трансформаторы» или другой источник СНН, обеспечивающий равноценную степень безопасности.

Токоведущие части цепей СНН должны быть электрически отделены от других цепей так, чтобы обеспечивалось электрическое разделение, равноценное разделению между первичной и вторичной обмотками разделительного трансформатора.

Проводники цепей СНН, как правило, должны быть проложены отдельно от проводников более высоких напряжений и защитных проводников, либо отделены от них заземленным металлическим экраном (оболочкой), либо заключены в неметаллическую оболочку дополнительно к основной изоляции.

Вилки и розетки штепсельных соединителей в цепях СНН не должны допускать подключение к розеткам и вилкам других напряжений.

Штепсельные розетки должны быть без защитного контакта.

При значениях СНН выше 25 В переменного или 60 В постоянного тока должна быть также выполнена защита от прямого прикосновения с помощью ограждений, или оболочек, или изоляции, соответствующей испытательному напряжению 500 В переменного тока в течение 1 мин.

При применении СНН в сочетании с электрическим разделением цепей открытые проводящие части не должны быть преднамеренно присоединены к заземли-телю, защитным проводникам или открытым проводящим частям других цепей и к сторонним проводящим частям, кроме случая, когда соединение сторонних проводящих частей с электрооборудованием необходимо, а напряжение на этих частях не может превысить значение СНН.

Сверхнизкое напряжение в сочетании с электрическим разделением цепей следует применять, когда с помощью СНН необходимо обеспечить защиту от поражения электрическим током при повреждении изоляции не только в цепи СНН, но и в других цепях, например в цепи, питающей источник.

При применении СНН в сочетании с автоматическим отключением питания один из выводов источника СНН и его корпус должны быть присоединены к защитному проводнику цепи, питающей источник.

В случаях, когда в электроустановке применено электрооборудование с наибольшим рабочим (функциональным) напряжением, не превышающим 50 В переменного или 120 В постоянного тока, такое напряжение может быть использовано в качестве меры защиты от прямого и косвенного прикосновения, если при этом соблюдены все предыдущие требования ПУЭ.

3. Заземление и зануление.

Явления при стекании тока в землю

Стекание тока в землю происходит только через проводник, находящийся с нею в непосредственном контакте. Такой контакт может быть случайным или преднамеренным.

В последнем случае проводник или группа соединенных между собой проводников, находящихся в контакте с землей, называется *заземлителем*.

Причинами стекания тока в землю является замыкание токоведущей части на заземленный корпус электрического оборудования или падение провода на землю либо использование земли в качестве провода и т. п. Во всех этих случаях происходит резкое снижение потенциала φ_3 , заземлившейся токоведущей части до значения, равного произведению тока, стекающего в землю, I_3 , на сопротивление заземлителя растеканию тока R_3 .

$$\varphi_3 = I_3 \cdot R_3, \quad (1)$$

Это явление используют, как меру защиты от поражения током при случайном появлении напряжения на металлических нетоковедущих частях, которые с этой целью заземляют. Однако наряду с понижением потенциала заземлившейся токоведущей части при стекании тока в землю возникают и отрицательные явления, появляется потенциал на заземлителе и находящихся в контакте с ним металлических частях, а также на поверхности грунта вокруг места стекания тока в землю. Возникающие при этом разности потенциалов отдельных точек электрической цепи протекания тока, в том числе точек на поверхности земли, достигают больших значений и представляют опасность для человека.

Значение потенциалов, их разностей и характер изменений, а, следовательно, и обусловленная ими опасность поражения человека током зависят от многих факторов:

- значения тока, стекающего в землю;
- конфигурации, размеров, числа и взаимного расположения электродов;
- удельного сопротивления грунта и др.

Воздействуя на некоторые из этих факторов можно снизить разности потенциалов, действующие на человека, до безопасных значений.

1. Заземлитель с полусферическим электродом

Заземлитель с полусферическим электродом – заземлитель со сферическим электродом, заглубленный так, что его центр находится на уровне земли.

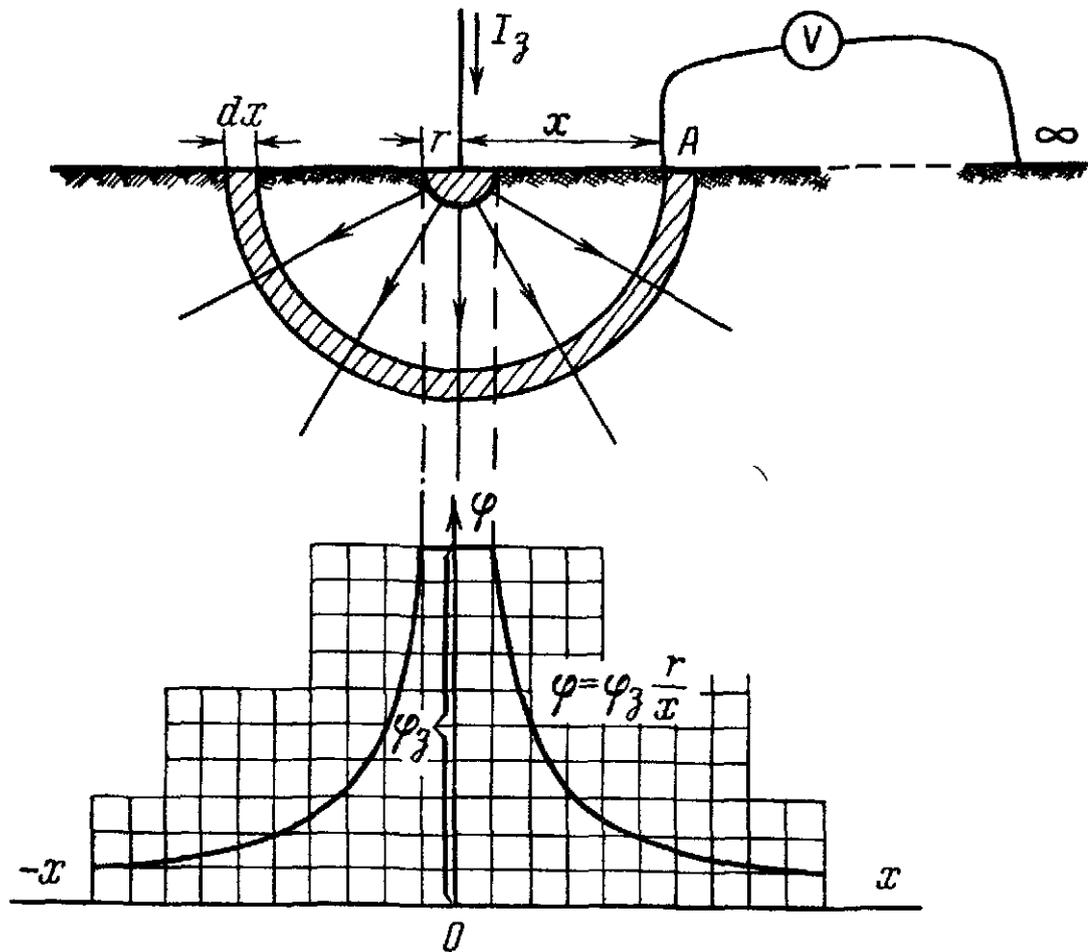


Рисунок 1 - Распределение потенциала на поверхности земли вокруг заземлителя с полусферическим электродом

Для такого заземлителя уравнение потенциальной кривой на поверхности земли будет равно

$$\varphi = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi x}, \quad (2)$$

Потенциал заземлителя φ_3 , будет при x равном радиусу заземлителя r , м, т.е.

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi r}. \quad (3)$$

2. Заземлитель с вертикальным трубчатым электродом

Рассмотрим заземлитель с вертикальным трубчатым электродом длиной l , и диаметром d , погруженный в землю так, чтобы его верхний конец был на уровне земли.

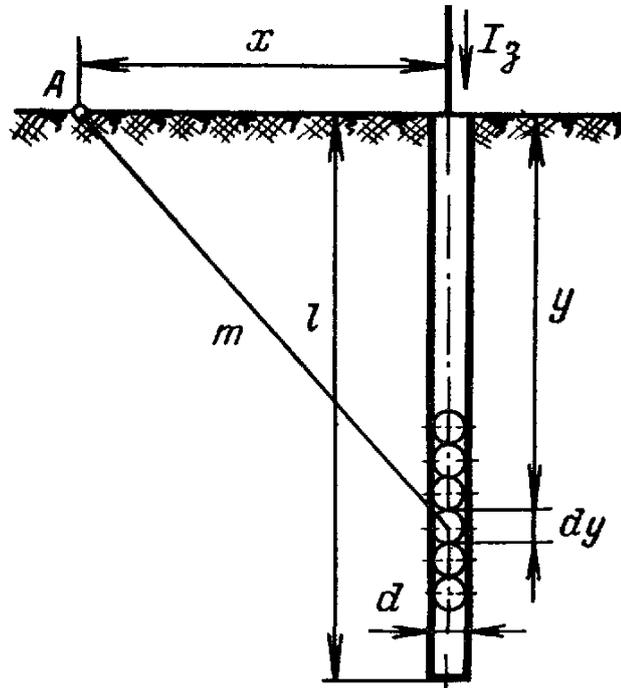


Рисунок 2 - Определение уравнения потенциальной кривой заземлителя с вертикальным трубчатым электродом

С заземлителя стекает ток I_3 . Найдем выражение для расчета потенциала точек на поверхности земли и потенциала заземлителя.

Разбиваем заземлитель по длине на бесконечно малые участки каждый длиной dy и диаметром dy .

С каждого такого участка в землю стекает ток dI_3 , который обуславливает возникновение элементарного потенциала $d\varphi$, в некоторой точке земли.

$$dI_3 = \frac{I_3}{l} dy \quad (4)$$

Рассмотрим точку A на поверхности земли, отстоящую от оси заземлителя на расстоянии x . Потенциал этой точки будет равен

$$d\varphi = \frac{dI_3 \cdot \rho}{2\pi} \cdot \frac{1}{m}, \quad (5)$$

Учитывая, что $m = \sqrt{x^2 + y^2}$, и заменяя dI_3 его значением из формулы (4), получаем

$$d\varphi = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi l} \cdot \frac{dy}{\sqrt{x^2 + y^2}}, \quad (7)$$

Проинтегрировав это уравнение по всей длине заземлителя (от 0 до l), получим искомое уравнение для потенциала точки А, т. е. уравнение потенциальной кривой

$$\varphi = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi l} \ln \frac{\sqrt{x^2 + l^2} + l}{x}, \quad (8)$$

Потенциал заземлителя φ_3 , будет, при $x = 0,5d$ т. е.

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi l} \ln \frac{\sqrt{(0,5d)^2 + l^2} + l}{0,5d}, \quad (9)$$

При $0,5d \ll l$, первым слагаемым под корнем можно пренебречь. Тогда это уравнение примет вид

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}, \quad (10)$$

На рисунке 3 показана потенциальная кривая заземлителя с вертикальным трубчатым электродом с отношением размеров $l/d = 50$.

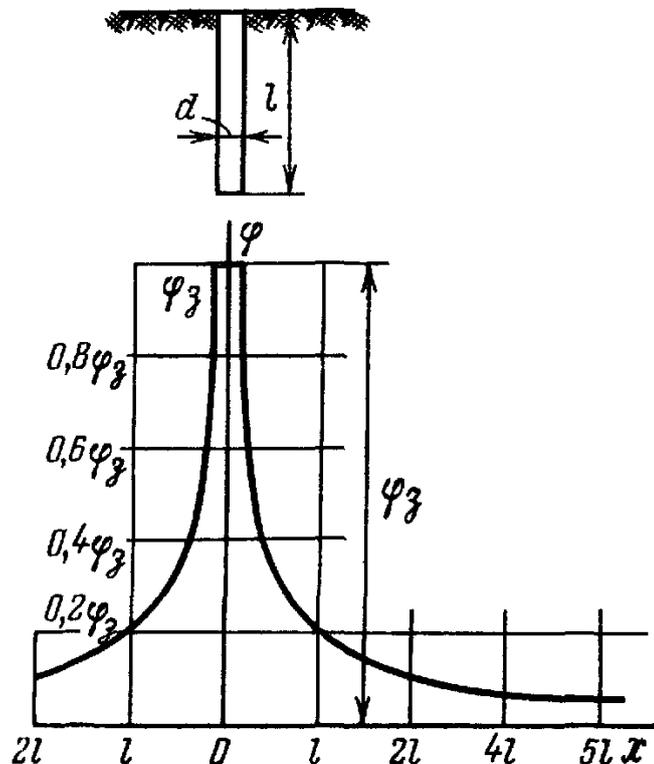


Рисунок 3 - Распределение потенциала на поверхности земли вокруг заземлителя с вертикальным трубчатым электродом с размерами $l/d = 50$ ($l = 2,5$; $d = 0,05$)

3. Протяженный трубчатый заземлитель на поверхности земли

У этого вида заземлителя, находящегося на поверхности земли и заглубленного так, что его продольная ось совпадает с поверхностью земли, изменения потенциальной кривой различны в различных направлениях.

