

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



Иркутск 2015

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ А.А. ЕЖЕВСКОГО

Г.В. Лукина, С.В. Подъячих, Д.А. Иванов, А.В. Ланин



ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

для студентов по направлениям 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника», профиль: электроснабжение; 35.03.06 – «Агроинженерия», профиль: электрооборудование и электротехнологии в АПК

Иркутск 2015

УДК 621.3391.823 (075.8)

ББК 31.221.73

Рецензенты:

1. Федчишин В.В. – директор института энергетики ФГБОУ ВО Иркутского национального исследовательского технического университета.
2. Алтухов И.В. – к.т.н., доцент кафедры энергоснабжения и теплотехники Иркутского государственного аграрного университета.

Лукина Г.В. Электробезопасность: Учебное пособие./Г.В. Лукина, С.В. Подъячих, Д.А. Иванов, А.В. Ланин./ - Иркутск: ИрГАУ, 2015. - 169с.

В учебном пособии рассматриваются вопросы, изучаемые в курсе «Электробезопасность»; приводятся основные термины и определения; рассматриваются общие вопросы электробезопасности; действие электрического тока на организм человека; основные меры защиты от поражения электрическим током; заземляющие устройства электроустановок; зануление; система уравнивания потенциалов; устройства защитного отключения; двойная изоляция; общие правила пользования средствами электрозащиты; обеспечение электробезопасности работ в электроустановках.

Пособие предназначено для студентов по направлениям 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника», профиль: электроснабжение; 35.03.06 – «Агроинженерия», профиль: электрооборудование и электротехнологии в АПК; квалификация (степень) – бакалавр, магистр.

Рекомендовано к печати научно-методическим советом Иркутского государственного аграрного университета

© Г.В. Лукина, С.В. Подъячих, Д.А. Иванов, А.В. Ланин, 2015

© Иркутский государственный аграрный университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----------|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 8 |
| ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ..... | 9 |
| 1 ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ..... | 13 |
| 1.1 Основные причины электротравматизма..... | 13 |
| 1.2 Действие электрического тока на организм человека..... | 15 |
| 1.3 Основные факторы, влияющие на исход поражения электрическим током..... | 16 |
| 1.4 Причины поражения электрическим током..... | 24 |
| 1.5 Растекание тока в земле. Напряжение шага. Напряжение прикосновения..... | 25 |
| 2 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ..... | 32 |
| 2.1 Основные принципы защиты от поражения электричес- ким током..... | 32 |
| 2.2 Классификация помещений (условий работ) по опасности поражения электротоком..... | 39 |
| 3 ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ..... | 40 |
| 3.1 Общие теоретические сведения о защитном отключении | 40 |
| 3.2 Системы заземления..... | 45 |
| 3.3 Теория измерения заземления и удельного сопротивления грунта..... | 59 |
| 4 ЗАЩИТНОЕ ЗАНУЛЕНИЕ | 65 |

| | | |
|-----|---|------------|
| 4.1 | Назначение, принцип действия, область применения..... | 65 |
| 4.2 | Назначение отдельных элементов схемы зануления..... | 68 |
| 4.3 | Методика расчета зануления..... | 70 |
| 5 | УРАВНИВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛОВ..... | 73 |
| 5.1 | Общие понятия и определения. Требования к выполнению системы уравнивания потенциалов..... | 73 |
| 5.2 | Способы уравнивания потенциалов..... | 76 |
| 6 | УСТРОЙСТВА ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ..... | 84 |
| 6.1 | Общие положения..... | 84 |
| 6.2 | Принцип действия УЗО..... | 85 |
| 6.3 | Классификация устройств защитного отключения..... | 88 |
| 6.4 | Установка УЗО в схему..... | 91 |
| 6.5 | Поиск причин срабатывания УЗО..... | 94 |
| 7 | ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК..... | 101 |
| 7.1 | Обязанности руководителя (владельца) предприятия..... | 101 |
| 7.2 | Порядок назначения ответственного за электрохозяйство.. | 102 |
| 7.3 | Требования к персоналу..... | 104 |
| 7.4 | Обязательные формы работы с различными категориями работников..... | 106 |
| 7.5 | Стажировка и дублирование..... | 109 |
| 8 | ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТ | 111 |

| | | |
|------|---|-----|
| 8.1 | Права, обязанности и ответственность работника, выдающего наряд..... | 111 |
| 8.2 | Права, обязанности и ответственность руководителя работ..... | 113 |
| 8.3 | Права, обязанности и ответственность допускающего..... | 116 |
| 8.4 | Права, обязанности и ответственность производителя работ..... | 117 |
| 8.5 | Права, обязанности и ответственность наблюдающего..... | 119 |
| 8.6 | Права, обязанности и ответственность членов бригады..... | 119 |
| 9 | ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТ | 121 |
| 10 | ЭЛЕКТРОЗАЩИТНЫЕ СРЕДСТВА..... | 126 |
| 10.1 | Назначение защитных средств..... | 126 |
| 10.2 | Группы защитных средств..... | 126 |
| 10.3 | Классификация защитных средств..... | 128 |
| 10.4 | Условия безопасного применения защитных средств..... | 128 |
| 10.5 | Конструкция защитных средств..... | 129 |
| 11 | СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО. МЕРЫ ЗАЩИТЫ ЛЮДЕЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ ОТ ЗАРЯДОВ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА..... | 140 |
| 12 | ОСВОБОЖДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА И МЕРЫ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА ... | 143 |
| 12.1 | Освобождение человека от действия электрического тока | 143 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 12.2 | Меры первой помощи пострадавшему от электрического тока..... | 145 |
| 12.3 | Основные правила обязательные при проведении искусственного дыхания..... | 146 |
| 12.4 | Правила проведения наружного (не прямого) массажа сердца..... | 151 |
| 12.5 | Первая помощь при ожогах | 154 |
| | СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 156 |
| | ПРИЛОЖЕНИЕ | 158 |

ВВЕДЕНИЕ

Под термином «электробезопасность» понимается система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества. Теоретическое обоснование и разработка такой системы и отдельных ее узлов – важнейшая часть работ при проектировании объектов в любой отрасли народного хозяйства. Не случайно существует множество подразделов электробезопасности – на производстве, в сельском хозяйстве, в горной промышленности, в передвижных установках, в зданиях и сооружениях и т.д. Но все эти подразделы базируются на общих требованиях, основах электробезопасности.

Требования электробезопасности регламентированы различными правилами. В настоящее время учет условий электробезопасности на стадии проектирования объектов регламентируют Правила устройства электроустановок ПУЭ, а в период эксплуатации - Правила эксплуатации электроустановок потребителей ПТЭЭП. Если на стадии проектирования объекта документация согласовывается с органами надзора, требующими строгого соблюдения Правил, то в период эксплуатации многое зависит непосредственно от конкретных лиц, организующих и выполняющих работу. И, по различным соображениям, они зачастую пренебрегают требованиями Правил безопасности.

Современного человека, окруженного техникой, устрашающими плакатами не остановишь. Эффективным может быть только один путь предупреждения электротравматизма – воспитание осознанного отношения к вопросам электробезопасности на основе понимания работниками сути физических процессов.

В данном учебном пособии излагаются:

- виды действия электрического тока на организм человека;
- возможные схемы включения человека в электрическую цепь;
- особенности измерения сопротивления изоляции электроустановок;
- особенности выбора технических средств защиты от поражения электрическим током при прикосновении человека к корпусу электроприемника и к токоведущим частям и т.п.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

| | |
|--|--|
| Электроустановка | совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виды энергии. |
| Открытые или наружные электроустановки | электроустановки, не защищенные зданием от атмосферных воздействий. |
| Электропомещения | помещения или отгороженные (например, сетками) части помещения, в которых расположено электрооборудование, доступное только для квалифицированного обслуживающего персонала. |
| Номинальное значение параметра | указанное изготовителем значение параметра электротехнического устройства |
| Напряжение переменного тока | Напряжение переменного тока – действующее значение напряжения. |
| Напряжение постоянного тока | Напряжение постоянного тока или напряжение выпрямленного тока с содержанием пульсаций не более 10 % от действующего значения. |
| Допуск к работам первичный | Допуск к работам по распоряжению или наряду, осуществляемый впервые |
| Допуск к работам повторный | Допуск к работам, ранее выполнявшимся по наряду, а также после перерыва в работе |
| Заземление | Преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки системы электроустановки или оборудования с заземляющим устройством |
| Защитное заземление | Заземление частей электроустановки с целью обеспечения электробезопасности |
| Зона влияния электрического поля | Пространство, в котором напряженность электрического поля превышает 5 кВ/м |
| Зона влияния магнитного поля | Пространство, в котором напряженность магнитного поля превышает 80 А/м |
| Знак безопасности (плакат) | Знак, предназначенный для предупреждения человека о возможной опасности, запрещении или предписании определенных действий, а также для информации о расположении объектов, использование которых связано с исключением или снижением последствий воздействия опасных и (или) вредных производственных факторов |
| Инструктаж целевой | Указания по безопасному выполнению конкретной работы в электроустановке, охватывающие категорию лиц работников, определенных нарядом или распоряжением, от выдавшего наряд, отдавшего распоряжение до члена бригады или исполнителя |
| Наряд-допуск (наряд) | Задание на производство работы, оформленное на специальном бланке установленной формы и определяющее содержание, место работы, время ее начала и окончания, условия безопасного проведения, состав бригады и лиц работников, ответственных за безопасное выполнение работы |

| | |
|---|---|
| Оперативное обслуживание электроустановки | Комплекс работ по: ведению требуемого режима работы электроустановки; производству переключений, осмотров оборудования; подготовке к производству ремонта (подготовке рабочего места, допуску); техническому обслуживанию оборудования, предусмотренному должностными и производственными инструкциями оперативного персонала |
| Осмотр | Визуальное обследование электрооборудования, зданий и сооружений, электроустановок |
| Квалифицированный обслуживающий персонал | специально подготовленные работники, прошедшие проверку знаний в объеме, обязательном для данной работы (должности), и имеющие группу по электробезопасности, предусмотренную действующими правилами охраны труда при эксплуатации электроустановок. |
| Ответственный за электрохозяйство | Работник из числа административно-технического персонала. На которого возложены обязанности по организации безопасного обслуживания электроустановок в соответствии с действующими правилами и нормативно-техническими документами |
| Персонал административно-технический | Руководители и специалисты, на которых возложены обязанности по организации технического и оперативного обслуживания, проведения ремонтных, монтажных и наладочных работ в электроустановках |
| Персонал неэлектротехнический | Производственный персонал, не попадающий под определение «электротехнического», «электротехнологического» персонала |
| Персонал оперативный | Персонал, осуществляющий оперативное управление и обслуживание электроустановок (осмотр, оперативные переключения, подготовку рабочего места, допуск и надзор за работающими, выполнение работ в порядке текущей эксплуатации) |
| Персонал оперативно-ремонтный | Ремонтный персонал, специально обученный и подготовленный для оперативного обслуживания в утвержденном объеме закрепленных за ним электроустановок |
| Персонал ремонтный | Персонал, обеспечивающий техническое обслуживание и ремонт, монтаж, наладку и испытание электрооборудования |
| Персонал электротехнический | Административно-технический, оперативный, оперативно-ремонтный, ремонтный персонал, организующий и осуществляющий монтаж, наладку, техническое обслуживание, ремонт, управление режимом работы электроустановок |
| Персонал электротехнологический | Персонал, у которого в управляемом им технологическом процессе основной составляющей является электрическая энергия (например, электросварка, электродуговые печи, электролиз и т.д.), использующий в работе ручные электрические машины, переносной электроинструмент и светильники, и другие работники, для которых должностной инструкцией или инструкцией по охране труда установлено знание настоящих Правил (где требуется II или более высокая группа по электробезопасности.) |
| Подготовка рабочего места | Выполнение до начала работ технических мероприятий для предотвращения воздействия на работающего опасного производственного фактора на рабочем месте |

| | |
|---|---|
| Присоединение | Электрическая цепь (оборудование и шины) одного назначения, наименования и напряжения, присоединенная к шинам <u>РУ</u> , генератора, щита, сборки и находящаяся в пределах электростанции, подстанции и т.п. Электрические цепи разного напряжения одного силового трансформатора (независимо от числа обмоток), одного двухскоростного электродвигателя считаются одним присоединением. В схемах многоугольников, полуторных и т.п. схемах к присоединению линии, трансформатора относятся все коммутационные аппараты и шины, посредством которых эта линия или трансформатор присоединены к <u>РУ</u> |
| Работа без снятия напряжения на токоведущих частях или вблизи них (под напряжением) | Работа, выполняемая с прикосновением к токоведущим частям, находящимся под напряжением (рабочим или наведенным), или на расстоянии от этих токоведущих частей менее допустимых |
| Работы со снятием напряжения | Работа, когда с токоведущих частей электроустановки, на которой будут проводиться работы, отключением коммутационных аппаратов, отсоединением шин, кабелей, проводов снято напряжение и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на токоведущие части к месту работы |
| Рабочее место при выполнении работ в электроустановке | Участок электроустановки, куда допускается персонал для выполнения работы по наряду, распоряжению или в порядке текущей эксплуатации |
| Работы, выполняемые в порядке текущей эксплуатации | Небольшие по объему (не более одной смены) ремонтные и другие работы по техническому обслуживанию, выполняемые в электроустановках напряжением до 1000 В оперативным, оперативно-ремонтным персоналом на закрепленном оборудовании в соответствии с утвержденным руководителем (главным инженером) организации перечнем |
| Работник, имеющий группу II - V | Степень квалификации персонала по электробезопасности. (В правилах указываются минимально допускаемые значения групп по электробезопасности, т.е. в каждом конкретном случае работник должен иметь группу не ниже требуемой: II, III, IV или V.) |
| Распоряжение | Задание на производство работы, определяющее ее содержание, место, время, меры безопасности (если они требуются) и лиц работников, которым поручено ее выполнение, с указанием группы по электробезопасности |
| Руководитель организации | Работник, осуществляющий прямое управление организацией независимо от формы собственности (далее – руководитель организации), имеющий право без доверенности осуществлять действия от имени организации, представлять ее интересы в любых инстанциях, включая и судебные. |
| Руководящие работники организации | Работники, назначенные в установленном порядке в качестве заместителей руководителя организации, с определенными административными функциями и направлениями (главный инженер, вице-президент, технический директор, заместитель директора и др.) |

| | |
|---|---|
| Руководитель структурного подразделения | Работник, заключивший трудовой договор (контракт) с руководителем организации (работодателем) или назначенный им для управления деятельностью структурного подразделения (начальник, заведующий и т.п.) и его заместители. |
| Техническое обслуживание | Комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании |
| Часть токоведущая | Часть электроустановки, нормально находящаяся под напряжением |
| Часть нетоковедущая | Часть электроустановки, которая может оказаться под напряжением в аварийных режимах работы, например, корпус электрической машины |
| Электрическая подстанция | Электроустановка, предназначенная для преобразования и распределения электрической энергии |
| Электрическая сеть | Совокупность подстанций, распределительных устройств и соединяющих их электрических линий, размещенных на территории района, населенного пункта, и потребителей электрической энергии |
| Электроразличное средство | Средство защиты, предназначенное для обеспечения электробезопасности |
| Инструктаж целевой | Указания по безопасному выполнению конкретной работы в электроустановке, охватывающие категорию работников, определенных нарядом или распоряжением, от выдавшего наряд, отдавшего распоряжение до члена бригады или исполнителя |
| Нейтраль | Общая точка соединенных в звезду обмоток (элементов) электрооборудования |
| Тяговая подстанция | Электрическая подстанция, предназначенная, в основном, для питания транспортных средств на электрической тяге через контактную сеть |
| Глухозаземленная нейтраль | Нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно. |
| Изолированная нейтраль | Нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через большое сопротивление приборов сигнализации, измерения, защиты и других аналогичных им устройств |
| Электрооборудование с нормальной изоляцией | Электрооборудование, предназначенное для применения в электроустановках, подверженных действию грозовых перенапряжений, при обычных мерах защиты от перенапряжений |
| Электрооборудование с облегченной изоляцией | Электрооборудование, предназначенное для применения в электроустановках, не подверженных действию грозовых перенапряжений, или при специальных мерах защиты, ограничивающих амплитуду грозовых перенапряжений |

1 ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

1.1 Основные причины электротравматизма

Широкое использование электрической энергии во всех отраслях промышленности, сельском хозяйстве и в быту обуславливает значительную опасность поражения человека электрическим током. Анализ показывает, что количество электротравм в промышленности составляет 0,5-1 %, однако, очень высокий процент летального исхода - 15-20 %, причем, до 80-85 % электротравм со смертельным исходом происходит в сетях с напряжением до 1000 В.

Анализ основных причин электротравматизма показывает, что 40-45 % электротравм связаны с ненадлежащим уровнем эксплуатации оборудования, приводящим к снижению сопротивления изоляции, появлению напряжения на токопроводящих его частях. Значительное количество электротравм (25-30 %) вызывается неудовлетворительной организацией рабочего места и недостаточным инструктированием лиц, работающих на электроустановках, 30-35 % электротравм обусловлено неудовлетворительной конструкцией и монтажом оборудования: наличием открытых токопроводящих частей, недостаточным расстоянием между токопроводящими частями и металлическими конструкциями оборудования, отсутствием сигнализации, блокировки и т.д.

В строительстве большое количество машин и механизмов приводится в действие с помощью электрической энергии. Электричество применяется для прогрева замороженного грунта, бетона, при электросварке, для освещения.

Основными причинами, приводящими к травматизму, являются:

- физиологическая несовместимость электрического тока и биологических процессов в организме;
- непонимание большинством работающих конкретной опасности контакта с токопроводящими частями;
- неожиданное появление напряжения там, где его в нормальных условиях не должно быть (корпуса электрического оборудования, щиты и пульты управления и т.д.), что случается в результате пробоя или нарушения изоляции проводов, обмоток;
- прикосновение человека к неизолированным токопроводящим частям;
- недопустимое приближение к частям тоководов, находящихся под напряжением; при этом через тело человека при пробое изоляции, проходит электрический ток;
- попадание человека в зону короткого замыкания фазы на землю. При этом на поверхности земли происходит образование электрических потенциалов, что создает предпосылки возникновения шагового напряжения.

Прочие причины: несогласованность и ошибочные действия обслуживающего персонала, отсутствие надзора и т.д.

Анализ статистических данных электротравматизма показывает, что наибольшее число случаев поражения электрическим током (часто с тяжелым исходом) происходит в результате:

1) непосредственного включения человека в электрическую цепь под полное линейное или фазное напряжение. Во многих случаях это связано с возникновением «напряжения прикосновения» в результате появления напряжения на нетоковедущих металлических частях электрооборудования, не находящихся под напряжением в нормальных условиях эксплуатации. Это может произойти в результате:

- разлива токопроводящих составов, смазок или красок;
- отсутствия заземления;
- повреждения изоляции токоведущих частей, пробоя на корпус;
- падения провода, находящегося под напряжением, на электроустановку или металлические конструкции машин и оборудования.

2) возникновения «шагового напряжения» на поверхности земли в результате замыкания токоведущих проводов на землю вследствие:

- падения провода на землю;
- появления напряжения на подземных металлических коммуникациях или сооружениях (вынос потенциала на поверхность земли);
- отсутствия или неисправности заземлителей и т.п.;

3) образования электрической дуги между токоведущей частью электроустановки и человеком при приближении человека на недопустимое расстояние к частям, находящимся под напряжением. Возможно в электроустановках свыше 1000 В. Для предотвращения возникновения дуги устанавливается минимальное допустимое расстояние от токоведущих частей до человека:

- 0,7 м - в электроустановках напряжением до 35 кВ;
- 3,0 м - в электроустановках напряжением до 220 кВ.

4) прочих причин:

- отсутствие надзора за электроустановками, находящимися под напряжением, и другие;
- ошибочных или неточных действий работающих при работах в электроустановках и вблизи токоведущих частей;
- неисправности или отсутствия защитных средств (диэлектрических перчаток, изолирующего инструмента и т.п.);
- выполнение работ в электроустановках неэлектротехническим персоналом;
- ошибочного включения коммутационного аппарата (включателя, рубильника и т.п.);
- замыкания между отключенными и находящимися под напряжением токоведущими частями (проводами и т.п.);
- разряда молнии в электроустановку, электросеть и т.п.;
- освобождением человека, находящегося под напряжением.

1.2 Действие электрического тока на организм человека

Механизм поражения человека электрическим током чрезвычайно сложен и связан с нарушением биологических, физических, химических процессов в организме человека. При этом возможны необратимые нарушения функциональной деятельности жизненно важных органов человека.

При прохождении через организм человека электрический ток оказывает на него следующие виды воздействия:

- термическое;
- биологическое;
- электролитическое;
- механическое.

Термическое воздействие электрического тока проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве внутренних органов.

Биологическое (характерно только для живых тканей) – в раздражении и возбуждении живых тканей в организме, нарушении биоэлектрических процессов, протекающих в организме.

Электролитическое воздействие проявляется в разложении органических жидкостей, нарушении их физико-химического состава.

Механическое (динамическое) воздействие проявляется в разрыве тканей организма (мышечной, стенок сосудов).

По вызываемым последствиям электротравмы условно делят на:

- местные повреждения органов (повреждение кожи, тканей, связок, костей);
- общие (электрические удары), приводящие к нарушению функционирования всего организма.

Около 55% травм - совокупность местных электротравм с электроударом.

Электротравма – травма, вызванная воздействием электрического тока или электрической дуги. Электротравмы, вызывающие наружные (внешние) повреждения тканей, подразделяются на:

- *электрический ожог* - возникает при прохождении через тело человека незначительных токов (до 1А);
- *электрические знаки* (метки тока) – образуются при тесном контакте кожи человека с токоведущими частями. Это результат химического и механического воздействия тока при относительно низкой температуре дуги - 120 °С;
- *металлизация кожи* – происходит от проникновения в верхние слои кожи частичек металла, расплавившегося под действием электрической дуги, насыщенной парами металла;
- *электроофтальмия* – поражение глаз вследствие воздействия ультрафиолетового излучения электрической дуги или ожогов;
- *механические повреждения* (переломы, ушибы и пр.) – при падениях с

высоты и вследствие резких произвольных движений или потери сознания, вызванных действием электрического тока.

По степени тяжести различают 4 степени электроожогов:

1-я степень - покраснение кожи;

2-я степень - образование пузырей;

3-я степень - обугливание кожи;

4-я степень - обугливание подкожной клетчатки, мышц, сосудов, нервов, костей.

Характерным для электроожога является воздействие кратковременного высокого напряжения или тока большой силы с разрывом цепи (одернув руку). Наиболее опасным повреждением является - электрический удар. Он приводит к возникновению шока, параличу мышц двигательной системы, мышц желудка, грудной клетки. Это ведет к нарушению или прекращению деятельности всего организма.