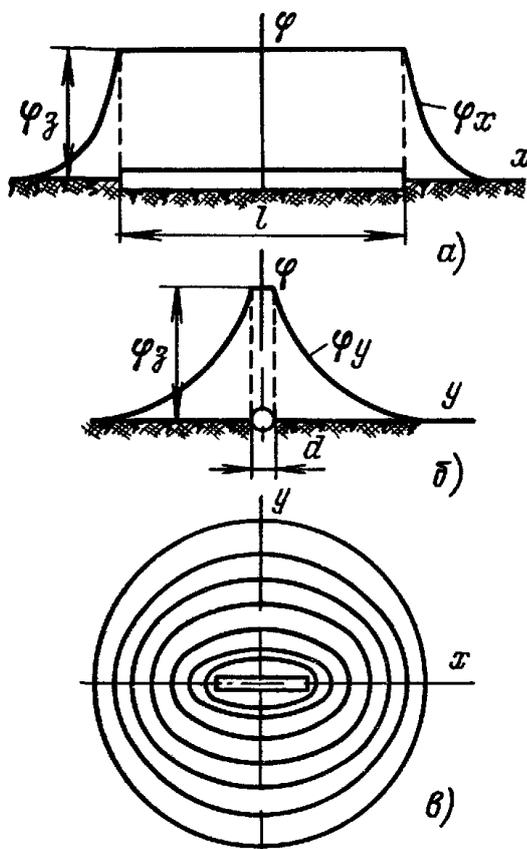


Рисунок 4 - Распределение потенциала на поверхности земли вокруг заземлителя с протяженным трубчатым электродом:

- а) потенциальная кривая вдоль оси заземлителя;
- б) потенциальная кривая в плоскости, перпендикулярной оси заземлителя и пересекающей его в середине;
- в) эквипотенциалы на поверхности земли вокруг протяженного заземлителя.

Наиболее резко потенциал падает вдоль оси заземлителя, а наиболее плавно – поперек оси по линии, проведенной через его середину.

Уравнение потенциальных кривых этого заземлителя имеют следующий вид:

- а) вдоль оси заземлителя (по оси x),

$$\varphi_x = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi l} \ln \frac{\sqrt{l^2 + d^2} + 2x}{\sqrt{l^2 + d^2} + 2x - 2l}, \quad (11)$$

где l и d – длина и диаметр сечения заземлителя.

б) поперек оси заземлителя (по оси y),

$$\varphi_y = \frac{I_3 \cdot \rho}{\pi l} \ln \frac{\sqrt{l^2 + 4y^2} + l}{2y}, \quad (12)$$

Потенциал заземлителя будет при наименьшем значении x , т. е. при $x = 0,5l$, если φ_3 вычисляется из (11), или при наименьшем значении y , т. е. при $y = 0,5d$, если φ_3 вычисляется из (12), т. е

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \cdot \rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d}, \quad (13)$$

Эквипотенциальные линии на поверхности земли вокруг протяженного заземлителя приближаются по форме к эллипсам; на большом расстоянии от заземлителя они переходят в окружности (рисунок 4в).

4. Напряжение прикосновения

Напряжение прикосновения – это напряжение между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землей при одновременном прикосновении к ним человека или животного

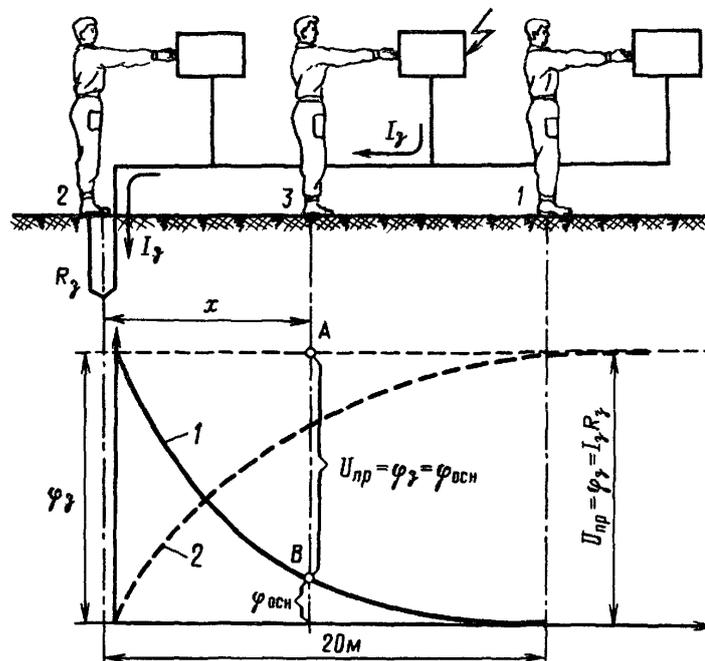


Рисунок 5 - Напряжение прикосновения при одиночном заземлителе

Напряжение прикосновения для человека, касающегося заземленного корпуса электрооборудования и стоящего на земле зависит от формы потенциальной кривой и расстояния x между человеком и заземлителем (чем дальше от заземлителя находится человек, тем больше $U_{пр}$ и наоборот). Так,

при наибольшем расстоянии, т. е. при $x \rightarrow \infty$, практически при $x \geq 20$ м (случай А на рисунке 5) напряжение прикосновения имеет наибольшее значение: $U_{\text{пр}} = \varphi_3$; при этом коэффициент прикосновения $\alpha_1 = 1$. Это — наиболее опасный случай прикосновения.

При наименьшем значении x , т. е. когда человек стоит непосредственно на заземлителе (случай Б на рисунке 5), $U_{\text{пр}} = 0$ и $\alpha_1 = 0$. Это — безопасный случай, так как человек не подвергается воздействию напряжения, хотя он, и находится под потенциалом заземлителя φ_3 .

При других значениях x в пределах $0 - 20$ м (случай В на рисунке 5) $U_{\text{пр}}$ плавно возрастает от 0 до φ_3 , а α_1 — от 0 до 1.

5 Шаговое напряжение

Напряжением шага называется напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися одна от другой на расстоянии шага, принимаемым равным 0,8 м, на которых одновременно стоит человек,

Шаговое напряжения возникает между ногами человека вследствие не равномерного распределения потенциала заземлителя по земле (рисунок 6). Точка касания ноги расположенная ближе к заземляющему электроду будет иметь больший потенциал, по сравнению с более удаленной. Величина шагового напряжения зависит от величины шага и от расстояния x от заземлителя, а также формы потенциальной кривой растекания заземлителя.

По мере удаления от места замыкания вылечена шагового напряжения уменьшается. Шаговое напряжения на расстоянии 10...20 м от места замыкания практически не представляет опасность.

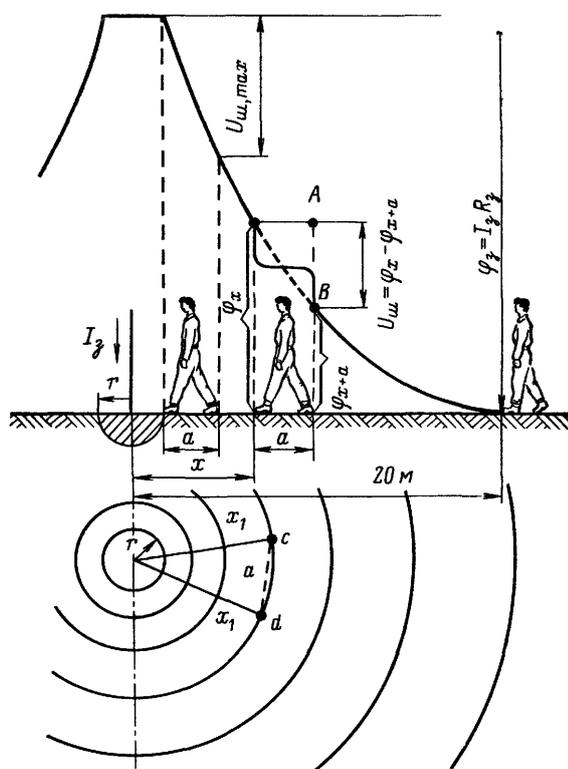


Рисунок 6 – Шаговое напряжение

Анализ опасности поражения электрическим током в различных электрических сетях

В этом параграфе оценим опасность поражения электрическим током в зависимости от:

напряжения и схемы питания электроустановок,
режима нейтрали,
сопротивления элементов электрической сети,
условий включения человека в цепь.

Нейтраль – это точка соединения обмоток питающей цепи трансформатора или генератора. Нейтраль может быть изолированной или заземленной.

Заземленной называется нейтраль, присоединенная к заземляющему устройству, либо непосредственно, либо через малое сопротивление. Изолированной называется нейтраль либо не присоединенная к заземляющему проводу, либо соединенная с ним через большое сопротивление.

Режим нейтрали трехфазной сети выбирается по технологическим требованиям и условиям безопасности. Согласно ПУЭ, при напряжении выше 1 кВ применяются две схемы: трехпроводные сети с изолированной нейтралью и трехпроводные сети с эффективно заземленной нейтралью. При напряжении до 1 кВ применяются трехпроводные сети с изолированной нейтралью и четырехпроводные сети с глухозаземленной нейтралью.

Анализируя различные случаи прикосновения человека к проводам трехфазных электрических сетей, можно сделать вывод, что наиболее опасным является двухфазное прикосновение при любом режиме нейтрали. В этом случае ток, проходящий через тело человека $I_{ч}$, определяется линейным напряжением $U_{л}$ и сопротивлением его тела $R_{ч}$:

$$I_{ч} = \frac{U_{л}}{R_{ч}}, \quad (1)$$

$$U_{л} = \sqrt{3}U_{\phi} = 1,73U_{\phi}, \quad (2)$$

В трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью силу тока, проходящего через тело человека, при прикосновении к одной из фаз сети в период ее нормальной работы, определяют следующим выражением в комплексной форме:

$$I_{ч} = \frac{U_{\phi}}{R_{ч} + Z/3}, \quad (3)$$

где Z – комплекс полного сопротивления одной фазы относительно земли, Ом;

r – сопротивление изоляции провода относительно земли, Ом;

C – емкость изоляции провода относительно земли, Ф.

Ток в действительной форме составит:

$$I_{\varphi} = \frac{U_{\phi}}{R_{\varphi}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{r(r+6R_{\varphi})}{9R_{\varphi}^2(r^2\omega^2C^2)}}}, \quad (4)$$

Если емкость проводов относительно земли мала, что обычно имеет место в воздушных сетях небольшой протяженности, то уравнение примет вид:

$$I_{\varphi} = \frac{U_{\phi}}{R_{\varphi} + r/3} = \frac{3U_{\phi}}{3R_{\varphi} + r}, \quad (5)$$

Если же емкость велика, а проводимость изоляции незначительна, что обычно имеет место в кабельных сетях, то сила тока, проходящего через тело человека, будет равна:

$$I_{\varphi} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{R_{\varphi}^2 + (x_C/3)^2}}, \quad (6)$$

где x_C – емкостное сопротивление, Ом;

ω – угловая частота, рад/с.

В сетях с изолированной нейтралью, обладающих незначительной емкостью между проводами и землей, опасность для человека, прикоснувшегося к одной из фаз в период нормальной работы сети, зависит от сопротивления проводов относительно земли: с увеличением сопротивления опасность уменьшается. Поэтому очень важно в таких сетях обеспечивать высокое сопротивление изоляции и контролировать ее состояние для своевременного выявления и устранения возникших неисправностей. Однако в сетях с большой емкостью относительно земли роль изоляции проводов в обеспечении безопасности прикосновения утрачивается, что видно из уравнений.

В трехфазной четырехпроводной сети с заземленной нейтралью проводимость изоляции и емкостная проводимость проводов относительно земли малы по сравнению с проводимостью заземления нейтрали, поэтому при определении силы тока, проходящего через тело человека, касающегося фазы сети, ими можно пренебречь.

При нормальном режиме работы сети сила тока, проходящего через тело человека, будет равна:

$$I_{\varphi} = \frac{U_{\phi}}{R_{\varphi} + r_0}, \quad (7)$$

где r_0 – сопротивление заземления нейтрали, Ом.

Как правило, $r_0 < 10$ Ом, сопротивление же тела человека R_{φ} не

опускается ниже сотен Ом. Следовательно, без большой ошибки в уравнении можно пренебречь значением r_0 и считать, что при прикосновении к одной из фаз трехфазной четырехпроводной сети с заземленной нейтралью человек оказывается практически под фазным напряжением U_ϕ , а ток, проходящий через него, равен частному от деления U_ϕ на $R_{\text{ч}}$.

Отсюда следует, что прикосновение к фазе трехфазной сети с заземленной нейтралью в период ее нормальной работы более опасно, чем прикосновение к фазе нормально работающей сети с изолированной нейтралью.

Защитное заземление

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением [1].

Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Основное назначение этого вида защитных мер – устранение опасности поражения током в случае прикосновения человека к корпусу и другим нетоковедущим металлическим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением. Принцип действия защитного заземления в сетях с изолированной нейтралью заключается в снижении до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, что достигается путем уменьшения потенциала заземленного оборудования (за счет уменьшения сопротивления заземляющих устройств), а также путем выравнивания потенциалов основания, на котором стоит человек, до значений, близких к значению потенциала заземленного оборудования. Заземление применяется в сетях как выше, так и ниже 1000 В. В сетях выше 1 кВ защитное заземление обеспечивает срабатывание максимальной защиты, при этом рекомендуется предусматривать устройства автоматического поиска места замыкания на землю.

Защитное заземление следует отличать от рабочего заземления, которое необходимо для обеспечения работы электроустановки.

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) предусматривают использование естественных заземлителей – электропроводящих частей коммуникаций, зданий и сооружений производственного или иного назначения, находящихся в соприкосновении с землей. В качестве естественных заземлителей могут использоваться:

- проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубы, за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов; обсадные трубы артезианских колодцев, скважин и т.п.;
- металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, имеющие соединение с землей;
- свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле;
- металлические шпунты гидротехнических сооружений;

- заземлители опор отходящих от подстанций воздушных линий электропередач, соединенных с заземляющим устройством подстанции при помощи грозозащитных тросов линий; рельсовые пути неэлектрифицированных железных дорог при наличии перемычек между рельсами.