Электрический удар – возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся произвольными судорожными сокращениями мышц.

В зависимости от исхода воздействия тока на организм электрические удары условно делятся на следующие четыре степени:

I - судорожное сокращение мышц без потери сознания;

II - судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранившимся дыханием и работой сердца;

III - потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого вместе);

IV - клиническая смерть, т.е. отсутствие дыхания и кровообращения.

Клиническая смерть - переходный период от жизни к смерти, наступающий с момента прекращения деятельности сердца и легких.

Биологическая смерть - необратимое явление, характеризующееся прекращением биологических процессов в клетках и тканях организма и распадом белковых структур.

1.3 Основные факторы, влияющие на исход поражения электрическим током

Возможные последствия поражения зависят от многих факторов (см. рис. 1.1):

- параметров электрической цепи (напряжения, сопротивления человеческого тела);
- величины, частоты и рода тока;
- времени воздействия тока на тело человека;
- пути прохождения тока через тело человека;
- окружающих условий среды (температура, влажность, атмосферное давление, материал полов и др.);
- индивидуальных особенностей человека.

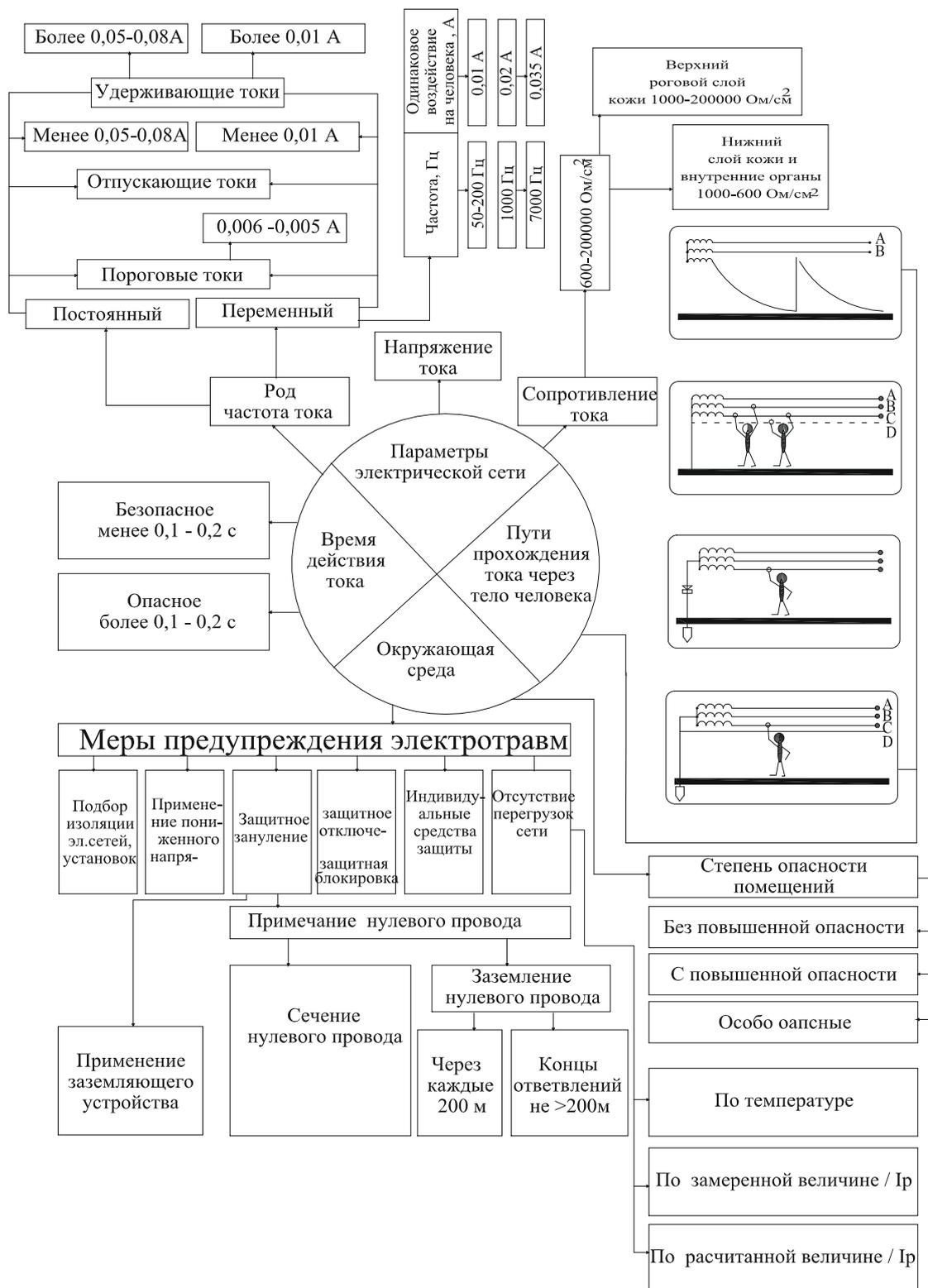


Рисунок 1.1 - Основные факторы, определяющие степень поражения человека электрическим током

Величина напряжения и тока. Электроток, как поражающий фактор, определяет степень физиологического воздействия на человека. Это следует из определения понятия электробезопасности, которое приведено в ГОСТ Р МЭК60050-826-2009. Установки электрические. Термины и определения [21].

Напряжение следует рассматривать лишь как фактор, обуславливающий протекание того или иного тока в конкретных условиях. Величина напряжения:

- напряжение до 12 В может вызвать конвульсивное сжатие проводника рукой;
- при напряжении 24 В разжать руку становится труднее;
- при напряжении 36 В разжать руку удается с большим трудом;
- при напряжениях до 40 В электрического удара не происходит;
- при напряжениях от 40 до 250 В электрический удар обычно протекает без анатомических повреждений;
- при напряжении более 250 В могут произойти ожоги в местах контакта.

По степени физиологического воздействия можно выделить следующие токи:

- пороговые;
- отпускающие;
- удерживающие.

Пороговый ток. Человек начинает ощущать протекание через него тока (ощутимый ток) при величинах переменного тока 0,5 - 1,5 мА (частота 50 Гц) и постоянного тока 5 - 7 мА.

Величина пороговых токов зависит от значения приложенного напряжения, сопротивления тела человека, его индивидуальных особенностей и находится в пределах от 0,5 до 5 мА.

Эти значения пороговых токов справедливы для случая касания токоведущих частей пальцами или ладонями рук. В случаях, когда контакт с проводником тока создается другими частями тела, имеющими более нежный покров (лицо, шея, тыльная сторона руки и т.п.), пороговые токи имеют меньшие значения.

Отпускающий ток. В этом случае человек еще может самостоятельно прервать электрическую цепь, проходящую через его тело, т.е. отключиться от напряжения.

Значение отпускающих токов находится в пределах около 10 - 15 мА для переменного тока и 50 - 80 мА для постоянного. При большей величине человек не может освободить себя (пороговый неотпускающий ток).

Удерживающими токами считаются такие, при которых человек лишается возможности без помощи извне освободиться от контакта с частями установок, находящихся под напряжением. Их значения больше 15 - 20 мА для переменного и 80 мА для постоянного тока.

Отпускающие токи можно считать условно безопасными, поскольку они не вызывают немедленного поражения. Однако при относительно длительном протекании таких токов через тело человека их величина растет. Человек теряет способность управления мышцами, не может самостоятельно освободиться от воздействия сети электрического тока, а поэтому при отсутствии своевременно оказанной помощи смертельный исход весьма

вероятен.

Удерживающие токи, безусловно, опасны для человека, так как вызывают сильные и болезненные судороги мышц, преодолеть которые человек не в состоянии в силу того, что эти токи воздействуют на нервную систему человека и в первую очередь парализуют биотоки организма, управляющие всей двигательной системой тела.

В результате воздействия этих токов человек не может разжать или отнять руку, которой он держится за токоведущую часть, отбросить от себя провод, сойти с него, позвать на помощь и т.п. С течением времени величина удерживающего тока вырастает и достигает значений, приводящих к поражению.

При токе 50 мА происходит воздействие на мышцы грудной клетки и затрудняются дыхательные движения. Длительное воздействие этого тока может вызвать прекращение дыхания, после чего спустя некоторое время наступает смерть от удушья.

Ток от 50 мА до 100 мА (при 50 Гц) вызывает быстрое нарушение работы легких и сердца. Однако при меньших токах первыми (по времени) поражаются легкие, а затем - сердце.

Переменный ток от 100 мА до 5 А (при 50 Гц) и от 300 мА до 5 А при постоянном токе распространяется в своем действии на мышцу сердца. Это явление весьма опасно для жизни человека, так как спустя 1 - 2 секунды с начала прохождения тока через человека может наступить фибрилляция сердца (некоординированные судороги сердечных волокон).

Следовательно, сила тока зависит от величины приложенного напряжения и сопротивления участка тела человека. Сопротивление участка тела складывается из сопротивления тканей внутренних органов и сопротивления кожи. При расчете принимается сопротивление равное 1000 Ом. Воздействие тока различной величины приведено в табл. 1.1.

Таблица 1.1 - Проявления воздействия тока различной величины на человека

| Ток, мА | Воздействие на человека | |
|-----------|----------------------------------|---------------------|
| | Переменный ток | Постоянный ток |
| 0,5 | Отсутствует | Отсутствует |
| 0,6 – 1,5 | Легкое дрожание пальцев | Отсутствует |
| 2 – 3 | Сильное дрожание пальцев | Отсутствует |
| 5-10 | Судороги в руках | Нагрев |
| 12 – 15 | Трудно оторвать руки от проводов | Усиление нагрева |
| 20 – 25 | Руки парализует немедленно | Усиление нагрева |
| 50 – 80 | Паралич дыхания | Затруднение дыхания |
| 90 – 100 | при $t > 3$ сек – паралич сердца | Паралич сердца |

Род и частота тока. Как показывает практика эксплуатации электроустановок, постоянный ток безопаснее переменного с частотой 50 Гц.

Если сопоставить значения пороговых ощутимых токов (5 - 7 мА) для постоянного и переменного (0,5 - 1,5 мА), то окажется, что постоянный ток безопаснее примерно в 4 - 5 раз переменного.

Однако это справедливо лишь для напряжений 250 - 300 В. При более высоких напряжениях опасность постоянного тока возрастает.

При 450 - 500 В действие постоянного и переменного тока одинаково. В связи с этим определены эквивалентные токи по своей опасности, например, 42 В (перем.) = 120 В (пост.); 36 В (перем.) = 108 В (пост.).

Увеличение частоты тока в пределах от 0 до 60 Гц ведет к повышению опасности поражения током человека (наиболее опасной является промышленная частота 50 - 60 Гц). Однако дальнейшее повышение частоты уменьшает опасность тока. При частоте 1 - 2 кГц опасность тока заметно снижается, а при 400 - 500 кГц биологическое действие тока не проявляется вовсе (но сохраняется опасность ожогов, как от электрической дуги, так и от тока, проходящего через тело человека).

Продолжительность воздействия тока. Этот фактор имеет не только физиологическое, но и практическое значение при проектировании устройств защитного отключения.