Естественные заземлители обладают, как правило, малым сопротивлением растеканию тока, и поэтому использование их для заземления дает весьма ощутимую экономию металла. Недостатками естественных заземлителей являются доступность некоторых из них неэлектротехническому персоналу и возможность нарушения непрерывности соединения протяженных заземлителей.

Если сопротивление естественных заземлителей не удовлетворяет необходимым требованиям, используются искусственные заземлители, т.е. заземлители, специально выполняемые для целей заземления. Искусственные заземлители выполняются в виде вертикальных и горизонтальных электродов. В качестве вертикальных электродов используются стальные трубы с толщиной стенки не менее 3,5 мм, диаметром не менее 10 мм (обычно 50–60 мм) и угловая сталь с толщиной полок не менее 4 мм (обычно размеры 40x50), длиной 2,5 – 3 м. Горизонтальные электроды выполняются из полосовой стали размером не менее 4x12 мм или стали круглого сечения диаметром не менее 6 мм. Заземлители прокладывают на глубине 0,7 – 0,8 м от поверхности земли. Горизонтальные и вертикальные заземлители соединяют между собой при помощи сварки.

Перед вводом заземляющих устройств в строй их испытывают – измеряют сопротивление растеканию тока, о чем должен свидетельствовать специальный протокол. В процессе эксплуатации сопротивление заземляющего устройства не остается постоянным, оно изменяется в зависимости от погодных условий и за счет коррозии заземлителей. Поэтому заземляющие устройства периодически подвергаются осмотрам и испытаниям. При этом время испытания выбирается таким образом, чтобы удельное сопротивление грунта в момент испытания было наибольшим (летом – во время наибольшего просыхания грунта, зимой – во время наибольшего промерзания).

Измерение сопротивления заземляющих устройств подстанций промышленных предприятий производится: после монтажа и капитального ремонта; в первый год эксплуатации; периодически не реже одного раза в 3 года. Измерение сопротивления заземляющих устройств цеховых электроустановок осуществляется не реже одного раза в год. Порядок проведения испытаний и результаты измерений оформляются протоколом. Если измеренные величины сопротивлений не отвечают необходимым требованиям, то проводят ревизию заземляющих устройств, устанавливают дополнительные заземлители.

Зануление

Зануление – это преднамеренное электрическое соединение открытых проводящих частей электроустановок с глухозаземленной нейтральной точкой

генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

Для соединения открытых проводящих частей потребителя электроэнергии с глухозаземленной нейтральной точкой источника используется нулевой защитный проводник.

Нулевым защитным проводником (**PE** – проводник в системе **TN – S**) называется проводник, соединяющий зануляемые части (открытые проводящие части) с глухозаземленной нейтральной точкой источника питания трехфазного тока или с заземленным выводом источника питания однофазного тока, или с заземленной средней точкой источника питания в сетях постоянного тока.

Нулевой защитный проводник следует отличать от нулевого рабочего и **PEN** – проводников.

Нулевой рабочий проводник (**N** – проводник в системе **TN – S**) – проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, предназначенный для питания электроприемников соединенный с глухозаземленной нейтральной точкой генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной точкой источника в сетях постоянного тока.

Совмещенный (**PEN** – проводник в системе **TN – C**) нулевой защитный и нулевой рабочий проводник – проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, совмещающий функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводника.

Зануление необходимо для обеспечения защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении за счет снижения напряжения корпуса относительно земли и быстрого отключения электроустановки от сети.

Область применения зануления:

- электроустановки напряжением до 1 кВ в трехфазных сетях переменного тока с заземленной нейтралью (система **TN – S**; обычно это сети 220/127, 380/220, 660/380 В);
- электроустановки напряжением до 1 кВ в однофазных сетях переменного тока с заземленным выводом;
- электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях постоянного тока с заземленной средней точкой источника.

Принцип действия зануления. При замыкании фазного провода на зануленный корпус электропотребителя образуется цепь тока однофазного короткого замыкания (то есть замыкания между фазным и нулевым защитным проводниками). Ток однофазного короткого замыкания вызывает срабатывание максимальной токовой защиты, в результате чего происходит отключение поврежденной электроустановки от питающей сети. Кроме того, до срабатывания максимальной токовой защиты происходит снижение напряжения поврежденного корпуса относительно земли, что связано с защитным действием повторного заземления нулевого защитного проводника и перераспределением напряжений в сети при протекании тока короткого замыкания.

4. Электрoзащитные средства

Организм человека очень чувствителен к электрическому току. Человек начинает ощущать протекающий через него ток очень малой величины: 0,6 – 1,6 мА переменного тока промышленной частоты (50 Гц) и 5 – 7 мА постоянного тока. Данный ток называется ощутимым током или током порога ощущения. Однако этот ток не может вызвать поражения человека и потому не является опасным. Но длительное протекание его через тело человека негативно сказывается на его здоровье, что является недопустимым.

Особенно недопустимым является неожиданное воздействие электрического тока, что вызывает непроизвольное ошибочное действие человека, усугубляющее опасность для него при работе вблизи токоведущих частей, на высоте и других аналогичных условиях. При промышленной частоте ток более 0,16 мА вызывает у человека неприятные болезненные ощущения, усиливающиеся с увеличением тока и сопровождающиеся судорогами мышц. В пределах до 10 – 15 мА человек в состоянии самостоятельно разорвать цепь тока через себя, т.е. преодолеть судороги мышц и оторваться от токоведущих частей. Этот ток называется отпускающим. Данный ток условно можно считать безопасным для человека в том смысле, что он не вызывает немедленного поражения человека. Однако при длительном протекании тока через человека величина его растет и он может вызвать потерю управления мышцами, а при отсутствии помощи – даже смерть.

Протекание через тело человека переменного тока выше отпускающего, т.е. больше 10 – 15 мА, вызывает сильные и очень болезненные судороги мышц, преодолеть которые человек не в состоянии. Такой ток называется неотпускающим. При таком токе человек не может разомкнуть руку, которой касается токоведущей части, не может отбросить провод от себя, сойти с него и т.д., т.е. он не в состоянии самостоятельно нарушить контакт с токоведущей частью. И если в течение нескольких секунд, а при больших токах – долей секунды, цепь тока через человека не будет прервана, он погибает.

Следовательно, ток промышленной частоты более 15 мА считается опасным для человека.

Ток, равный 100 – 200 мА, способствует развитию фибрилляции сердечных мышц при протекании через человека более 0,1 – 0,5 с. При длительности протекания до 1 с возможны летальный исход от электрического удара, а также термические ожоги.

В связи с опасностью действия электрического тока на здоровье человека необходимо использовать различные защитные средства.

Кроме защитных средств для обеспечения безопасности условий работы в действующих электроустановках большое значение имеют различные предохранительные приспособления, в том числе и при работах на высоте: предохранительный пояс, страхующие канаты, монтерские когти, различные лестницы, широко применяемые при электромонтажных и других работах.

Данные методические указания к лабораторной работе составлены в соответствии с [1], где внесены изменения и дополнения, учитывающие

процесс внедрения современных средств защиты, изменяющиеся требования стандартов на конкретные виды средств защиты, а также учтены изменения и обновления номенклатуры выпускаемых изделий (например, указателей и сигнализаторов напряжения, переносных заземлений), уточнены и приближены к требованиям европейских государств требования к проводам переносных заземлений и методика выбора их сечений в эксплуатации и приведены в соответствие с действующими стандартами России. Уточнен ряд требований к штангам переносных заземлений в связи с использованием в распределительных электросетях методов установки заземлений без подъема персонала на опоры воздушных линий электропередачи.

Основные термины и их определения

Средство защиты работающего – средство, предназначенное для предотвращения или уменьшения воздействия на работающего опасных и (или) вредных производственных факторов.

Средство коллективной защиты (СЗК) – средство защиты, конструктивно и (или) функционально связанное с производственным процессом, производственным оборудованием, помещением, зданием, сооружением, производственной площадкой.

Средство индивидуальной защиты (СИЗ) – средство защиты, используемое одним человеком.

Электрозащитное средство – средство защиты от поражения электрическим током, предназначенное для обеспечения электробезопасности.

Основное изолирующее электрозащитное средство – изолирующее электрозащитное средство, изоляция которого длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановки и которое позволяет работать на токоведущих частях, находящихся под напряжением.

Дополнительное изолирующее электрозащитное средство – изолирующее электрозащитное средство, которое само по себе не может при данном напряжении обеспечить защиту от поражения электрическим током, но дополняет основное средство защиты, а также служит для защиты от напряжения прикосновения и напряжения шага.

Напряжение прикосновения – напряжение между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землей при одновременном прикосновении к ним человека.

Напряжение шага – напряжение между двумя точками на поверхности земли, на расстоянии 0,8 – 1,0 м одна от другой, которое принимается равным длине шага человека.

Безопасное расстояние – наименьшее допустимое расстояние между работающим и источником опасности, необходимое для обеспечения безопасности работающего.

Указатель напряжения – устройство для определения наличия или отсутствия напряжения на токоведущих частях электроустановок.

Сигнализатор наличия напряжения – устройство для предупреждения персонала о нахождении в потенциально опасной зоне из-за приближения к

токоведущим частям, находящимся под напряжением, на опасное расстояние или для предварительной (ориентировочной) оценки наличия напряжения на токоведущих частях электроустановок при расстояниях между ними и работающим, значительно превышающим безопасные..

Работа без снятия напряжения – работа, выполняемая с прикосновением к токоведущим частям, находящимся под напряжением (рабочим или наведенным), или на расстояниях от этих токоведущих частей менее допустимых.

Зона влияния электрического поля – пространство, в котором напряженность электрического поля промышленной частоты превышает 5 кВ/м.

При работе в электроустановках используются:

- средства защиты от поражения электрическим током (электрозачитные средства);
- средства защиты от электрических полей повышенной напряженности, коллективные и индивидуальные (в электроустановках напряжением 330 кВ и выше);
- средства индивидуальной защиты (СИЗ) в соответствии с государственным стандартом (средства защиты головы, глаз и лица, рук, органов дыхания, от падения с высоты, одежда специальная защитная).

К электрозачитным средствам относятся:

- изолирующие штанги всех видов;
- изолирующие клещи;
- указатели напряжения;
- сигнализаторы наличия напряжения индивидуальные и стационарные;
- устройства и приспособления для обеспечения безопасности работ при измерениях и испытаниях в электроустановках (указатели напряжения для проверки совпадения фаз, клещи электроизмерительные, устройства для прокола кабеля);
- диэлектрические перчатки, галоши, боты;
- диэлектрические ковры и изолирующие подставки;
- защитные ограждения (щиты и ширмы);
- изолирующие накладки и колпаки;
- ручной изолирующий инструмент;
- переносные заземления;
- плакаты и знаки безопасности;
- специальные средства защиты, устройства и изолирующие приспособления для работ под напряжением в электроустановках напряжением 110 кВ и выше;
- гибкие изолирующие покрытия и накладки для работ под напряжением в электроустановках напряжением до 1000 В;
- лестницы приставные и стремянки изолирующие стеклопластиковые.

Изолирующие электрозачитные средства делятся на основные, специальные и дополнительные.

К основным изолирующим электрозащитным средствам для электроустановок напряжением выше 1000 В относятся:

- изолирующие штанги всех видов;
- изолирующие клещи;
- указатели напряжения;
- устройства и приспособления для обеспечения безопасности работ при измерениях и испытаниях в электроустановках (указатели напряжения для проверки совпадения фаз, клещи электроизмерительные, устройства для прокола кабеля и т. п.).

Специальные средства защиты, устройства и приспособления изолирующие для работ под напряжением в электроустановках напряжением 110 кВ и выше (кроме штанг для переноса и выравнивания потенциала).

К дополнительным изолирующим электрозащитным средствам для электроустановок напряжением выше 1000 В относятся:

- диэлектрические перчатки и боты;
- диэлектрические ковры и изолирующие подставки;
- изолирующие колпаки и накладки;
- штанги для переноса и выравнивания потенциала;
- лестницы приставные, стремянки изолирующие стеклопластиковые.

К основным изолирующим электрозащитным средствам для электроустановок напряжением до 1000 В относятся:

- изолирующие штанги всех видов;
- изолирующие клещи;
- указатели напряжения;
- электроизмерительные клещи;
- диэлектрические перчатки;
- ручной изолирующий инструмент.

К дополнительным изолирующим электрозащитным средствам для электроустановок напряжением до 1000 В относятся:

- диэлектрические галоши;
- диэлектрические ковры и изолирующие подставки;
- изолирующие колпаки, покрытия и накладки;
- лестницы приставные, стремянки изолирующие стеклопластиковые.

Порядок пользования

Персонал, проводящий работы в электроустановках, должен быть обеспечен всеми необходимыми средствами защиты, обучен правилам применения и обязан пользоваться ими для обеспечения безопасности работ.

Средства защиты должны находиться в качестве инвентарных в помещениях электроустановок или входить в инвентарное имущество выездных бригад. Средства защиты могут также выдаваться для индивидуального пользования.

При работах следует использовать только средства защиты, имеющие маркировку с указанием завода-изготовителя, наименования или типа изделия и года выпуска, а также штамп об испытании.

Инвентарные средства защиты распределяются между объектами (электроустановками) и между выездными бригадами в соответствии с системой организации эксплуатации, местными условиями и нормами комплектования [1].

Такое распределение с указанием мест хранения средств защиты должно быть зафиксировано в перечнях, утвержденных техническим руководителем организации или работником, ответственным за электрохозяйство.

При обнаружении непригодности средств защиты они подлежат изъятию. Об изъятии непригодных средств защиты должна быть сделана запись в журнале учета и содержания средств защиты [1] или оперативной документации.

Работники, получившие средства защиты в индивидуальное пользование, отвечают за их правильную эксплуатацию и своевременный контроль за их состоянием.

Изолирующими электробезопасными средствами следует пользоваться только по их прямому назначению в электроустановках напряжением не выше того, на которое они рассчитаны (наибольшее допустимое рабочее напряжение), в соответствии с руководствами по эксплуатации, инструкциями, паспортами и т.п. на конкретные средства защиты.

Изолирующие электробезопасные средства рассчитаны на применение в закрытых электроустановках, а в открытых электроустановках – только в сухую погоду. В изморось и при осадках пользоваться ими не допускается.

На открытом воздухе в сырую погоду могут применяться только средства защиты специальной конструкции, предназначенные для работы в таких условиях. Такие средства защиты изготавливаются, испытываются и используются в соответствии с техническими условиями и инструкциями.

Перед каждым применением средства защиты персонал обязан проверить его исправность, отсутствие внешних повреждений и загрязнений, а также проверить по штампу срок годности.

Не допускается пользоваться средствами защиты с истекшим сроком годности.

При использовании электробезопасных средств не допускается прикасаться к их рабочей части, а также к изолирующей части за ограничительным кольцом или упором.

Учет средств защиты и контроль их состояния

Все находящиеся в эксплуатации электробезопасные средства и средства индивидуальной защиты должны быть пронумерованы, за исключением касок защитных, диэлектрических ковров, изолирующих подставок, плакатов безопасности, защитных ограждений, штанг для переноса и выравнивания потенциала. Допускается использование заводских номеров. Нумерация устанавливается отдельно для каждого вида средств защиты с учетом принятой системы организации эксплуатации и местных условий. Инвентарный номер

наносят, как правило, непосредственно на средство защиты краской или выбивают на металлических деталях. Возможно также нанесение номера на прикрепленную к средству защиты специальную бирку. Если средство защиты состоит из нескольких частей, общий для него номер необходимо ставить на каждой части.

В подразделениях предприятий и организаций необходимо вести журналы учета и содержания средств защиты. Средства защиты, выданные в индивидуальное пользование, также должны быть зарегистрированы в журнале.

Наличие и состояние средств защиты проверяется периодическим осмотром, который проводится не реже 1 раза в 6 мес. (для переносных заземлений – не реже 1 раза в 3 мес.) работником, ответственным за их состояние, с записью результатов осмотра в журнал.

Электрозащитные средства, кроме изолирующих подставок, диэлектрических ковров, переносных заземлений, защитных ограждений, плакатов и знаков безопасности, а также предохранительные монтерские пояса и страховочные канаты, полученные для эксплуатации от заводоизготовителей или со складов, должны быть проверены по нормам эксплуатационных испытаний.

На выдержавшие испытания средства защиты, применение которых зависит от напряжения электроустановки, ставится штамп следующей формы:

№ _____
Годно до _____ кВ
Дата следующего испытания «__» _____ 20__ г.

(Наименование лаборатории)

На средства защиты, применение которых не зависит от напряжения электроустановки (диэлектрические перчатки, галоши, боты и т. п.), ставится штамп следующей формы:

№ _____
Дата следующего испытания «__» _____ 20__ г.

(Наименование лаборатории)

Штамп должен быть отчетливо виден. Он должен наноситься несмываемой краской или наклеиваться на изолирующей части около ограничительного кольца изолирующих электрозащитных средств и устройств для работы под напряжением или у края резиновых изделий и предохранительных приспособлений. Если средство защиты состоит из нескольких частей, штамп ставят только на одной части. Способ нанесения штампа и его размеры не должны ухудшать изоляционных характеристик средств защиты.

При испытаниях диэлектрических перчаток, бот и галош должна быть произведена маркировка по их защитным свойствам Эв и Эн, если заводская маркировка утрачена.

На средствах защиты, не выдержавших испытания, штамп должен быть перечеркнут красной краской.

Изолированный инструмент, указатели напряжения до 1000 В, а также предохранительные пояса и страховочные канаты разрешается маркировать доступными средствами.

Результаты эксплуатационных испытаний средств защиты регистрируются в специальных журналах [1]. На средства защиты, принадлежащие сторонним организациям, кроме того, должны оформляться протоколы испытаний [1].

Общие правила испытаний средств защиты

Приемо-сдаточные, периодические и типовые испытания проводятся на предприятиях-изготовителях по нормам и методикам, изложенным в соответствующих стандартах или технических условиях.

В эксплуатации средства защиты подвергаются эксплуатационным очередным и внеочередным испытаниям (после падения, ремонта, замены каких-либо деталей, при наличии признаков неисправности).

Испытания проводятся по специальным утвержденным методикам. Механические испытания проводят перед электрическими.

Все испытания средств защиты должны проводиться специально обученными и аттестованными работниками.

Каждое средство защиты перед испытанием должно быть тщательно осмотрено в целях проверки наличия маркировки изготовителя, номера, комплектности, отсутствия механических повреждений, состояния изоляционных поверхностей (для изолирующих средств защиты). При несоответствии средства защиты требованиям настоящей Инструкции испытания не проводят до устранения выявленных недостатков.

Электрические испытания следует проводить переменным током промышленной частоты, как правило, при температуре 25 ± 15 °С.

Электрические испытания изолирующих штанг, указателей напряжения, указателей напряжения для проверки совпадения фаз, изолирующих и электроизмерительных клещей следует начинать с проверки электрической прочности изоляции.

Скорость подъема напряжения до $1/3$ испытательного напряжения может быть произвольной (напряжение, равное указанному, может быть приложено толчком), дальнейшее повышение напряжения должно быть плавным и быстрым, но позволяющим при напряжении более $3/4$ испытательного считывать показания измерительного прибора. После достижения нормированного значения и выдержки при этом значении в течение нормированного времени напряжение должно быть плавно и быстро снижено до нуля или до значения не выше $1/3$ испытательного напряжения, после чего напряжение отключается.

Испытательное напряжение прикладывается к изолирующей части средства защиты. При отсутствии соответствующего источника напряжения для испытания целиком изолирующих штанг, изолирующих частей указателей напряжения и указателей напряжения для проверки совпадения фаз и т. п. допускается испытание их по частям. При этом изолирующая часть делится на участки, к которым прикладывается часть нормированного полного испытательного напряжения, пропорциональная длине участка и увеличенная на 20 %.

Основные изолирующие электротехнические средства, предназначенные для электроустановок напряжением выше 1 до 35 кВ включительно, испытываются напряжением, равным 3-кратному линейному, но не ниже 40 кВ, а предназначенные для электроустановок напряжением 110 кВ и выше – равным 3-кратному фазному.

Дополнительные изолирующие электротехнические средства испытываются под напряжением, приведенным в табл.1 и табл.2.

Таблица 1. Нормы электрических приемосдаточных, периодических и типовых испытаний средств защиты

Наименование средства защиты	Напряжение электроустановок, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Продолжительность испытания, мин	Ток, протекающий через изделие, мА, не более
Штанги изолирующие	До 1	2	5	-
	До 35	3-кратн. лин., но не менее 40	5	-
	110 и выше	3-кратное фазное	5	-
Изолирующие клещи	До 1	3	5	
	Выше 1 до 10	40	5	
	До 35	105	5	
Указатели напряжения выше 1000 В: изолирующая часть	До 10	40	5	
	Выше 10 до 20	60	5	
	Выше 20 до 35	105	5	
	110	190	5	
	Выше 110 до 220	380	5	
рабочая часть	До 10	14	1	
	Выше 10 до 20	27	1	
	Выше 20 до 35	45	1	
напряжение индикации	-	Не более 25 % номинального напряжения электроустановки	-	

Окончание табл. 1

Наименование средства защиты	Напряжение электроустановок, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Продолжительность испытания, мин	Ток, протекающий через изделие, мА, не более
Указатели напряжения до 1000 В:				
изоляция корпусов	До 0,5 Выше 0,5 до 1	1 2	1 1	- -
Электроизмерительные клещи	До 1 Выше 1 до 10	3 40	5 5	- -
Изолирующие подставки	До 10	36	1	

Таблица 2. Нормы и сроки эксплуатационных электрических испытаний средств защиты

Наименование средства защиты	Напряжение электроустановок, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Продолжительность испытания, мин	Ток, протекающий через изделие, мА, не более	Периодичность испытаний
Штанги изолирующие (кроме измерительных)	До 1	2	5	-	1 раз в 24 мес.
	До 35	3-кратн. лин., но менее 40	5	-	
	110 и выше	3-кратное	5	-	
Изолирующие клещи	До 1	2	5	-	1 раз в 24 мес.
	Выше 1 до 10	40	5	-	
	До 35	105	5	-	
Указатели напряжения выше 1000 В: изолирующая часть	До 10	40	5	-	1 раз в 12 мес.
Указатели напряжения до 1000 В: изоляция корпусов	До 0,5 Выше 0,5 до 1	1	1	-	1 раз в 12 мес.
		2	1	-	
	До 1	$1,1 \cdot U_{\text{раб.наиб}}$	1	-	
Электроизмерительные клещи	До 1	2	5	-	1 раз в 24 мес.
	Выше 1 до 10	40	5	-	
Перчатки диэлектрические	Все напряжения	6	1	6	1 раз в 6 мес.

Боты диэлектрические	Все напряжения	15	1	7,5	1 раз в 36 мес.
Галоши диэлектрические	До 1	3,5	1	2	1 раз в 12 мес.

Длительность приложения полного испытательного напряжения, как правило, составляет 1 мин для изолирующих средств защиты до 1000 В и для изоляции из эластичных материалов и фарфора и 5 мин – для изоляции из слоистых диэлектриков.

Токи, протекающие через изоляцию изделий, нормируются для электрозащитных средств из резины и эластичных полимерных материалов и изолирующих устройств для работ под напряжением. Нормируются также рабочие токи, протекающие через указатели напряжения до 1000 В.

Пробой, перекрытие и разряды по поверхности определяются по отключению испытательной установки в процессе испытаний, по показаниям измерительных приборов и визуально.

Электрозащитные средства из твердых материалов сразу после испытания следует проверить ощупыванием на отсутствие местных нагревов из-за диэлектрических потерь.

При возникновении пробоя, перекрытия или разрядов по поверхности, увеличении тока через изделие выше нормированного значения, наличии местных нагревов средство защиты бракуется.

Электрозащитные средства

Изолирующая часть электрозащитных средств, содержащих диэлектрические штанги или рукоятки, должна ограничиваться кольцом или упором из электроизоляционного материала со стороны рукоятки.

У электрозащитных средств для электроустановок выше 1000 В высота ограничительного кольца или упора должна быть не менее 5 мм. У электрозащитных средств для электроустановок до 1000 В (кроме изолированного инструмента) высота ограничительного кольца или упора должна быть не менее 3 мм.

При использовании электрозащитных средств не допускается прикасаться к их рабочей части, а также к изолирующей части за ограничительным кольцом или упором.

Изолирующие части электрозащитных средств должны быть выполнены из электроизоляционных материалов, не поглощающих влагу, с устойчивыми диэлектрическими и механическими свойствами.

Поверхности изолирующих частей должны быть гладкими, без трещин, расслоений и царапин.

Применение бумажно-бакелитовых трубок для изготовления изолирующих частей не допускается.

Конструкция рабочей части изолирующего средства защиты (изолирующие штанги, клещи, указатели напряжения и т.п.) не должна допускать возможность междофазного короткого замыкания или замыкания фазы на землю.

В электроустановках напряжением выше 1000 В пользоваться изолирующими штангами, клещами и указателями напряжения следует в диэлектрических перчатках.

Штанги изолирующие

Штанги изолирующие предназначены для оперативной работы (операции с разъединителями, смена предохранителей, установка деталей разрядников и т.п.), измерений (проверка изоляции на линиях электропередачи и подстанциях), для наложения переносных заземлений, а также для освобождения пострадавшего от электрического тока.

- Общие технические требования к штангам изолирующим оперативным и штангам переносных заземлений приведены в государственном стандарте [3], [4], [5].
- Конструкция и масса штанг оперативных, измерительных и для освобождения пострадавшего от электрического тока на напряжение до 330 кВ должны обеспечивать возможность работы с ними одного человека, а тех же штанг на напряжение 500 кВ и выше могут быть рассчитаны для работы двух человек с применением поддерживающего устройства. При этом наибольшее усилие на одну руку (поддерживающую у ограничительного кольца) не должно превышать 160 Н.

Основные размеры штанг должны быть не менее указанных в табл. 3 и табл. 4.

Таблица 3. Минимальные размеры штанг изолирующих

Номинальное напряжение электроустановки, кВ	Длина, мм	
	изолирующей части	рукоятки
До 1	Не нормируется, определяется удобством пользования	
Выше 1 до 15	700	300
Выше 15 до 35	1100	400
Выше 35 до 110	1400	600
150	2000	800
220	2500	800
330	3000	800
Выше 330 до 500	4000	1000

Таблица 4. Минимальные размеры штанг переносных заземлений

Назначение штанг	Длина, мм	
	изолирующей части	рукоятки
Для установки заземления в электроустановках напряжением до 1 кВ	Не нормируется, определяется удобством пользования	
Для установки заземления в РУ выше 1 кВ до 500 кВ, на провода ВЛ выше 1 кВ до 220 кВ, выполненные целиком из электроизоляционных материалов	По табл. 3	По табл. 3

Составные, с металлическими звеньями, для установки заземления на провода ВЛ от 110 до 220 кВ	500	По табл. 3
Составные с металлическими звеньями, для установки заземления на провода ВЛ от 330 до 1150 кВ	1000	По табл. 3
Для установки заземления на изолированные от опор грозозащитные тросы ВЛ от 110 до 500 кВ	700	300
Для установки заземления на изолированные от опор грозозащитные тросы ВЛ от 750 до 1150 кВ	1400	500
Для установки заземления в лабораторных и испытательных установках	700	300
Для переноса потенциала провода	Не нормируется, определяется удобством пользования	

Правила пользования штангами

Перед началом работы со штангами, имеющими съемную рабочую часть, необходимо убедиться в отсутствии «заклинивания» резьбового соединения рабочей и изолирующей частей путем их однократного свинчивания-развинчивания.