Установлено, что поражение электрическим током возможно лишь в стоянии полного покоя сердца человека, когда отсутствуют сжатие (систола) или расслабление (диастола) желудочков сердца и предсердий. Поэтому при малом времени воздействие тока может не совпадать с фазой полного расслабления. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» даёт подробную таблицу зависимости допустимых для человека течений токов от продолжительности их воздействия. Так, при продолжительности воздействия 0,1 с допустимый ток составляет 500(400) мА; при 0,2 с - 250 (190) мА; при 0,4 с - 125 (140) мА; при 0,5 с - 100 (125) мА; при 0,7 с - 70 (90) мА; при 1,0 с - 50 (50) мА.

Сопротивление тела человека. Тело человека является проводником электрического тока. Проводимость живой ткани в отличие от обычных проводников обусловлена не только ее физическими свойствами, но и сложнейшими биохимическими и биофизическими процессами, присущими лишь живой материи. В результате сопротивление тела человека является переменной величиной, имеющей нелинейную зависимость от множества факторов, в том числе от состояния кожи, параметров электрической цепи, физиологических факторов и состояния окружающей среды.

Электрическое сопротивление различных тканей тела человека неодинаково: кожа, кости, жировая ткань, сухожилия и хрящи имеют относительно большое сопротивление, а мышечная ткань, кровь, лимфа и особенно спинной и головной мозг - малое сопротивление. Например, удельное объемное сопротивление сухой кожи составляет $3 \times 10^3 - 2 \times 10^4$ Ом, а крови 1 - 2 Ом при частоте тока 50 Гц. Из этих данных следует, что кожа обладает очень большим удельным сопротивлением, которое является главным фактором, определяющим сопротивление тела человека в целом.

Строение кожи весьма сложно. Кожа состоит из двух основных слоев: наружного, называемого эпидермисом, и внутреннего, являющегося собственно кожей и носящего название дермы.

Сопротивление тела человека можно условно считать состоящим из трех последовательно включенных сопротивлений: двух одинаковых сопротивлений наружного слоя кожи, т.е. эпидермиса, $2z_n$ (которые в совокупности составляют так называемое наружное сопротивление тела человека) и одного, называемого внутренним сопротивлением тела R_v (которое включает в себя сопротивление внутренних слоев кожи и сопротивление внутренних тканей тела) (рис. 1.2).

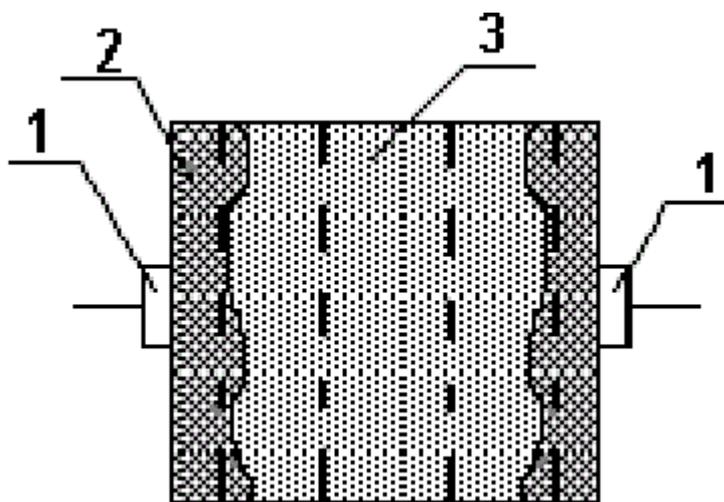


Рисунок 1.2 - К определению сопротивления тела человека:

1 – электроды; 2 – наружный слой кожи – эпидермис (роговой и ростковый слои); 3 – внутренние ткани тела (включая внутренний слой кожи – дерму)

Сопротивление наружного слоя кожи Z_n состоит из активного и емкостного сопротивлений, включенных параллельно. Полное сопротивление наружного слоя кожи Z_n зависит от площади электродов, частоты тока, а также от значения приложенного напряжения и при площади электродов в несколько квадратных сантиметров может достигать весьма больших значений (десятков и сотен тысяч Ом).

Внутреннее сопротивление тела считается чисто активным, хотя, строго говоря, оно также обладает емкостной составляющей. Внутреннее сопротивление R_v практически не зависит от площади электродов, частоты тока, а также от значения приложенного напряжения и равно примерно 500 – 700 Ом.

Эквивалентная схема сопротивления тела человека для рассмотренных условий показана на рис. 1.3.

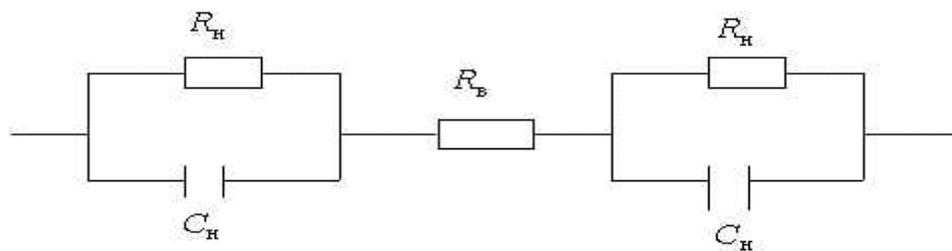


Рисунок 1.3 - Эквивалентная схема замещения сопротивления тела человека

На основании этой схемы выражение для определения полного сопротивления тела человека в комплексной форме Z_h , Ом, имеет вид

$$Z_h = 2Z_H + R_B = \frac{2}{\frac{1}{R_H} j\omega C_H} + R_B, \text{ Ом} \quad (1.1)$$

или после соответствующих преобразований – в действительной форме Z_h , Ом

$$Z_h = \sqrt{\frac{4R_H(R_H + R_B)}{1 + \omega^2 R_H^2 C_H^2}} R_B^2 \quad (1.2)$$

где Z_H - сопротивление наружного слоя кожи в комплексной форме, Ом;
 $\omega = 2\pi f$ - угловая скорость, рад/с;
 f - частота тока, Гц.

Эту схему можно упростить, представив сопротивление тела человека как параллельное соединение сопротивления R_h и емкости C_h , которые назовем соответственно активным сопротивлением и емкостью тела человека (рис. 1.4). При этом

$$R_h = 2R_H + R_B, \text{ а } C_h = 0,5 C_H, \text{ Ом} \quad (1.3)$$

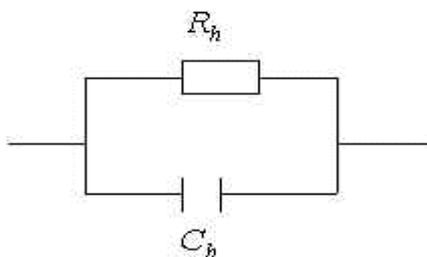


Рисунок 1.4 - Упрощенная схема замещения сопротивления тела человека

В этом случае выражение полного сопротивления тела человека в действительной форме будет, Ом,

$$Z_h = \frac{R_h}{\sqrt{1 + \omega^2 R_h^2 C_h^2}} \quad (1.4)$$

При малой емкости (когда ее можно принять равной нулю) полное сопротивление тела человека оказывается равным сумме активных сопротивлений обоих слоев эпидермиса и внутреннего сопротивления тела, Ом, т. е.

$$z_h = 2R_h + R_g = R_h \quad (1.5)$$

В целом, значение полного сопротивления тела человека зависит от ряда факторов - состояния кожи; от параметров электрической цепи; места приложения электродов к телу человека; значений тока и приложенного напряжения; рода и частоты тока, площади электродов; длительности прохождения тока; физиологических факторов и окружающей среды.

Расчетное электрическое сопротивление тела человека переменному току частотой 50 Гц при анализе опасности поражения человека током принимается равным 1000 Ом.

Путь («петля») тока через тело человека. При расследовании несчастных случаев, связанных с воздействием электрического тока, прежде всего выясняется, по какому пути протекал ток.

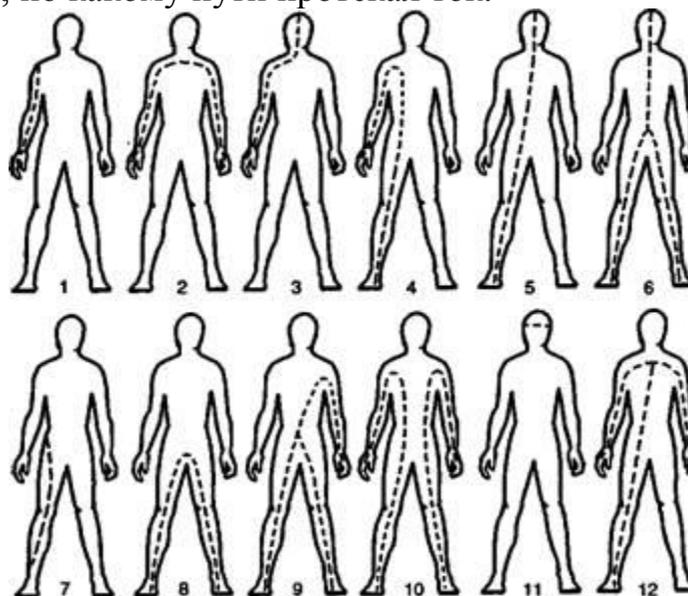


Рисунок 1.5 – Варианты пути тока через тело человека

Человек может коснуться токоведущих частей (или металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением) самыми различными частями тела. Отсюда – многообразие возможных путей тока.

Наиболее вероятными признаны следующие пути:

- «правая рука - ноги» (20 % случаев поражения);
- «левая рука - ноги» (17 %);
- «обе руки - ноги» (12 %);
- «голова - ноги» (5 %);
- «рука - рука» (40 %);
- «нога - нога» (6 %).

Все петли, кроме последней, называются «большими», или «полными» петлями, ток захватывает область сердца и они наиболее опасны. В этих случаях через сердце протекает 8 - 12 % от полного значения тока. Петля «нога - нога» называется «малой», через сердце протекает всего 0,4 % от полного тока. Эта петля возникает, когда человек оказывается в зоне растекания тока, попадая под шаговое напряжение.

Индивидуальные свойства человека и фактор внимания. К ним относятся состояние здоровья, подготовленность к работе с электрической установкой, профессиональные навыки, внимательность и т.д. Поэтому обслуживание электроустановок поручается лицам прошедшим медицинский осмотр, специальное обучение и имеющим допуск к работе.

1.4 Причины поражения электрическим током

Возможны следующие причины поражения электрическим током:

1. *Наведенное напряжение.* Высоковольтные линии передачи переменного тока могут наводить высокое переменное напряжение в проходящих рядом низковольтных линиях электропередачи, линиях связи, любых протяженных проводниках, изолированных от земли. Может возникнуть даже на автомашине.

2. *Остаточное напряжение.* Линия электропередачи имеет большую электрическую емкость. Поэтому если линию отключить от напряжения, некоторое время все равно будет сохраняться разность потенциалов, и одновременное прикосновение к разным проводам приведет к электрическому удару. Однократный разряд линии с помощью заземленного проводника может оказаться недостаточным. Опасное остаточное напряжение может сохраняться в радиоаппаратуре, в составе которой есть конденсаторы с емкостью порядка микрофарад.

3. *Статическое напряжение.* Возникает в результате накопления электрического заряда на изолированном проводящем объекте.

4. *Шаговое напряжение.* Возникает между ногами из-за того, что они находятся на разном расстоянии от упавшего на землю провода.

5. *Повреждение изоляции.* Причины могут быть следующие: заводской брак; старение; климатические воздействия, загрязнение; механическое повреждение, например, инструментом; механический износ, например, на изгибе; преднамеренная порча.

6. *Случайное прикосновение* к токоведущей детали из-за незнания, спешки, действия отвлекающих факторов.

7. *Отсутствие заземления.* В заземленной аппаратуре в случае пробоя изоляции на корпус происходит короткое замыкание и сгорают предохранители.

8. *Замыкание в результате аварии.* Например, сильный ветер или другая причина может вызвать повреждение воздушной линии электропередачи и падение провода на проходящий параллельно воздушный провод радио или телефона, после чего считающийся низковольтным провод оказывается под высоким напряжением.

9. *Несогласованность.* Один индивидуум работает в аппаратуре, другой подает на нее напряжение.

1.5 Растекание тока в земле. Напряжение шага. Напряжение прикосновения

Токоведущие части сети изолированы от земли, но, несмотря на это проводники сети имеют всегда связь с землей. Связь эта – двоякого рода:

1. Изоляция токоведущих частей имеет определенное сопротивление по отношению к земле. Это означает, что через изоляцию проводников в землю протекает ток некоторой величины, который при хорошей изоляции весьма мал. Этот ток называется током утечки (связь первого рода).

2. Связь второго рода образуется емкостью между проводниками сети и землей. Каждый проводник сети и землю можно представить себе как две обкладки протяженного конденсатора. Например, в воздушных линиях проводник и земля – это обкладки конденсатора, а воздух между ними – диэлектрик. В кабельных линиях обкладками конденсатора являются жила кабеля и металлическая оболочка, соединенная с землей, а изоляция – диэлектрик. При переменном напряжении изменение зарядов конденсаторов вызывает возникновение соответствующих переменных токов. Это так называемые емкостные токи. В исправной сети они равномерно распределены по длине проводов и в каждом отдельном участке также замыкаются на землю.

В аварийных ситуациях (обрыв и падение фазного провода на землю, замыкание фазы на корпус заземленного оборудования и т.п.) происходит растекание тока в земле (грунте). На поверхности земли появляется электрический потенциал, величина которого зависит от величины тока замыкания на землю, удельного сопротивления грунта в зоне растекания тока и расстояния от точки замыкания. Ток в цепи замыкания, если человек включился в цепь и ток проходит через его тело, может нанести тяжелое поражение или оказаться для него смертельным. Например, в земле находится одиночный заземлитель, через который протекает ток однофазного замыкания на землю. График зависимости напряжений от расстояния до заземлителя показывает, что напряжения по отношению к земле всех точек, расположенных во все стороны от одиночного заземлителя на расстояниях, примерно больших 20 м, близки к нулю. Это происходит вследствие увеличения, по мере удаления от заземлителя, сечения массива земли, через которое протекает ток замыкания на землю, при одновременном растекании тока в земле. На расстоянии более 20 м от заземлителя сечение массива земли настолько велико, а плотность тока мала, что напряжения между точками земли и удаленными точками практически не обнаруживаются (см. рис. 1.6)

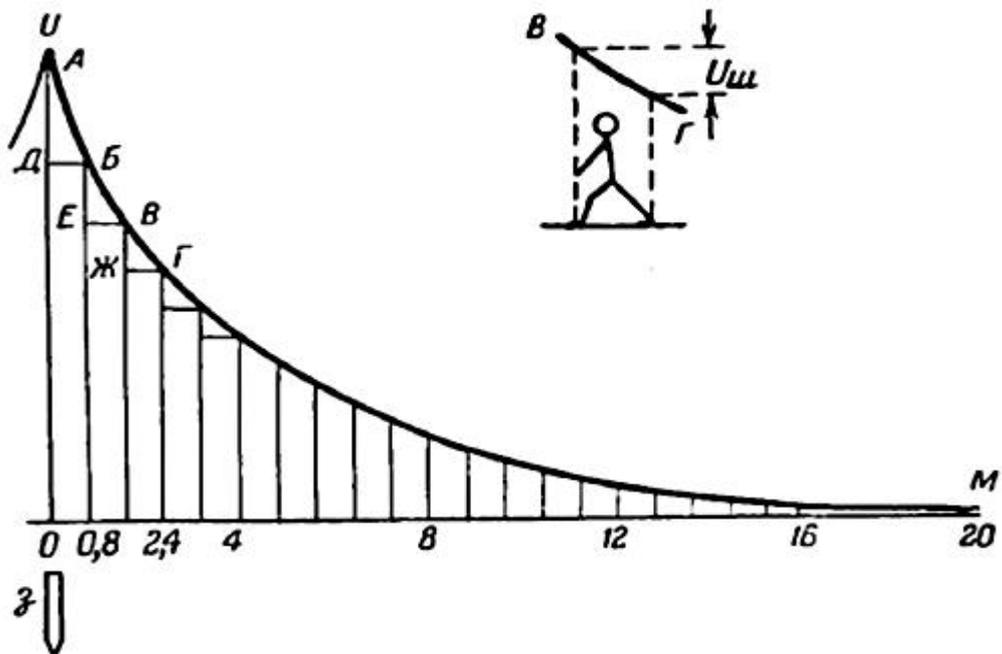


Рисунок 1.6 - Напряжения по отношению к земле на различных расстояниях от заземлителя и напряжения шага

В зоне растекания тока в земле человек может оказаться под разностью потенциалов, например на расстоянии шага. В месте контакта поврежденной фазы с землей (рис.1.7) потенциал на поверхности земли будет наибольшим. На расстоянии 1 м от центра замыкания на землю напряжение составляет 68 % от полного напряжения, а на расстоянии 20 м равно 0. Напряжение, действию которого подвергается человек, называется напряжением шага.

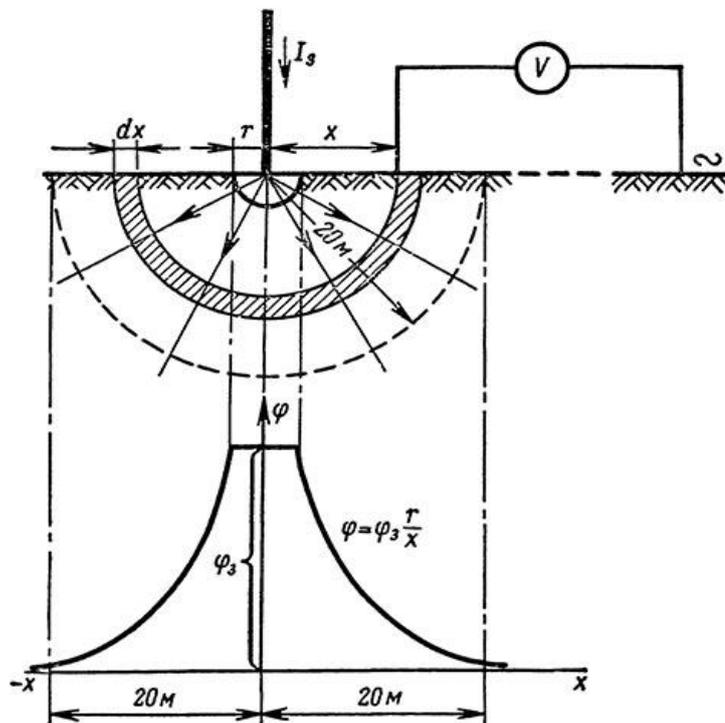


Рисунок 1.7 – Распределение потенциала на поверхности земли вокруг полушарового заземлителя

Напряжением шага называется разность потенциалов точек на поверхности земли, отстоящих одна от другой на расстоянии шага человека (приблизительно равного 0,8 м) в зоне растекания тока.

Следовательно, человек, не касаясь каких-либо частей электроустановок, может оказаться под напряжением, и ток при этом идет от одной ноги человека к другой. Это происходит потому, что удаленные на разные расстояния от провода точки почвы касаются одновременно ног человека и имеют разные потенциалы (рис. 1.7):

$$U_1 = \frac{I\rho}{2\pi x} ; U_2 = \frac{I\rho}{2\pi x(x+a)} , \text{ В} \quad (1.6)$$

Тогда напряжение шага

$$U_{\text{ш}} = U_1 + U_2 = \frac{I[(x+a)-1]}{2\pi x(x+a)} , \text{ В} \quad (1.7)$$

где ρ – удельное сопротивление, Ом·см;

x – расстояние от провода до одной ноги, м;

a – шаг человека, м.

Шаговое напряжение считается безопасным, если $U_{\text{ш}} < 40$ В. Если человек прикасается к корпусу электроприемника с поврежденной изоляцией, то он, в свою очередь, оказывается под напряжением по отношению к земле даже тогда, когда корпус заземлен.

Например, при заземлении двух двигателей на общий одиночный заземлитель при расстоянии между электродвигателями 20 м, на одном из двигателей произошел пробой статорной обмотки на корпус (рис. 1.7). В данном случае корпуса обоих двигателей оказываются под напряжением и вокруг заземлителя R_z на поверхности земли образуется потенциальное поле. При прикосновении к корпусу первого электродвигателя человек оказывается под напряжением, равным разности потенциалов заземлителя φ_1 и точки земли φ_2 , где располагается человек, т.е. напряжением прикосновения.

$$U_{\text{пр}} = \varphi_1 - \varphi_2 , \text{ В} \quad (1.8)$$

Напряжение прикосновения ($U_{\text{пр}}$) это разность потенциалов двух точек электрической цепи, которых одновременно касается человек, т. е. есть разность потенциалов точек прикосновения руки и ног:

$$U_{\text{пр}} = I_h \cdot R_h , \text{ В} \quad (1.9)$$

При касании человека второго двигателя напряжение прикосновения $U_{\text{пр}2} = \varphi_1 - 0 = \varphi_1$. Это наиболее опасный случай прикосновения, так как напряжение достигает максимального значения. Минимальное значение $U_{\text{пр}}$ будет при нахождении человека вблизи электродвигателя 1, максимальное –

при касании двигателя 2 (рис. 1.8).

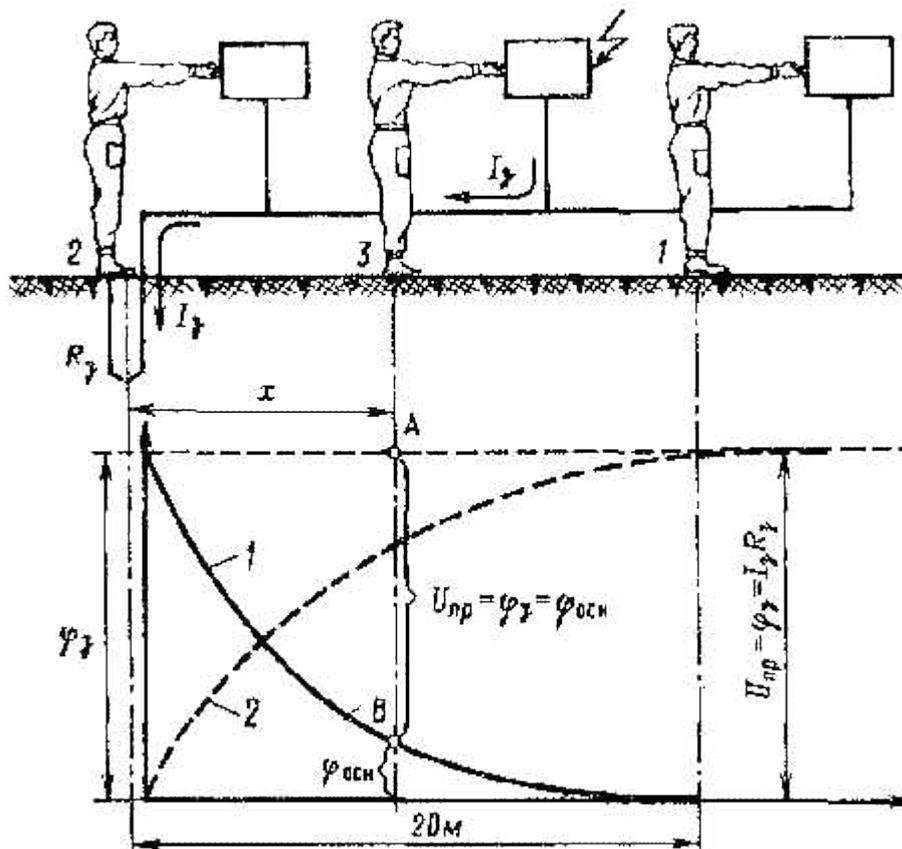


Рисунок 1.8 - Схема определения напряжения прикосновения при заземлении нескольких электродвигателей на одиночный заземлитель

Самым опасным является прикосновение человека к двум различным фазам, находящимся под напряжением. Человек оказывается включенным на полное линейное напряжение в сети и сила тока, проходящего через человека,

$$I_h = \frac{U_{л}}{R_h}, \text{ А} \quad (1.10)$$

где $U_{л}$ – линейное напряжение сети, В;
 R_h – сопротивление тела человека, Ом.