Измерительные штанги при работе не заземляются, за исключением тех случаев, когда принцип устройства штанги требует ее заземления.

При работе с изолирующей штангой подниматься на конструкцию или телескопическую вышку, а также спускаться с них следует без штанги.

В электроустановках напряжением выше 1000 В пользоваться изолирующими штангами следует в диэлектрических перчатках.

Назначение и конструкция клещей изолирующих

Клещи изолирующие предназначены для замены предохранителей в электроустановках до и выше 1000 В, а также для снятия накладок, ограждений и других аналогичных работ в электроустановках до 35 кВ включительно.

Клещи состоят из рабочей части (губок клещей), изолирующей части и рукоятки (рукояток).

Изолирующая часть клещей должна изготавливаться из материалов, указанных для электроразрывных средств (см. с. 13).

Рабочая часть может изготавливаться как из электроизоляционного материала, так и из металла. На металлические губки должны быть надеты маслостойкие трубки для исключения повреждения патрона предохранителя.

Изолирующая часть клещей должна быть отделена от рукояток ограничительными упорами (кольцами).

Основные размеры клещей должны быть не менее указанных в табл. 5.

Конструкция и масса клещей должны обеспечивать возможность работы с ними одного человека.

Правила пользования клещами

При работе с клещами по замене предохранителей в электроустановках напряжением выше 1000 В необходимо применять диэлектрические перчатки и

средства защиты глаз и лица.

При работе с клещами по замене предохранителей в электроустановках напряжением до 1000 В необходимо применять средства защиты глаз и лица, а клещи необходимо держать в вытянутой руке.

Таблица 5. Минимальные размеры клещей изолирующих

Номинальное напряжение электроустановки, кВ	Длина, мм	
	изолирующей части	рукоятки
До 1	Не нормируется, определяется удобством пользования	
Выше 1 до 10	450	150
Выше 10 до 35	750	200

Назначение указателей напряжения

Указатели напряжения предназначены для определения наличия или отсутствия напряжения на токоведущих частях электроустановок.

Общие технические требования к указателям напряжения изложены в [5].

Принцип действия и конструкция указателей напряжения выше 1000 В

Указатели напряжения выше 1000 В реагируют на емкостный ток, протекающий через указатель при внесении его рабочей части в электрическое поле, образованное токоведущими частями электроустановок, находящихся под напряжением, «землей» и заземленными конструкциями электроустановок.

Указатели должны содержать основные части: рабочую, индикаторную, изолирующую, а также рукоятку.

Рабочая часть содержит элементы, реагирующие на наличие напряжения на контролируемых токоведущих частях.

Корпуса рабочих частей указателей напряжения до 20 кВ включительно должны быть выполнены из электроизоляционных материалов с устойчивыми диэлектрическими характеристиками. Корпуса рабочих частей указателей напряжения 35 кВ и выше могут быть выполнены из металла.

Рабочая часть может содержать электрод-наконечник для непосредственного контакта с контролируемыми токоведущими частями и не содержать электрода-наконечника (указатели бесконтактного типа).

Индикаторная часть, которая может быть совмещена с рабочей, содержит элементы световой или комбинированной (световой и звуковой) индикации. В качестве элементов световой индикации могут применяться газоразрядные лампы, светодиоды или иные индикаторы. Световой и звуковой сигналы должны быть надежно распознаваемыми. Звуковой сигнал должен иметь частоту

1 – 4 кГц и частоту прерывания 2 – 4 Гц при индикации фазного напряжения. Уровень звукового сигнала должен быть не менее 70 дБ на расстоянии 1 м по оси излучателя звука.

Рабочая часть может содержать также орган собственного контроля исправности. Контроль может осуществляться нажатием кнопки или быть

автоматическим, путем периодической подачи специальных контрольных сигналов. При этом должна быть обеспечена возможность полной проверки исправности электрических цепей рабочей и индикаторной частей.

Рабочие части не должны содержать коммутационных элементов, предназначенных для включения питания или переключения диапазонов.

- Изолирующая часть указателей должна изготавливаться из материалов, которые предназначены также для изготовления электрозащитных средств (см. с. 13).

Изолирующая часть может быть составной из нескольких звеньев. Для соединения звеньев между собой могут применяться детали, изготовленные из металла или изоляционного материала. Допускается применение телескопической конструкции, при этом должно быть исключено самопроизвольное складывание.

Рукоятка может представлять с изолирующей частью одно целое или быть отдельным звеном.

Конструкция и масса указателей должны обеспечивать возможность работы с ними одного человека.

Электрическая схема и конструкция указателя должны обеспечивать его работоспособность без заземления рабочей части указателя, в том числе при проверке отсутствия напряжения, проводимой с телескопических вышек или с деревянных и железобетонных опор ВЛ 6 – 10 кВ.

Минимальные размеры изолирующих частей и рукояток указателей напряжения выше 1000 В приведены в табл.6.

Таблица 6. Минимальные размеры изолирующих частей и рукояток указателей напряжения выше 1000 В

Номинальное напряжение электроустановки, кВ	Длина, мм	
	изолирующей части	рукоятки
От 1 до 10	230	110
Выше 10 до 20	320	110
35	510	120
110	1400	600
Выше 110 до 220	2500	800

Напряжение индикации указателя напряжения должно составлять не более 25 % номинального напряжения электроустановки.

Для указателей без встроенного источника питания с импульсным сигналом напряжением индикации является напряжение, при котором частота прерывания сигналов составляет не менее 0,7 Гц.

Для указателей со встроенным источником питания с импульсным сигналом напряжением индикации является напряжение, при котором частота прерывания сигналов составляет не менее 1 Гц.

Для остальных указателей напряжением индикации является напряжение, при котором имеются отчетливые световые (световые и звуковые) сигналы.

Время появления первого сигнала после прикосновения к токоведущей части, находящейся под напряжением, равным 90% номинального фазного, не должно превышать 1,5 с.

Рабочая часть указателя на определенное напряжение не должна реагировать на влияние соседних цепей того же напряжения.

Эксплуатационные испытания указателей напряжения выше 1000 В

В процессе эксплуатации механические испытания указателей напряжения не проводят.

Электрические испытания указателей напряжения состоят из испытаний изолирующей части повышенным напряжением и определения напряжения индикации.

Испытание рабочей части указателей напряжения до 35 кВ проводится для указателей такой конструкции, при операциях с которыми рабочая часть может стать причиной междуфазного замыкания или замыкания фазы на землю. Необходимость проведения испытания изоляции рабочей части определяется руководством по эксплуатации.

У указателей напряжения со встроенным источником питания проводится контроль его состояния и при необходимости подзарядка аккумуляторов или замена батарей.

При испытании изоляции рабочей части напряжение прикладывается между электродом-наконечником и винтовым разъемом. Если указатель не имеет винтового разъема, электрически соединенного с элементами индикации, то вспомогательный электрод для присоединения провода испытательной установки устанавливается на границе рабочей части.

При испытании изолирующей части напряжение прикладывается между элементом ее сочленения с рабочей частью (резьбовым элементом, разъемом и т.п.) и временным электродом, наложенным у ограничительного кольца со стороны изолирующей части.

При определении напряжения индикации прочих указателей, имеющих электрод-наконечник, он присоединяется к высоковольтному выводу испытательной установки. При определении напряжения индикации указателей без электрода-наконечника необходимо коснуться торцевой стороной рабочей частью (головки) указателя высоковольтного вывода испытательной установки.

В обоих последних случаях вспомогательный электрод на указателе не устанавливается и заземляющий вывод испытательной установки не присоединяется.

Напряжение испытательной установки плавно поднимается от нуля до значения, при котором сигналы начинают соответствовать требованиям, указанным для напряжения индикации указателя (см. с. 17).

Правила пользования указателями напряжения выше 1000 В

Перед началом работы с указателем необходимо проверить его исправность.

Исправность указателей, не имеющих встроенного органа контроля, проверяется при помощи специальных приспособлений, представляющих

собой малогабаритные источники повышенного напряжения, либо путем кратковременного прикосновения электродом-наконечником указателя к токоведущим частям, заведомо находящимся под напряжением.

Исправность указателей, имеющих встроенный узел контроля, проверяется в соответствии с руководствами по эксплуатации.

При проверке отсутствия напряжения время непосредственного контакта рабочей части указателя с контролируемой токоведущей частью должно быть не менее 5 с (при отсутствии сигнала).

Следует помнить, что, хотя указатели напряжения некоторых типов могут подавать сигнал о наличии напряжения на расстоянии от токоведущих частей, непосредственный контакт с ними рабочей части указателя является обязательным.

В электроустановках напряжением выше 1000 В пользоваться указателем напряжения следует в диэлектрических перчатках.

Принцип действия и конструкция указателей напряжения до 1000 В

- Общие технические требования к указателям напряжения до 1000 В изложены в государственном стандарте.

В электроустановках напряжением до 1000 В применяются указатели двух типов: двухполюсные и однополюсные.

Двухполюсные указатели, работающие при протекании активного тока, предназначены для электроустановок переменного и постоянного тока.

- Однополюсные указатели, работающие при протекании емкостного тока, предназначены для электроустановок только переменного тока.

Применение двухполюсных указателей является предпочтительным.

Применение контрольных ламп для проверки отсутствия напряжения не допускается.

Двухполюсные указатели состоят из двух корпусов, выполненных то электроизоляционного материала, содержащих элементы, реагирующие на наличие напряжения на контролируемых токоведущих частях, и элементы световой и (или) звуковой индикации. Корпуса соединены между собой гибким проводом длиной не менее 1 м. В местах вводов в корпуса соединительный провод должен иметь амортизационные втулки или утолщенную изоляцию.

Размеры корпусов не нормируются, определяются удобством пользования.

Каждый корпус двухполюсного указателя должен иметь жестко закрепленный электрод-наконечник, длина неизолированной части которого не должна превышать 7 мм, кроме указателей для воздушных линий, у которых длина неизолированной части электродов-наконечников определяется техническими условиями.

Однополюсный указатель имеет один корпус, выполненный из электроизоляционного материала, в котором размещены все элементы указателя. Кроме электрода-наконечника на торцевой или боковой части корпуса должен быть электрод для контакта с рукой оператора.

Размеры корпуса не нормируются, определяются удобством пользования.

Напряжение индикации указателей должно составлять не более 50 В. Индикация наличия напряжения может быть ступенчатой, подаваться в виде цифрового сигнала и т. п. Световой и звуковой сигналы могут быть непрерывными или прерывистыми и должны быть надежно распознаваемыми.

Для указателей с импульсным сигналом напряжением индикации является напряжение, при котором интервал между импульсами не превышает 1,0 с.

Указатели напряжения до 1000 В могут выполнять также дополнительные функции: проверка целостности электрических цепей, определение фазного провода, определение полярности в цепях постоянного тока и т.д. При этом указатели не должны содержать коммутационных элементов, предназначенных для переключения режимов работы.

Расширение функциональных возможностей указателя не должно снижать безопасности проведения операций по определению наличия или отсутствия напряжения.

Эксплуатационные испытания указателей напряжения до 1000 В

Электрические испытания указателей напряжения до 1000 В состоят из испытания изоляции, определения напряжения индикации, проверки работы указателя при повышенном испытательном напряжении, проверки тока, протекающего через указатель при наибольшем рабочем напряжении указателя.

- При необходимости проверяется также напряжение индикации в цепях постоянного тока, а также правильность индикации полярности.

Напряжение плавно увеличивается от нуля, при этом фиксируются значения напряжения индикации и тока, протекающего через указатель при наибольшем рабочем напряжении указателя, после чего указатель в течение 1 мин выдерживается при повышенном испытательном напряжении, превышающем наибольшее рабочее напряжение указателя на 10%.

При испытаниях указателей (кроме испытания изоляции) напряжение от испытательной установки прикладывается между электродами-наконечниками (у двухполюсных указателей) или между электродом-наконечником и электродом на торцевой или боковой части корпуса (у однополюсных указателей).

При испытаниях изоляции у двухполюсных указателей оба корпуса обертываются фольгой, а соединительный провод опускается в сосуд с водой при температуре 25 ± 15 °С так, чтобы вода закрывала провод, не доходя до рукояток корпусов на 8 – 12 мм. Один провод от испытательной установки присоединяют к электродам-наконечникам, второй, заземленный, – к фольге и опускают его в воду (рис.1).

У однополюсных указателей корпус обертывают фольгой по всей длине до ограничительного упора. Между фольгой и контактом на торцевой (боковой) части корпуса оставляют разрыв не менее 10 мм. Один провод от испытательной установки присоединяют к электроду-наконечнику, другой – к фольге.