В этом случае при всех напряжениях в сети сила тока $I_h > 0,01 \text{ А}$, значительно больше удерживающего тока.

При этом в считанные доли, происходит пробой кожного покрова и по телу человека замыкается электрическая цепь. Особо опасно прохождение тока рядом с жизненно важными органами: сердце, грудная клетка, печень и так далее, что может вызвать фибрилляцию сердца, потерю сознания и привести к летальному исходу (см. рис. 1.9).

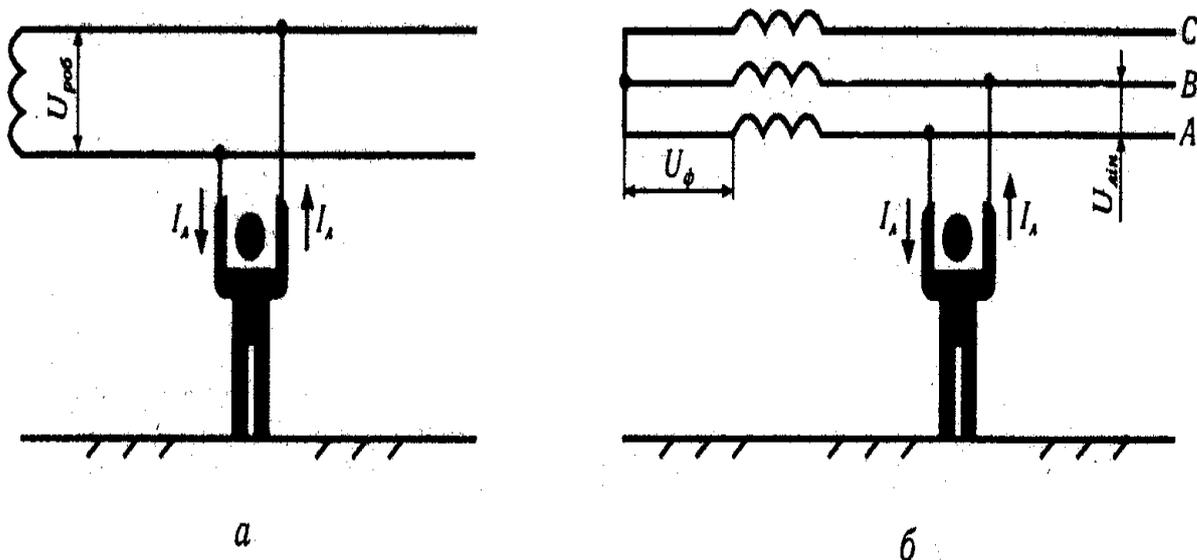


Рисунок 1.9 – Схема двухфазного включения: а – сети постоянного и однофазного тока; б - сети трехфазного тока

При двухфазном прикосновении ток, проходящий через человека, практически не зависит от режима нейтрали сети. Следовательно, двухфазное прикосновение является одинаково опасным как в сети с изолированной, так и с заземленной нейтралью (при равенстве линейных напряжений этих сетей).

При одновременном соприкосновении человека с линейным и нулевым проводом имеет место однофазное включение. Опасность поражения током в этом случае, по сравнению с линейным, в 1,73 меньше и определяется уравнением

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h} = \frac{U_\phi}{\sqrt{3}R_h}, \text{ А} \quad (1.11)$$

Первый и второй случаи еще очень опасны и потому, что ток проходит по кратчайшему пути через руки и жизненно важные органы человека, парализуя их работу. Следует отметить, что прикосновение человека двумя руками к разным проводам происходит редко, чаще одной рукой, т. е. при однофазном включении.

При однополюсном прикосновении к двухпроводной сети величина тока, проходящего через человека,

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + R_n + R_{об}}, \text{ А} \quad (1.12)$$

где R_n – сопротивление изоляции пола, Ом;
 $R_{об}$ – сопротивление изоляции обуви, Ом.

При однофазном (однополюсном) прикосновении в сети с глухозаземленной нейтралью через тело человека пройдет ток.

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + R_o + R_n + R_{o\phi}}, \text{ А} \quad (1.13)$$

где R_o - сопротивление заземления нейтрали, Ом

Сопротивление заземления нейтрали ничтожно мало и им можно пренебречь $R_o = 0$, поэтому,

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + R_{o\phi} + R_n}, \text{ А} \quad (1.14)$$

т.к. U_ϕ меньше U_l в $\sqrt{3}$, то величина тока поражения будет значительно меньше, чем при двухфазном включении и зависит от величины сопротивления пола и обуви.

При однофазном включении человека в трехфазную сеть с изолированной нейтралью величина тока, проходящего через человека, будет меньше, чем при аналогичном включении в сети с глухозаземленной нейтралью (при исправной сети). Это связано с тем, что добавляется сопротивление изоляции ($R_A; R_B; R_C$) и емкости ($C_A; C_B; C_C$) фаз.

Если пренебречь емкостным сопротивлением, т.е. $C_A = C_B = C_C = 0$, то

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + R_{o\phi} + R_n + \frac{R_u}{3}}, \text{ А} \quad (1.15)$$

Где R_u – сопротивление изоляции одной фазы, Ом, $R_U = R_A = R_B = R_C$
а при $R_n = R_{o\phi} = 0$

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + \frac{R_u}{3}}, \text{ А} \quad (1.16)$$

В случае заземления нейтрали через человека пройдет меньший ток, т.к. сила тока существенно зависит от состояния изоляции, подбора полов в помещениях, где установлена электроаппаратура, спецобуви и так далее. Например, сухие полы имеют сопротивление до $1 \cdot 10^6$ Ом•м.

Не учтенные влияния сопротивления пола помещения и обуви могут привести к несчастному случаю.

Из сравнения приведенных выше формул видно, что ток, проходящий через человека, будет меньше, так как при однофазном включении ток не проходит через жизненно важные органы.

Выше рассмотрены условия поражения человека при нормальной работе электросети. В случае аварийных режимов (замыкания корпуса или одной из фаз на землю) ток, которой проходит через тело человека при соприкосновении с исправной фазой определяется

$$I_h = \frac{U_l}{R_h + R_k}, \text{ А} \quad (1.17)$$

где R_k – сопротивление короткого замыкания, Ом

R_k – весьма мало и им можно пренебречь, тогда ток поражения

$$I_h = \frac{U_{\text{л}}}{R_h}, \text{ А} \quad (1.18)$$

т.е. ток поражения равен, практически току поражения при двухфазном включении в электрическую цепь, что очень опасно для человека.

В сетях с глухозаземленной нейтралью срабатывает защита при возникновении короткого замыкания.

Поэтому, можно сделать следующие выводы:

- в условиях малой протяженности сети и сохранения постоянного высокого сопротивления изоляции, малой вероятности замыкания на землю (при наличии автоматического контроля изоляции на землю) - сети с изолированной нейтралью менее опасны, чем с глухозаземленной;

- в условиях разветвленной сети с глухозаземленной нейтралью большой протяженности, когда нет возможности поддерживать постоянно высокий уровень изоляции сети, а при большом количестве потребителей не исключено возникновение замыкания на корпус - сети с глухозаземленной нейтралью имеют преимущество, заключающееся в отсутствии влияния сопротивления сети относительно земли (активного емкостного) на ток поражения и автоматическом отключении участка с поврежденной изоляцией при замыкании на корпус.

2 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

2.1 Основные принципы защиты от поражения электрическим током

Все существующие электротехнические меры по принципу их выполнения можно разделить на три основные группы:

- обеспечение недоступности для человека токоведущих частей электрооборудования;
- снижение возможного значения тока через тело человека до безопасного значения;
- ограничение времени воздействия электрического тока на организм человека.

Результат действия электрического тока — поражение человека является величиной случайной и определяется целым рядом факторов. Важнейшими из них являются факторы, определяющие состояние оборудования (исправное/неисправное) и человека (прямое/косвенное прикосновение, переходное, внутреннее сопротивление тела человека).

Поражение человека происходит при совпадении двух факторов $P(A)$ и $P(B)$.

$P(A)$ - вероятность того, что при прикосновении к электроустановке человек попадет под электрическое напряжение.

$P(B)$ - вероятность того, что количество электричества (т.е. ток и длительность его протекания), проходящее через тело человека, превысит допустимое значение.

Фактор $P(B)$ зависит от фактора $P(A)$, поэтому вероятность поражения электрическим током Ph определяется выражением:

$$Ph = P(B/A) P(A) \quad (2.1)$$

$P(A)$, в свою очередь, можно определить как:

$$P(A) = P(C) P(D) \quad (2.2)$$

где $P(C)$ - вероятность прикосновения человека к проводящим частям электроустановки;

$P(D)$ - вероятность появления на проводящих частях электроустановки напряжения.

Таким образом, вероятность поражения определяется выражением:

$$Ph = P(C) P(D) P(B/A) \quad (2.3)$$

Защитные меры, в зависимости от того, на какой из трех сомножителей выражения, определяющего вероятность поражения Ph , они влияют

(уменьшают), делятся на следующие:

Организационные меры защиты (для квалифицированного персонала), определяющие $P(C)$:

- оформление работ нарядом-допуском, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- подготовка рабочих мест и допуск к работе;
- надзор во время выполнения работы;
- оформление перерывов и переводов на новое рабочее место по окончании работ.

Организационно-технические меры, определяющие $P(D)$:

- изоляция и ограждение токоведущих частей электрооборудования,
- применение блокировок, режимов работы сети, защитных средств, предупредительных плакатов, сигнализации, изоляции, изолирования рабочего места, переносных заземлителей и др.

Технические меры защиты, определяющие $P(B/A)$:

1. Защитное заземление. 2. Автоматическое отключение питания (защитное зануление, защитное отключение). 3. Уравнивание потенциалов; 4. Выравнивание потенциалов. 5. Двойная изоляция, изолирование рабочего места. 6. Сверхнизкое (малое) напряжение. 7. Защитное электрическое разделение сетей. 8. Контроль, профилактика изоляции, обнаружение ее повреждений, защита от замыканий на землю. 9. Защита от перехода напряжения с высшей стороны на низшую. 10. Грозозащита.

Каждая из перечисленных технических мер защиты представляет собой комплекс нормативных технических документов.

В стандарте ГОСТ Р МЭК 61140-2000 «Защита от поражения электрическим током. Общие положения по безопасности, обеспечиваемой электрооборудованием и электроустановками в их взаимосвязи» основное правило защиты от поражения электрическим током сформулировано следующим образом. *Опасные токоведущие части не должны быть доступными, доступные проводящие части не должны быть опасными:*

- в нормальных условиях;
- при наличии неисправности.