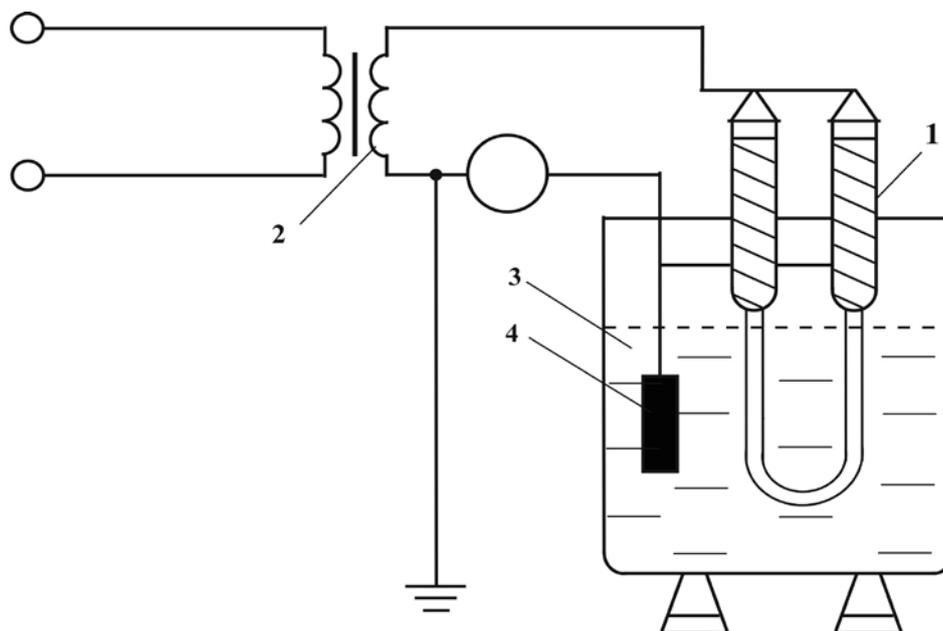


Рис.1. Принципиальная схема испытания электрической прочности изоляции рукояток и провода указателя напряжения: 1 – испытуемый указатель; 2 – испытательный трансформатор; 3 – ванна с водой; 4 – электрод

Правила пользования указателями напряжения до 1000 В

Перед началом работы с указателем необходимо проверить его исправность путем кратковременного прикосновения к токоведущим частям, заведомо находящимся под напряжением.

При проверке отсутствия напряжения время непосредственного контакта указателя с контролируемыми токоведущими частями должно быть не менее 5 с.

При пользовании однополюсными указателями должен быть обеспечен контакт между электродом на торцевой (боковой) части корпуса и рукой оператора. Применение диэлектрических перчаток не допускается.

Сигнализаторы наличия напряжения индивидуальные

Назначение, принцип действия и конструкция

Сигнализаторы наличия напряжения индивидуальные выпускаются двух типов:

- сигнализаторы автоматические, предназначенные для предупреждения персонала о приближении к токоведущим частям, находящимся под напряжением, на опасное расстояние;
- сигнализаторы неавтоматические, предназначенные для предварительной (ориентировочной) оценки наличия напряжения на токоведущих частях электроустановок при расстояниях между ними и оператором, значительно превышающих безопасные.

Сигнализаторы не предназначены для определения отсутствия напряжения на токоведущих частях электроустановок, для чего могут быть использованы только указатели напряжения.

Сигнал о наличии напряжения – световой и (или) звуковой.

Сигнализатор представляет собой малогабаритное высокочувствительное устройство, реагирующее на напряженность электрического поля в данной точке пространства.

Работа автоматических сигнализаторов осуществляется независимо от действий персонала. Такие сигнализаторы применяются в качестве вспомогательного защитного средства при работе на ВЛ 6 – 10 кВ. Они укрепляются на касках, их включение в работу (приведение в готовность) осуществляется автоматически, в момент установки на каску, а отключение – при снятии с каски.

Автоматические сигнализаторы предупреждают работающего звуковым сигналом о приближении к проводам ВЛ, находящимся под напряжением, на опасное расстояние – менее 2 м. При этом их чувствительность должна быть такова, чтобы они подавали сигналы о наличии напряжения только при приближении оператора к проводам ВЛ (при подъеме на опоры ВЛ) и не подавали сигналов при нахождении оператора на земле.

Работа неавтоматических сигнализаторов для предварительной оценки наличия напряжения на токоведущих частях электроустановок при расстояниях между ними и оператором, значительно превышающих безопасные осуществляется по запросу оператора.

Сигнализатор может содержать орган собственного контроля исправности. Контроль может осуществляться нажатием кнопки или быть автоматическим, путем периодической подачи специальных контрольных сигналов. При этом должна быть обеспечена возможность полной проверки исправности электрических цепей сигнализатора.

Эксплуатационные испытания

Нормы, методика и периодичность испытаний сигнализаторов приводятся в руководствах по эксплуатации.

Правила пользования

Перед началом использования сигнализатора следует убедиться в его исправности. Методика контроля исправности приводится в руководствах по эксплуатации.

При использовании сигнализаторов необходимо помнить, что как отсутствие сигнала не является обязательным признаком отсутствия напряжения, так и наличие сигнала не является обязательным признаком наличия напряжения на ВЛ. Однако сигнал о наличии напряжения должен быть во всех случаях воспринят как сигнал об опасности, хотя он может быть вызван электрическим полем проводов неотключенных ВЛ более высоких классов напряжения, находящихся в зоне работы оператора. Поэтому применение сигнализаторов не отменяет обязательного пользования указателями напряжения.

При внезапном появлении сигнала об опасности оператор должен немедленно прекратить работы, покинуть опасную зону (например, спуститься

с опоры ВЛ) и не возобновлять работы до выяснения причин появления сигнала.

Сигнализаторы наличия напряжения стационарные

Назначение, принцип действия и конструкция

Сигнализаторы наличия напряжения стационарные предназначены для предупреждения персонала о наличии напряжения на токоведущих частях электроустановок.

Сигнализаторы не предназначены для определения отсутствия напряжения на токоведущих частях электроустановок.

Сигнализаторы могут устанавливаться как непосредственно на токоведущих частях электроустановок, так и на конструктивных элементах (ограждениях, дверях ячеек распределительных устройств и т.п.). В последнем случае сигнализаторы должны иметь орган контроля исправности.

Сигнализаторы должны обеспечивать световой и (или) звуковой сигнал при наличии напряжения на токоведущих частях, при этом звуковой сигнал должен подаваться только при попытках ошибочного доступа персонала к токоведущим частям (например, открывании двери ячейки или камеры).

Эксплуатационные испытания

Нормы, методика и периодичность испытаний сигнализаторов приводятся в руководствах по эксплуатации.

Периодичность контроля исправности сигнализаторов может регламентироваться местными инструкциями.

Правила пользования

Правила пользования сигнализаторами изложены в руководствах по эксплуатации.

При наличии сигнализаторов в электроустановках необходимо помнить, что отсутствие сигнала не является обязательным признаком отсутствия напряжения. Поэтому применение сигнализаторов не отменяет обязательного пользования указателями напряжения. В то же время сигнал о наличии напряжения должен быть во всех случаях воспринят как сигнал о запрете работы в данной электроустановке.

Клещи электроизмерительные

Назначение и конструкция

Клещи предназначены для измерения тока в электрических цепях напряжением до 10 кВ, а также тока напряжения и мощности в электроустановках до 1 кВ без нарушения целостности цепей.

Клещи представляют собой трансформатор тока с разъемным магнитопроводом, первичной обмоткой которого является проводник с измеряемым током, а вторичная обмотка замкнута на измерительный прибор, стрелочный или цифровой.

Клещи для электроустановок выше 1000 В состоят из рабочей, изолирующей частей и рукоятки.

Рабочая часть состоит из магнитопровода, обмотки и съемного или встроенного измерительного прибора, выполненного в электроизоляционном корпусе.

Минимальная длина изолирующей части – 380 мм, а рукоятки – 130 мм.

Клещи для электроустановок до 1000 В состоят из рабочей части (магнитопровод, обмотка, встроенный измерительный прибор) и корпуса, являющегося одновременно изолирующей частью с упором и рукояткой.

Эксплуатационные испытания

При испытаниях изоляции клещей напряжение прикладывается между магнитопроводом и временными электродами, наложенными у ограничительных колец со стороны изолирующей части (для клещей выше 1000 В) или у основания рукоятки (для клещей до 1000 В).

Нормы и периодичность электрических испытаний клещей приведены в табл. 2.

Правила пользования

- Работать с клещами выше 1000 В необходимо в диэлектрических перчатках.

- При измерениях клещи следует держать на весу, не допускается наклоняться к прибору для отсчета показаний.

- При работе с клещами в электроустановках выше 1000 В не допускается применять выносные приборы, а также переключать пределы измерения, не снимая клещей с токоведущих частей.

Не допускается работать с клещами до 1000 В, находясь на опоре ВЛ, если клещи специально не предназначены для этой цели.

Перчатки диэлектрические

Назначение и общие требования

Перчатки предназначены для защиты рук от поражения электрическим током. Применяются в электроустановках до 1000 В в качестве основного изолирующего электрозащитного средства, а в электроустановках выше 1000В – дополнительного.

В электроустановках могут применяться перчатки из диэлектрической резины бесшовные или со швом, пятипалые или двупалые.

В электроустановках разрешается использовать только перчатки с маркировкой по защитным свойствам Эв и Эн.

Длина перчаток должна быть не менее 350 мм.

Размер диэлектрических перчаток должен позволять надевать под них трикотажные перчатки для защиты рук от пониженных температур при работе в холодную погоду.

Ширина по нижнему краю перчаток должна позволять натягивать их на рукава верхней одежды.

Эксплуатационные испытания

В процессе эксплуатации проводят электрические испытания перчаток. Перчатки погружаются в ванну с водой при температуре 25 ± 15 °С. Вода наливается также внутрь перчаток. Уровень воды как снаружи, так и внутри

перчаток должен быть на 45 – 55 мм ниже их верхних краев, которые должны быть сухими.

Испытательное напряжение подается между корпусом ванны и электродом, опускаемым в воду внутри перчатки. Возможно одновременное испытание нескольких перчаток, но при этом должна быть обеспечена возможность контроля значения тока, протекающего через каждую испытываемую перчатку.

Перчатки бракуют при их пробое или при превышении током, протекающим через них, нормированного значения.

Вариант схемы испытательной установки показан на рис. 2.

Нормы и периодичность электрических испытаний перчаток приведены в табл. 2.

По окончании испытаний перчатки просушивают.

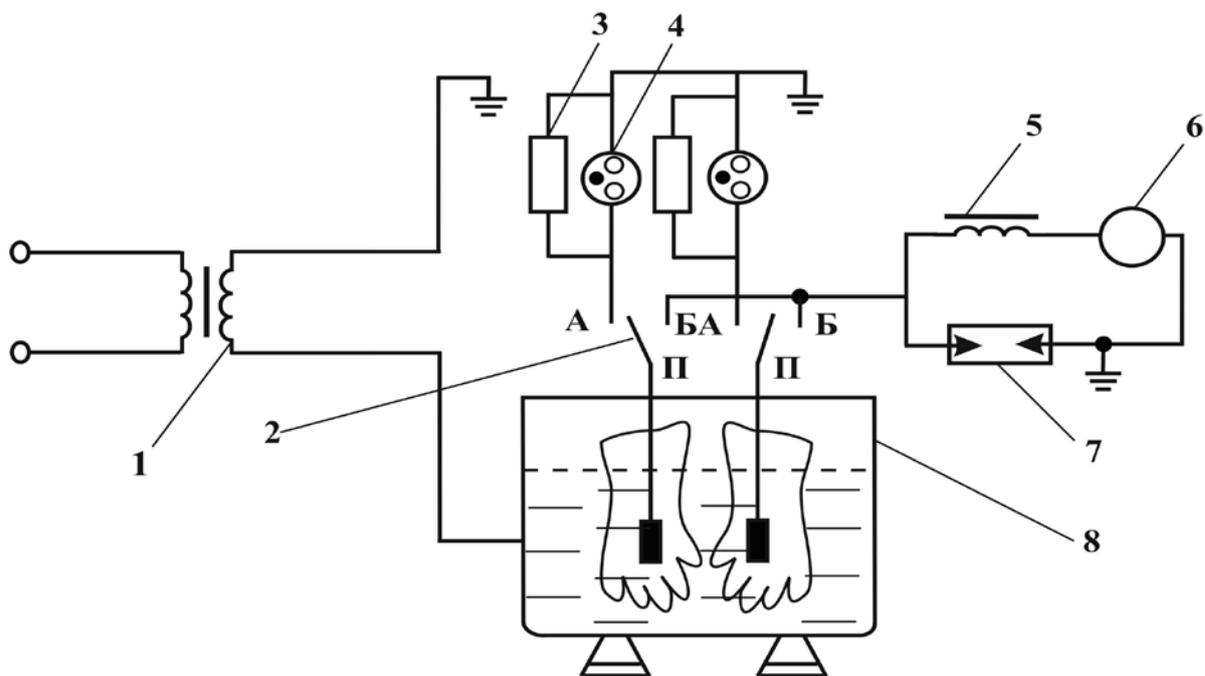


Рис. 2. Принципиальная схема испытания диэлектрических перчаток, бот и галош:
1 – испытательный трансформатор; 2 – контакты переключающие; 3 – шунтирующее сопротивление (15 – 20 кОм); 4 – газоразрядная лампа; 5 – дроссель; 6 – миллиамперметр; 7 – разрядник; 8 – ванна с водой

Правила пользования

Перед применением перчатки следует осмотреть, обратив внимание на отсутствие механических повреждений, загрязнения и увлажнения, а также проверить наличие проколов путем скручивания перчаток в сторону пальцев.