Указанный ГОСТ (п.6) подразделяет типовые меры защиты на следующие категории:

1. Защита с помощью автоматического отключения источника питания. Защитная мера, при которой: основная защита обеспечивается основной изоляцией между опасными токоведущими открытыми проводящими частями, и защита в условиях неисправности обеспечивается автоматическим отключением источника питания.

2. Защита с помощью двойной или усиленной изоляции. Защитная мера, при которой: основная защита обеспечивается основной изоляцией опасных токоведущих частей, и защита при наличии неисправности обеспечивается

дополнительной изоляцией, или основная защита и защита при наличии неисправности обеспечиваются усиленной изоляцией опасными токоведущими частями и доступными частями (проводящими частями и поверхностями изоляционного материала).

3. *Защита с помощью выравнивания потенциалов.* Защитная мера, при которой: основная защита обеспечивается с помощью основной изоляции между опасными токоведущими частями и открытыми проводящими частями, и защита при наличии неисправности обеспечивается с помощью системы выравнивания потенциалов, обеспечивающей защиту и препятствующей возникновению опасных напряжений между одновременно доступными открытыми и сторонними проводящими частями.

4. *Защита с помощью электрического разделения цепей.* Защитная мера, при которой: основная защита обеспечивается с помощью основной изоляции между опасными токоведущими частями и открытыми проводящими частями отделенной цепи, и защита в условиях неисправности обеспечивается: простым отделением цепи от других цепей и заземления, и с помощью выравнивания потенциалов без осуществления заземления и межсоединения проводящих частей отделяемой цепи в случае, когда к отделяемой цепи подсоединены несколько электрооборудования. Не допускается преднамеренное соединение открытых проводящих частей с нулевым защитным заземляющим проводником.

5. *Защита с помощью нетокопроводящей среды.* Защитная мера, при которой: основная защита обеспечивается с помощью основной изоляции между опасными токоведущими частями и открытыми проводящими частями, и защита в условиях неисправности обеспечивается с помощью нетокопроводящей среды.

6. *Защита с помощью системы БСНН (SELV — Safety extra-low voltage — рис. 2.1).* БСНН — система безопасного сверхнизкого напряжения. Защитная мера, при которой защита обеспечивается: за счет ограничения напряжения в цепи (система БСНН), PELV), и простое отделение системы БСНН от других систем БСНН, систем ЗСНН и от заземления. Не допускается преднамеренное соединение открытых проводящих частей с нулевым защитным (РЕ) или заземляющим проводником. В специальных помещениях, где требуется система БСНН и используется защитное экранирование, защитный экран должен быть отделен от каждой соседней цепи с помощью основной изоляции, рассчитанной на самое высокое из имеющихся напряжений.

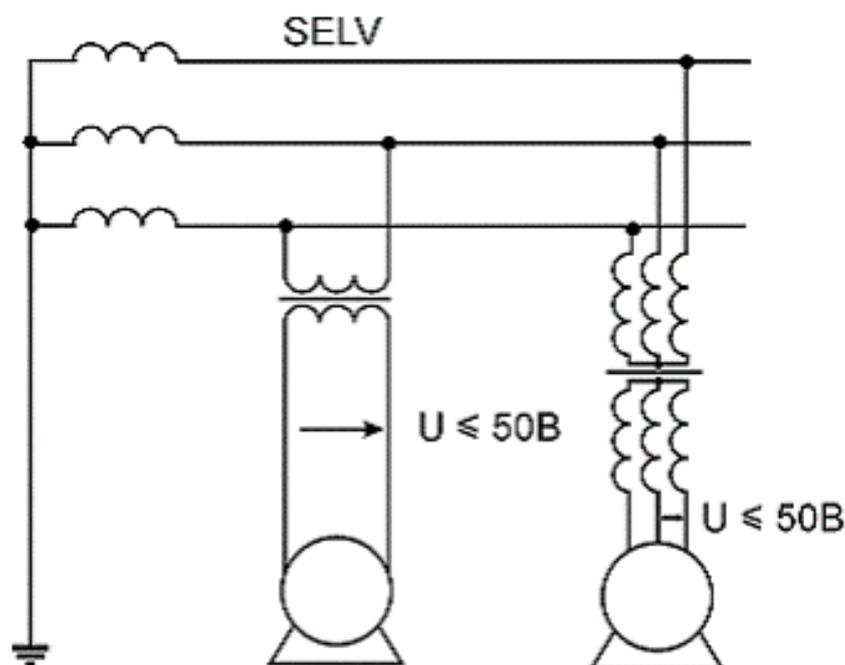


Рисунок 2.1 - Защита с помощью системы БСНН

По ГОСТ Р 50571.3-2009 «Электроустановки низковольтные. Часть 4-41. Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током» система БСНН (SELV) — защитная мера, которая предусматривает следующее [22]:

- основная защита осуществляется путем ограничения напряжения в цепи БСНН до сверхнизкого значения, отделением цепей системы БСНН от всех других цепей;
- дополнительная защита состоит в том, что отделение цепей системы БСНН от других цепей является защитным разделением: цепи системы БСНН отделены от земли;
- преднамеренное присоединение открытых проводящих частей к защитному проводнику не допускается.

7. *Защита с помощью системы ЗСНН.* ЗСНН — заземленная система безопасного сверхнизкого напряжения (см. рис. 2.2). Защитная мера, при которой защита обеспечивается за счет: ограничения напряжения в цепи, которая может быть заземлена и (или) открытые проводящие части которой могут быть заземлены (система ЗСНН), и защитного отделения системы ЗСНН от всех цепей, помимо БСНН и ЗСНН.

Система ЗСНН (PELV — Protection extra-low voltage — рис. 3.2) — защитная мера, которая предусматривает следующее:

- основная защита осуществляется путем ограничения напряжения в заземленной цепи системы ЗСНН до сверхнизкого значения, разделением цепи системы ЗСНН от всех других цепей;
- дополнительная защита состоит в том, что разделение цепи системы от других цепей является защитным разделением;

- допускается присоединение открытых проводящих частей электрооборудования (кроме электрооборудования класса III) к защитному или заземляющему проводнику, если это предусматривается соответствующим стандартом на изделие.

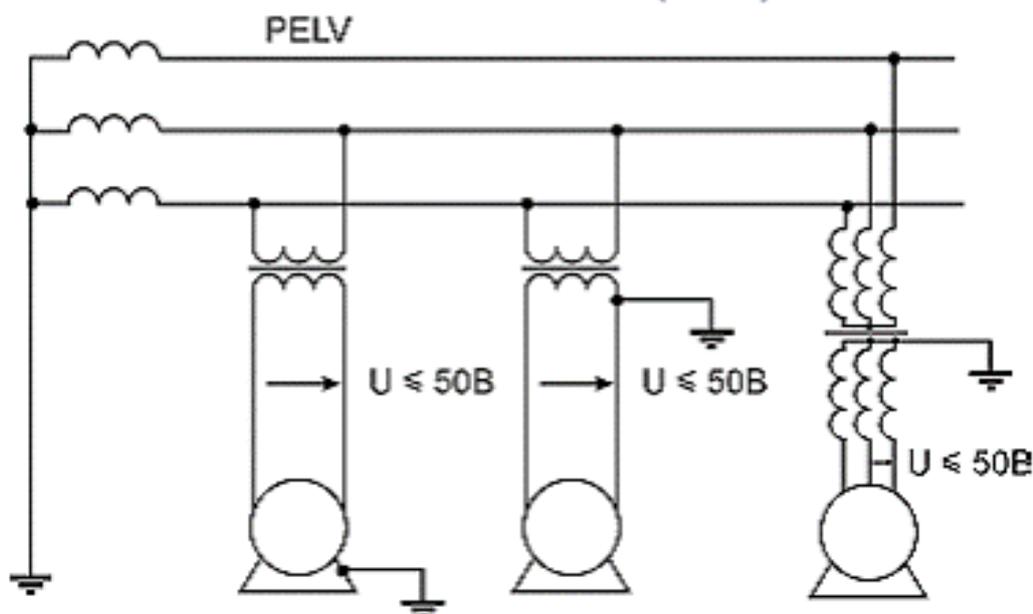


Рисунок 2.2 - Защита с помощью системы ЗСНН

8. *Защитное отключение* согласно классификации по ГОСТ Р МЭК 61140-2000 «Защита от поражения электрическим током. Общие положения по безопасности, обеспечиваемой электрооборудованием и электроустановками в их взаимосвязи» относится к категории мер защиты: «Защита с помощью автоматического отключения источника питания» и осуществляет защиту человека от поражения в условиях неисправности электроустановки - повреждении или пробое изоляции электроустановки на корпус.

Современная система электробезопасности должна обеспечивать защиту человека от поражения в двух наиболее вероятных и опасных случаях:

- при прямом прикосновении к токоведущим частям электрооборудования;
- при косвенном прикосновении.

| Классификация мер защиты от поражения электрическим током | |
|--|---|
| 1 | Недоступность токоведущих частей для прикосновения человека |
| | 1.1 Ограждение токоведущих частей |
| | 1.2 Изоляция токоведущих частей |
| | 1.3 Размещение токоведущих частей на не доступной для прикосновения высоте |
| 2 | Защитные средства, применяемые в электроустановках |
| | 2.1 Изолирующие |
| | 2.2 Ограждающие |
| | 2.3 Предохранительные |
| | 2.4 Организационно технические |
| 3 | Защитное заземление |
| 4 | Защитное зануление |
| 5 | Автоматическое отключение |
| 6 | Пониженное напряжение |

Рисунок 2.3 - Классификация основных мер защиты человека от поражения электрическим током

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.

Прямое прикосновение - это непосредственное прикосновение к токоведущим частям при:

- отсутствию или нарушении изоляции токоведущих частей,
- отсутствию ограждений и оболочек, барьеров,
- размещение оборудования в зоне досягаемости.

Дополнительная защита от электропоражения при прямом прикосновении достигается путем применения устройств защитного отключения.

Для защиты людей от случайного прикосновения к токоведущим частям применяются следующие способы и средства:

- защитные оболочки;
- защитные ограждения (временные или стационарные);
- безопасное расположение токоведущих частей;
- изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная);
- изоляция рабочего места;
- малое напряжение;
- защитное отключение;
- предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности.

Защита людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, осуществляется путем использования следующих способов:

- защитное заземление;
- зануление;
- выравнивание потенциала;
- система защитных проводов;
- защитное отключение;
- изоляция нетоковедущих частей;
- электрическое разделение сети;
- малое напряжение;
- контроль изоляции;
- средства индивидуальной защиты.

Указанные выше способы и средства защиты от поражения электротоком могут применяться отдельно и в сочетании друг с другом. При этом должна быть обеспечена оптимальная защита. Одной из наиболее распространенных защитных мер в электроустановках является заземление.

2.2 Классификация помещений (условий работ) по опасности поражения электрическим током

Существенное влияние на электробезопасность оказывает окружающая среда производственных помещений. В отношении опасности поражения электрическим током ПУЭ различают:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

2. Помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

а) сырости (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %) или токопроводящей пыли (оседающей на проводах, проникающей внутрь машин, аппаратов и т.п.);

б) токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.);

в) высокой температуры (длительно превышает +35 °С);

г) возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землёй металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

3. Особо опасные помещения, характеризующиеся наличием следующих условий, создающих особую опасность

а) особой сырости (относительная влажность близка к 100 %; потолок, стены, пол, предметы покрыты влагой);

б) химически активной или органической среды (длительно содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части);

в) одновременно двух или более условий повышенной опасности.