При работе в перчатках их края не допускается подвертывать. Для защиты от механических повреждений разрешается надевать поверх перчаток кожаные или брезентовые перчатки и рукавицы.

Перчатки, находящиеся в эксплуатации, следует периодически, по мере необходимости, промывать содовым или мыльным раствором с последующей сушкой.

Обувь специальная диэлектрическая

Назначение и общие требования

Обувь специальная диэлектрическая (галоши, боты, в т.ч. боты в тропическом исполнении) является дополнительным электрозащитным средством при работе в закрытых, а при отсутствии осадков – в открытых электроустановках.

Кроме того, диэлектрическая обувь защищает работающих от напряжения шага.

В электроустановках применяются диэлектрические боты и галоши, изготовленные в соответствии с требованиями государственных стандартов.

Галоши применяют в электроустановках напряжением до 1000 В, боты – при всех напряжениях.

По защитным свойствам обувь обозначают: Эн – галоши, Эв – боты.

Диэлектрическая обувь должна отличаться по цвету от остальной резиновой обуви.

Галоши и боты должны состоять из резинового верха, резиновой рифленой подошвы, текстильной подкладки и внутренних усилительных деталей. Формовые боты могут выпускаться бесподкладочными.

Боты должны иметь отвороты.

Высота бот должна быть не менее 160 мм.

Эксплуатационные испытания

В эксплуатации галоши и боты испытывают по той же методике, что и диэлектрические перчатки (см. с. 25). При испытаниях уровень воды как снаружи, так и внутри горизонтально установленных изделий должен быть на 15 – 25 мм ниже бортов галош и на 45 – 55 мм ниже края спущенных отворотов бот.

Нормы и периодичность электрических испытаний диэлектрических галош и бот приведены в табл. 2).

Правила пользования

Электроустановки следует комплектовать диэлектрической обувью нескольких размеров.

Перед применением галоши и боты должны быть осмотрены в целях обнаружения возможных дефектов (отслоения облицовочных деталей или подкладки, наличие посторонних жестких включений и т.п.).

Ковры диэлектрические резиновые и подставки изолирующие

Назначение и общие требования

Ковры диэлектрические резиновые и подставки изолирующие применяются как дополнительные электрозащитные средства в электроустановках до и выше 1000 В.

Ковры применяют в закрытых электроустановках, кроме сырых помещений, а также в открытых электроустановках в сухую погоду.

Подставки применяют в сырых и подверженных загрязнению помещениях.

Ковры изготавливают в соответствии с требованиями государственного стандарта в зависимости от назначения и условий эксплуатации следующих двух групп: 1-я группа – обычного исполнения и 2-я группа – маслобензостойкие.

Ковры изготавливаются толщиной 6 ± 1 мм, длиной от 500 до 8000 мм и шириной от 500 до 1200 мм.

Ковры должны иметь рифленую лицевую поверхность.

Ковры должны быть одноцветными.

Изолирующая подставка представляет собой настил, укрепленный на опорных изоляторах высотой не менее 70 мм.

Настил размером не менее 500х500 мм следует изготавливать из хорошо просушенных строганных деревянных планок без сучков и косослоя. Зазоры между планками должны составлять 10 – 30 мм. Планки должны соединяться без применения металлических крепежных деталей. Настил должен быть окрашен со всех сторон. Допускается изготавливать настил из синтетических материалов.

Подставки должны быть прочными и устойчивыми. В случае применения съемных изоляторов соединение их с настилом должно исключать возможность соскальзывания настила. Для устранения возможности опрокидывания подставки, края настила не должны выступать за опорную поверхность изоляторов.

Правила эксплуатации

В эксплуатации ковры и подставки не испытывают. Их осматривают не реже 1 раза в 6 мес. (см. с. 9), а также непосредственно перед применением. При обнаружении механических дефектов ковры изымают из эксплуатации и заменяют новыми, а подставки направляют в ремонт.

После ремонта подставки должны быть испытаны по нормам приемосдаточных испытаний.

После хранения на складе при отрицательной температуре ковры перед применением должны быть выдержаны в упакованном виде при температуре 20 ± 5 °С не менее 24 ч.

Щиты (ширмы)

Назначение и конструкция

Щиты (ширмы) применяются для временного ограждения токоведущих частей, находящихся под напряжением.

Щиты следует изготавливать из сухого дерева, пропитанного олифой и окрашенного бесцветным лаком, или других прочных электроизоляционных материалов без применения металлических крепежных деталей.

Поверхность щитов может быть сплошной или решетчатой.

Конструкция щита должна быть прочной и устойчивой, исключающей его деформацию и опрокидывание.

Масса щита должна позволять его переноску одним человеком.

Высота щита должна быть не менее 1,7 м, а расстояние от нижней кромки до пола – не более 100 мм.

На щитах должны быть жестко укреплены предупреждающие плакаты «СТОЙ! НАПРЯЖЕНИЕ» или нанесены соответствующие надписи.

Правила эксплуатации

В эксплуатации щиты не испытывают. Их осматривают не реже 1 раза в 6 мес. (см. с. 9), а также непосредственно перед применением.

При осмотрах следует проверять прочность соединения частей, их устойчивость и прочность деталей, предназначенных для установки или крепления щитов, наличие плакатов и знаков безопасности.

При установке щитов, ограждающих рабочее место, должны выдерживаться расстояния до токоведущих частей, находящихся под напряжением согласно Межотраслевым правилам охраны труда (правилам безопасности) при эксплуатации электроустановок. В электроустановках 6 – 10 кВ это расстояние при необходимости может быть уменьшено до 0,35 м.

Щиты должны устанавливаться надежно, но они не должны препятствовать выходу персонала из помещения при возникновении опасности.

Не допускается убирать или переставлять до полного окончания работы ограждения, установленные при подготовке рабочих мест.

Инструмент ручной изолирующий

Назначение и конструкция

Ручной изолирующий инструмент (отвертки, пассатижи, плоскогубцы, круглогубцы, кусачки, ключи гаечные, ножи монтерские и т.п.) применяется в электроустановках до 1000 В в качестве основного электрозащитного средства.

Инструмент может быть двух видов:

- инструмент, полностью изготовленный из проводящего материала и покрытый электроизоляционным материалом целиком или частично;
- инструмент, изготовленный полностью из электроизоляционного материала и имеющий при необходимости металлические вставки.

Разрешается применять инструмент, изготовленный в соответствии с государственным стандартом, с однослойной и многослойной разноцветной изоляцией.

Изолирующее покрытие должно быть неснимаемым и выполнено из прочного, нехрупкого, влагостойкого и маслобензостойкого негорючего изоляционного материала.

Каждый слой многослойного изоляционного покрытия должен иметь свою окраску.

Изоляция стержней отверток должна оканчиваться на расстоянии не более 10 мм от конца жала отвертки.

У пассатижей, плоскогубцев, кусачек и т.п., длина ручек которых менее 400 мм, изолирующее покрытие должно иметь упор высотой не менее 10 мм на левой и правой частях рукояток и 5 мм на верхней и нижней частях рукояток, лежащих на плоскости. Если инструмент не имеет четкой неподвижной оси, упор высотой 5 мм должен находиться на внутренней части рукояток инструмента.

У монтерских ножей минимальная длина изолирующих ручек должна составлять 100 мм. На ручке должен находиться упор со стороны рабочей части высотой не менее 5 мм, при этом минимальная длина изолирующего покрытия между крайней точкой упора и неизолированной частью инструмента по всей рукоятке должна составлять 12 мм, а длина неизолированного лезвия ножа не должна превышать 65 мм.

Эксплуатационные испытания

В процессе эксплуатации механические испытания инструмента не проводят.

Инструмент с однослойной изоляцией подвергается электрическим испытаниям. Испытания можно проводить на установке для проверки диэлектрических перчаток. Инструмент погружается изолированной частью в воду так, чтобы она не доходила до края изоляции на 22 – 26 мм. Напряжение подается между металлической частью инструмента и корпусом ванны или электродом, опущенным в ванну.

Нормы и периодичность электрических испытаний инструмента приведены в табл. 2.

Инструмент с многослойной изоляцией в процессе эксплуатации осматривают не реже 1 раза в 6 мес. (см. с. 9). Если покрытие состоит из двух слоев, то при появлении другого цвета из-под верхнего слоя инструмент изымают из эксплуатации.

Если покрытие состоит из трех слоев, то при повреждении верхнего слоя инструмент может быть оставлен в эксплуатации. При появлении нижнего слоя изоляции инструмент подлежит изъятию.

Правила пользования

Перед каждым применением инструмент должен быть осмотрен. Изолирующие покрытия не должны иметь дефектов, которые приводят к ухудшению внешнего вида и снижению механической и электрической прочности.

При хранении и транспортировании инструмент должен быть предохранен от увлажнения и загрязнения.

5. Защита от электромагнитных полей и статического электричества

В некоторых отраслях промышленного производства, связанных с обработкой диэлектрических материалов (нефтеперерабатывающей, текстильной, бумажной и др.), наблюдаются явления электризации тел — статическое электричество.

По определению ГОСТ 12.1.018-79 «ССБТ. Статическое электричество. Искробезопасность» термин «статическое электричество» означает совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности и в объеме диэлектрических и полупроводниковых веществ, материалов, изделий или на изолированных (в том числе диспергированных в диэлектрической среде) проводниках.

Электризация материалов часто препятствует нормальному ходу технологических процессов производства, а также создает дополнительную пожарную опасность вследствие искрообразования при разрядах при наличии в помещениях, резервуарах и аппаратах горючих паров и газозоодушных смесей.

Этот же ГОСТ дает определение понятия электростатической искробезопасности (ЭСИБ) как состояние объекта, при котором исключается возможность взрыва и пожара от статического электричества. Электростатическая искробезопасность должна обеспечиваться путем устранения разрядов статического электричества, способных стать источником зажигания огнеопасных веществ (материалов, смесей, изделия, продукции).

В ряде случаев статическая электризация тела человека и затем последующий разряд с человека на землю или заземленное производственное оборудование, а также электрический разряд с незаземленного оборудования через тело человека могут вызвать нежелательные болевые и нервные ощущения и быть причиной непровольного резкого движения, в результате которого человек может получить травму (падение, ушибы и др.).

Согласно гипотезе о статической электризации тел при соприкосновении двух разнородных веществ из-за неуравновешенности атомных и молекулярных сил на их поверхности происходит перераспределение электронов (в жидкостях и газах также и ионов) с образованием двойного электрического слоя с противоположными знаками электрических зарядов. Таким образом, между соприкасающимися телами, особенно при взаимном их трении, возникает контактная разность потенциалов, значение которой зависит от ряда факторов — диэлектрических свойств материалов, значения их взаимного давления при соприкосновении, влажности и температуры поверхностей этих тел, климатических условий.

При последующем разделении этих тел каждое из них сохраняет свой электрический заряд, а с увеличением расстояния между ними (при уменьшении электрической емкости системы) за счет совершаемой работы на разделение зарядов разность потенциалов возрастает и может достигнуть значений десятков и сотен киловольт.

При одинаковых значениях диэлектрической постоянной в соприкасающихся материалах электростатические заряды не возникают.

При статической электризации во время технологических процессов, сопровождающихся трением, размельчением твердых частиц, пересыпанием сыпучих материалов, переливанием диэлектрических жидкостей (нефтепродукты и др.), на изолированных от земли металлических частях оборудования возникает относительно земли напряжение порядка десяткой киловольт. Так, например, при движении резиновой ленты транспортера и в устройствах ременной передачи на ленте (ремне) и на роликах транспортера (на шкиве) из-за некоторой пробуксовки возникают электростатические заряды противоположных знаков и большого значения, а разность их потенциалов достигает 45 кВ. Аналогично происходит электризация при сматывании (наматывании) тканей, бумаги, полиэтиленовой пленки и др.

При относительной влажности воздуха 85 % и более зарядов статического электричества практически не возникает. В аэрозолях электрические заряды возникают от трения частиц вещества пыли друг о друга и о воздух во время их движения.

Применяемое в электроустановках минеральное масло в процессе его переливания (например, слив трансформаторного масла в бак) также подвергается электризации. В том случае, если металлическая емкость не заземлена, в процессе налива она окажется заряженной. Электрические заряды, образующиеся на частях производственного оборудования и изделиях, могут взаимно нейтрализоваться вследствие некоторой электропроводности влажного воздуха, а также стекать в землю по поверхности оборудования. Но в отдельных случаях, когда заряды велики и разность потенциалов также велика, то (при малой влажности воздуха) может произойти быстрый искровой разряд между наэлектризованными частями оборудования или на землю.

Энергия такой искры может оказаться достаточной для воспламенения горючей или взрывоопасной смеси. Например, для многих паро и газоздушных взрывоопасных смесей требуется небольшая энергия ($0,5 \cdot 10^{-3}$) Вт·с. Практически при напряжении 3 кВ искровой разряд вызывает воспламенение почти всех паро и газоздушных смесей, а при 5 кВ — большей части горючих пылей и волокон.

Защита от статического электричества

Устранение образования значительных зарядов статического электричества достигается при помощи следующих мер:

- 1) заземление металлических частей производственного оборудования;
- 2) увеличение поверхностной и объемной электрической проводимости диэлектриков;
- 3) предотвращение накопления значительных электрических зарядов путем установки в зоне электризации специальных нейтрализаторов.

Все проводящее оборудование и электропроводящие неметаллические предметы должны быть заземлены независимо от применения других мер защиты от статического электричества.

Неметаллическое оборудование считается заземленным, если сопротивление растеканию тока на землю с любых точек его внешней и внутренней поверхностей не превышает 10^7 Ом при относительной влажности воздуха не выше 60%. Такое сопротивление обеспечивает достаточно малое значение постоянной времени релаксации зарядов.

Заземляющие устройства для защиты от статического электричества, как правило, соединяются с защитными заземляющими устройствами электроустановок. Практически считают достаточным сопротивление заземляющего устройства для защиты от статического электричества около 100 Ом. К заземляющему устройству присоединяют отдельными ответвлениями от магистрали аппараты и машины, являющиеся источниками статической электризации (смесители, вальцы, каландры, дробилки, сливно-наливные устройства нефтепродуктов и др.). Автоцистерны во время слива или налива горючих жидкостей заземляют переносным заземлением в виде гибкого многопроволочного провода.

Эффективным способом подавления электризации нефтепродуктов является введение в основной продукт специальных антистатических присадок, например олеата хрома, олеата кобальта и др. Кроме того, с целью уменьшения статической электризации при сливе нефтепродуктов и других ГЖ необходимо избегать падения и разбрызгивания струи с высоты; сливной шланг (рукав) следует опускать до самого дна цистерны или другой какой-нибудь емкости. Металлические наконечники этих сливных шлангов во избежание проскакивания искр на землю или заземленные части оборудования необходимо заземлять гибким медным проводником.

Для повышения электропроводности резинотехнических изделий в их состав вводят такие антистатические вещества, как графит и сажа.

Нейтрализация электрических зарядов может, осуществляться путем ионизации воздуха, разделяющего заряженные тела. На практике применяют ионизаторы индукционные, высоковольтные или радиоизотопные.

Защита электроустановок, зданий и сооружений, а также территорий промышленных предприятий от опасных воздействий атмосферного электричества

На земном шаре в среднем за сутки происходит около 44 тыс. гроз, сопровождающихся мощными электрическими разрядами, называемыми молнией. В результате движения воздушных потоков, насыщенных водяными парами, образуются грозовые облака, являющиеся носителями статического электричества. Электрические разряды образуются между разноименно заряженными облаками или, чаще, между заряженным облаком и землей. При грозовом разряде в течение короткого промежутка времени (примерно 100 мкс) при токе молнии (100—200) кА в канале молнии развивается температура до 30000 °С. Вследствие быстрого расширения нагретого воздуха возникает взрывная волна (гром).

В разных районах число грозовых дней и число грозовых часов в течение года различно. Так, на юге Украины среднее годовое число грозовых часов

превышает 100, в средней полосе —60-80, а в районах Крайнего Севера и в пустынях Средней Азии — менее 10 ч.

Ток молнии производит тепловое, электромагнитное, а также механическое воздействия на те объекты, по которым он проходит. Помимо прямого удара молнии в здание, сооружение, дерево проявления молнии могут быть в виде электростатической и электромагнитной индукции.

Электростатическая индукция проявляется тем, что на изолированных металлических предметах наводятся опасные электрические потенциалы, вследствие чего возможно искрение между отдельными металлическими элементами конструкций и оборудования.

В результате электромагнитной индукции, обусловленной быстрым изменением значения тока молнии в металлических незамкнутых контурах, наводятся электродвижущие силы, что приводит к опасности искрообразования между ними в местах сближения этих контуров. При грозе во время ударов молнии в различные промышленные, транспортные и другие объекты, находящиеся вдали от производственных зданий и сооружений, возможно проникновение (занос) электрических потенциалов в здание по внешним металлическим сооружениям и коммуникациям — эстакадам, монорельсам и канатам подвесных дорог, по трубопроводам, оболочкам кабелей и др.

Для приема электрического разряда молнии и отвода ее тока с, землю применяют устройства, называемые молниеотводами. Молниеотвод состоит из несущей части — опоры (которой может служить здание или сооружение), молниеприемника, токоотвода и заземлителя. Наиболее распространены стержневые и тросовые молниеотводы.

Защита от воздействия электромагнитного поля промышленной частоты (ЭМП ПЧ) в установках сверхвысокого напряжения

Биологическое действие ЭМП ПЧ на здоровье людей.

В процессе эксплуатации электроэнергетических установок открытых распределительных устройств (ОРУ) и воздушных линий (ВЛ) электропередачи напряжением выше 330 кВ было отмечено ухудшение состояния здоровья персонала, обслуживающего указанные установки. Субъективно это выражалось в ухудшении самочувствия работающих, которые жаловались на повышенную утомляемость, головные боли, плохой сон, боли в сердце и т. п.

Специальные наблюдения и исследования, проводимые в Советском Союзе и за рубежом, подтвердили обоснованность этих жалоб и установили, что фактором, влияющим на здоровье обслуживающего персонала, является электромагнитное поле, возникающее в пространстве вокруг токоведущих частей действующих электроустановок.

В электроустановках напряжением 330 кВ и меньше также возникают электромагнитные поля, но менее интенсивные и, как показал длительный опыт эксплуатации таких установок, не оказывающие отрицательного влияния на биологические объекты.

Интенсивное электромагнитное поле промышленной частоты вызывает у

работающих нарушение функционального состояния центральной нервной системы, сердечно-сосудистой системы и периферической крови. При этом наблюдаются повышенная утомляемость, снижением точности рабочих движений, изменение кровяного давления и пульса, возникновение болей в сердце, сопровождающихся сердцебиением и аритмией и т. п.

Эффект воздействия электромагнитного поля на биологический объект принято оценивать количеством электромагнитной энергии, поглощаемой этим объектом при нахождении его в поле.

Электромагнитное поле можно рассматривать состоящим из двух полей: электрического и магнитного. Можно также считать, что в электроустановках электрическое поле возникает при наличии напряжения на токоведущих частях, а магнитное — при прохождении тока по этим частям.

При малых частотах, в том числе при 50 Гц, электрическое и магнитное поля практически не связаны между собой, поэтому их допустимо рассматривать отдельно друг от друга и также отдельно рассматривать влияние, оказываемое ими на биологический объект.

Выполненные для действительных условий расчеты показали, что в любой точке электромагнитного поля, возникающего в электроустановках промышленной частоты, поглощенная телом человека энергия магнитного поля примерно в 50 раз меньше поглощенной им энергии электрического поля. Вместе с тем измерениями в реальных условиях было установлено, что напряженность магнитного поля в рабочих зонах ОРУ и ВЛ напряжением до 750 кВ включительно не превышает 20—25 А/м, в то время как вредное действие магнитного поля на биологический объект проявляется при напряженности 150—200 А/м.

На основании этого был сделан вывод, что отрицательное действие на организм человека электромагнитного поля в электроустановках промышленной частоты обусловлено электрическим полем; магнитное же поле оказывает незначительное биологическое действие и в практических условиях им можно пренебречь.

Электрическое поле электроустановок промышленной частоты можно рассматривать в каждый данный момент как электростатическое поле, т. е. применять к нему законы электростатики. Это поле создается по крайней мере между двумя электродами (телами), несущими заряды разных знаков и на которых начинаются и оканчиваются силовые линии.

Поле электроустановок является неравномерным, т. е. напряженность его изменяется вдоль силовых линий. Вместе с тем оно обычно несимметричное, поскольку возникает между электродами различной формы, например между токоведущей частью и землей или металлической заземленной конструкцией.

Поле воздушной линии электропередачи является, кроме того, плоскопараллельным, т. е. форма его одинакова в параллельных плоскостях, называемых плоскостями поля. В данном случае плоскости поля перпендикулярны оси линии.

Механизм биологического действия электрического поля на организм человека изучен недостаточно.

Предполагается, что нарушение регуляции физиологических функций

организма обусловлено воздействием поля на различные отделы нервной системы. При этом повышение возбудимости центральной нервной системы происходит за счет рефлекторного действия поля, а тормозной эффект прямого воздействия поля на структуры головного и спинного мозга. Считается, что кора головного мозга, а также промежуточный мозг особенно чувствительны к воздействию электрического поля.

Предполагается также, что основным материальным фактором, вызывающим указанные изменения в организме, является индуцируемый в теле ток и в значительно меньшей мере само электрическое поле.

Наряду с биологическим действием электрическое поле обуславливает возникновение разрядов между человеком и металлическим предметом, имеющим иной, чем человек, потенциал. Если человек стоит непосредственно на земле или на токопроводящем заземленном основании, то потенциал его тела практически равен нулю, а если он изолирован от земли, то тело оказывается под некоторым потенциалом, достигающим иногда нескольких киловольт.

Очевидно, что прикосновение человека, изолированного от земли, к заземленному металлическому предмету, равно как и прикосновение человека, имеющего контакт с землей, к металлическому предмету, изолированному от земли, сопровождается прохождением через человека в землю разрядного тока, который может вызывать болезненные ощущения, особенно в первый момент. Часто прикосновение сопровождается искровым разрядом.

В случае прикосновения к изолированному от земли металлическому предмету большой протяженности (трубопровод, проволочная ограда на деревянных стойках и т. п.) или большого размера (крыша деревянного здания и пр.) ток через человека может достигать значений, опасных для жизни.

Предельно допустимые уровни ЭМП ПЧ

Оценка ЭМП ПЧ (50 Гц) осуществляется отдельно по напряженности электрического поля (Е) в кВ/м, напряженности магнитного поля (Н) в А/м или индукции магнитного поля (В) в мкТл. Нормирование электромагнитных полей 50 Гц на рабочих местах персонала дифференцировано в зависимости от времени пребывания в электромагнитном поле.

Предельно допустимые уровни напряженности электрического поля 50 Гц

Предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м.

При напряженностях в интервале больше 5 до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания в ЭП Т (час) рассчитывается по формуле:

$$T = (50 / E) - 2,$$

где Е напряженность ЭП в контролируемой зоне, кВ/м;

Т допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч.

При напряженности свыше 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин.

Пребывание в ЭП с напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

Предельно допустимые уровни напряженности периодического магнитного поля 50 Гц

Предельно допустимые уровни напряженности периодических (синусоидальных) МП устанавливаются для условий общего (на все тело) и локального (на конечности) воздействия:

Время пребывания (час)	Допустимые уровни МП, Н [А/м]/В [мкТл] при воздействии	
	общем	локальном
<= 1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

Защита от ЭМП ПЧ

Основными видами средств коллективной защиты от воздействия электрического поля токов промышленной частоты являются экранирующие устройства.

Они изготавливаются:

- стационарными;
- переносными.

Стационарное экранирующее устройство составная часть электрической установки, предназначенная для защиты персонала в открытых распределительных устройствах (ОРУ) и воздушных линиях электропередач (ВЛ). Экранирующее устройство необходимо при осмотре оборудования и при оперативном переключении наблюдения за производством работ.

Конструктивно экранирующие устройства оформляются в виде:

- козырьков;
- навесов;
- перегородок.

Стационарные экраны изготавливаются из металлических канатов, прутков, сеток.

Переносные экраны также используются при работах по обслуживанию электроустановок в виде съемных:

- козырьков;
- навесов;
- перегородок;
- палаток;
- щитов.

В переносных и съемных экранах используется сетка, имеющая ячейку не более 50х50 мм.

Экранирующие устройства имеют антикоррозийное покрытие и заземлены.

Наряду со стационарными и переносными экранирующими устройствами применяют индивидуальные экранирующие комплекты. Они предназначены для защиты от воздействия электрического поля, напряженность которого не превышает 60 кВ/м, создаваемого электроустановками напряжением 400, 500 и 750 В и частотой 50 Гц.

Индивидуальные экранирующие комплекты разрешено использовать в тех случаях, когда отсутствует возможность прикосновения к токоведущим частям и температура воздуха не превышает 42 °С. Их запрещено использовать при работе на панелях, с электрическими приводами, в цепях напряжением до 1000 В, а также при профилактических испытаниях и электросварочных работах.

В состав экранирующих комплектов входят: спецодежда, спецобувь, средства защиты головы, а также рук и лица.

Экранирующие комплекты ЭПР и ЭПЗ выдаются для индивидуального пользования конкретными лицами. Комплекты ЭПХ разрешено использовать группе лиц; при этом специальная обувь выдается только для индивидуального использования.

Высокая эффективность защиты с помощью индивидуальных экранирующих комплектов достигается за счет выполнения ряда требований к порядку эксплуатации, хранению и ремонту элементов. Эти требования предназначены для обеспечения надежности соединения элементов комплекта и для их исправности. Например, чтобы исключить разрушение целостности электропроводящих материалов, хранение комплектов осуществляется в специальных шкафах в сухих отапливаемых помещениях (температура воздуха (2-30) °С, относительная влажность не более 80 %). Одежда хранится на вешалке, а обувь и каска на полках. Запрещено переносить элементы комплекта за контактные выходы, а также использовать контакты для подвески.

Организуется ремонт элементов экранирующего комплекта, но при этом не допускается ремонтировать обувь (кроме косметического ремонта) и использовать для ре-ремонта электронепроводящие материалы.

Периодически осуществляется проверка технического состояния экранирующих комплектов. Испытания производят перед началом эксплуатации, один раз в три месяца в процессе эксплуатации, после ремонта и в процессе хранения на складе (один раз в год). Поверочные испытания состоят из внешнего осмотра и измерения сопротивления постоянному току. При внешнем осмотре определяется наличие дефектов на элементах комплекта (обрывы соединительных выводов, истирание или отставание подошвы, разрывы и др.). Если дефекты существуют, то комплект не подлежит эксплуатации.

Измеренное сопротивление элементов комплекта при напряжении 500 В не должно превышать 10 кОм; в противном случае комплект не пригоден к эксплуатации. Результаты проверки регистрируются в специальном журнале.