4 Территории размещения наружных электроустановок (на открытом воздухе, под навесом, за сетчатыми ограждениями) - приравниваются к особо опасным помещениям;

5. В ряде нормативных документов выделяются в отдельную группу работы в особо неблагоприятных условиях (в сосудах, аппаратах, котлах и др. металлических ёмкостях с ограниченной возможностью перемещения и выхода оператора) Опасность электропоражения, а значит, и требования безопасности в этих условиях выше, чем в особо опасных помещениях.

Условия производства работ предъявляют определенные требования к питанию таких потребителей, как электроинструмент, светильники местного освещения, переносные светильники. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных они должны питаться от напряжения не более 50 В, в особо неблагоприятных условиях - не более 12 В [11].

3 ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ

По своему функциональному назначению заземление делится на три вида - *рабочее, защитное, заземление молниезащиты*.

К *рабочему заземлению* относится заземление нейтралей силовых трансформаторов и генераторов, глухое или через дугогасящий реактор.

Защитное заземление выполняется для обеспечения безопасности, в первую очередь, людей.

Заземление молниезащиты служит для отвода тока молнии в землю от защитных разрядников и молниеотводов (стержневых или тросовых).

Защитное заземление должны выполнять свое назначение в течение всего года, тогда как заземление, молниезащиты - лишь в грозовой период.

3.1 Общие теоретические сведения о защитном заземлении

В различных частях электрических установок возможны пробой изоляции и замыкания на металлические корпуса двигателей, пускателей, светильников, оболочек кабелей, стальных труб проводки и т.п.

Вследствие этого металлические нетоковедущие части оборудования, не находящиеся под напряжением могут оказаться под током и представлять опасность в случае прикосновения к ним людей. Средством защиты от поражения током при переходе напряжения на нетоковедущие части электроустановок 3 (см. рис. 3.1) является защитное заземление [17].

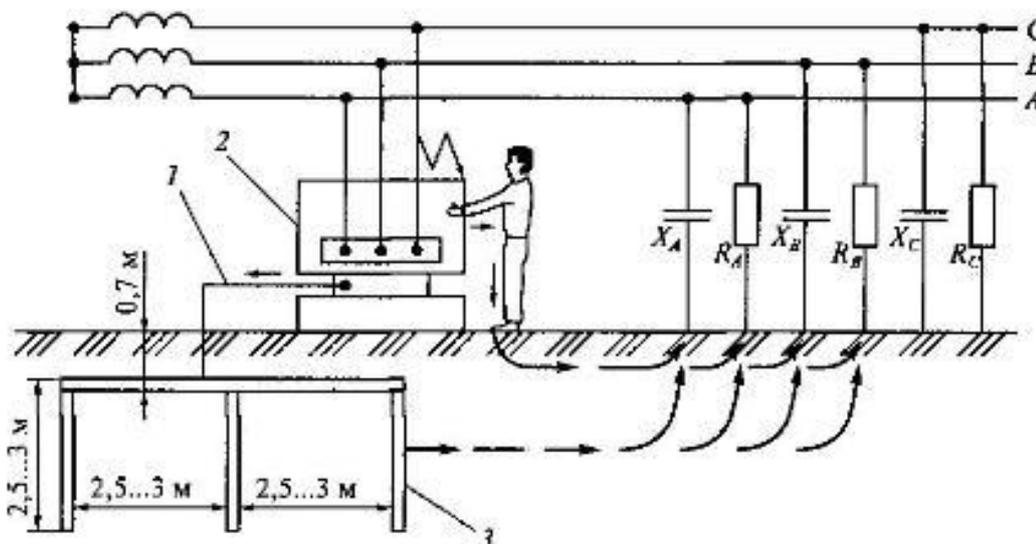


Рисунок 3.1 - Схема защитного заземления

Защитное заземление – это заземление частей электроустановок с целью обеспечения электробезопасности. Защитное заземление применяют в электроустановках до 1 кВ переменного тока с изолированной нейтралью в трёхфазных трёхпроводных сетях с изолированным выводом однофазного тока, а также в электроустановках постоянного тока с изолированной средней

точкой при повышенных требованиях безопасности (сырые помещения, передвижные установки, торфяные разработки, подземные работы и др.). В таких электроустановках применяют защитное заземление в сочетании с контролем изоляции сети и защитным отключением. Питание электроустановок в таких условиях рекомендуют выполнять короткими кабельными или воздушными линиями, для которых емкостные токи незначительны. В соответствии с «Правилами устройств электроустановок» сопротивление заземляющего устройства (совокупность заземлителя и заземляющих проводников) должно быть [11]:

- в установках до 1000 В с изолированной нейтралью - 4 Ом. При номинальных мощностях трансформаторов 100 кВА и менее - не более 10 Ом;

- в установках до 1000 В с глухозаземленной нейтралью выполняется рабочее заземление - 2, 4 и 8 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В.

Защитное заземление следует отличать от других видов заземления, например, *рабочего заземления* и *заземления молниезащиты*.

Рабочее заземление — преднамеренное соединение с землей отдельных точек электрической цепи, например нейтральных точек обмоток генераторов, силовых и измерительных трансформаторов, дугогасящих аппаратов, реакторов поперечной компенсации в дальних линиях электропередачи, а также фазы при использовании земли в качестве фазного или обратного провода. Рабочее заземление предназначено для обеспечения надлежащей работы электроустановки в нормальных или аварийных условиях и осуществляется непосредственно (т. е. путем соединения проводником заземляемых частей с заземлителем) или через специальные аппараты — пробивные предохранители, разрядники, резисторы и т. п.

Заземление молниезащиты — преднамеренное соединение с землей молниеприемников и разрядников в целях отвода от них токов молнии в землю.

Функции **защитного заземления**:

1. Посредством защитного заземления ток замыкания перераспределяется между заземляющим устройством и человеком обратно пропорционально их сопротивлениям.

2. Поскольку сопротивление тела человека в сотни раз превышает величину сопротивления растеканию тока заземляющего устройства, через тело человека, прикоснувшегося к поврежденному заземленному оборудованию, пройдет ток, не превышающий предельно допустимого значения (10 мА), а основная часть тока уйдет в землю через контур заземления. При этом напряжение прикосновения на корпусе оборудования не превысит 42 В.

Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

В зависимости от места размещения заземлителя относительно

заземляемого оборудования различают два типа заземляющих устройств: выносное и контурное.

Выносное заземляющее устройство (рис. 3.2) характеризуется тем, что заземлитель вынесен за пределы площадки, на которой размещено заземляемое оборудование, или сосредоточен на некоторой части этой площадки. Поэтому выносное заземляющее устройство называют также сосредоточенным.

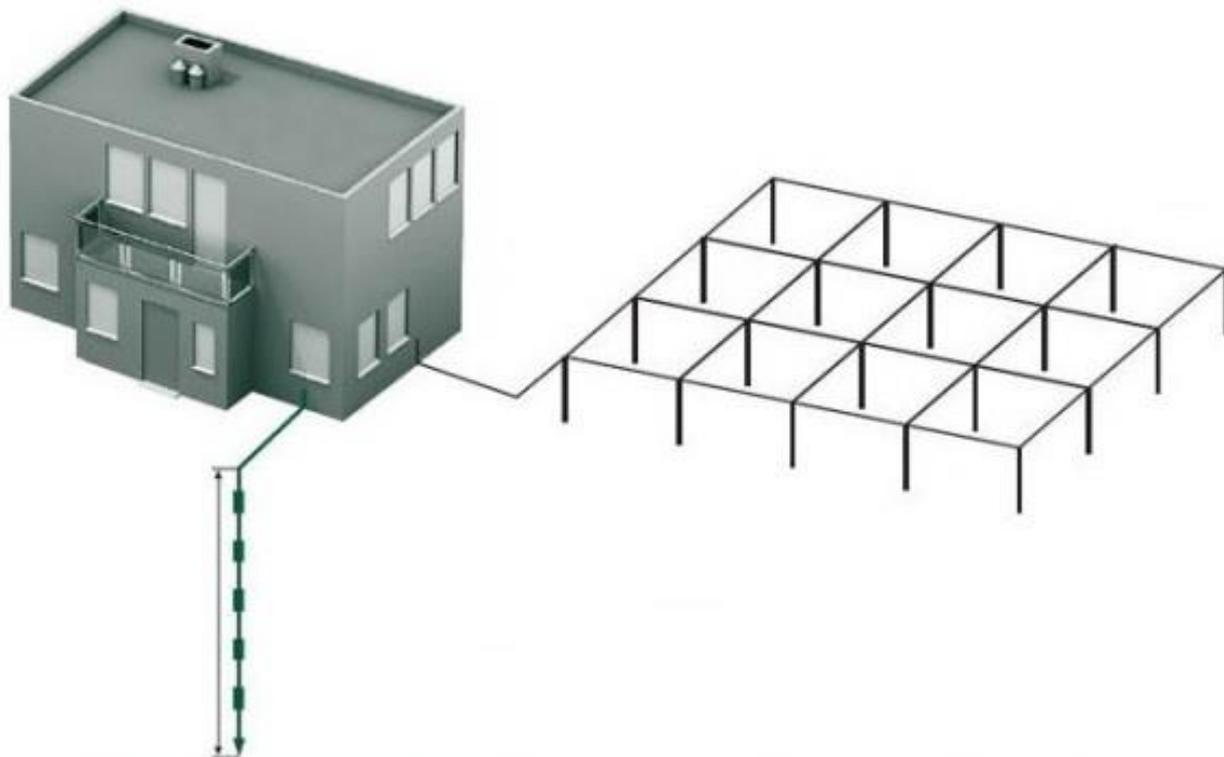


Рисунок 3.2 - Выносное заземляющее устройство

Существенный недостаток выносного заземляющего устройства – отдаленность заземлителя от защищаемого оборудования, вследствие чего на всей или на части защищаемой территории коэффициент прикосновения $a_1=1$. Поэтому заземляющие устройства этого типа применяются лишь при малых токах замыкания на землю, в частности в установках до 1000 В, где потенциал заземлителя не превышает значения допустимого напряжения прикосновения $U_{пр.доп}$ (с учетом коэффициента напряжения прикосновения, учитывающего падение напряжения в сопротивлении растеканию основания, на котором стоит человек, a_2):

$$\varphi_3 = I_3 r_3 \leq \frac{U_{пр.доп}}{a_2}, \quad (3.1)$$

где I_3 – ток, стекающий в землю через заземляющее устройство;

r_3 – сопротивление растеканию тока заземляющего устройства.

Кроме того, при большом расстоянии до заземлителя может значительно возрасти сопротивление заземляющего устройства в целом за счет сопротивления заземляющего проводника.

Достоинством выносного заземляющего устройства является возможность выбора места размещения электродов заземлителя с наименьшим сопротивлением грунта (сырой, глинистый, в низинах и т. п.).

Необходимость в устройстве выносного заземления может возникнуть в следующих случаях:

при невозможности по каким-либо причинам разместить заземлитель на защищаемой территории;

при высоком сопротивлении земли на данной территории (например, песчаный или скалистый грунт) и наличии вне этой территории мест со значительно лучшей проводимостью земли;

при рассредоточенном расположении заземляемого оборудования (например, в горных выработках) и т. п.

Контурное заземляющее устройство (рис. 3.3) характеризуется тем, что электроды его заземлителя размещаются по контуру (периметру) площадки, на которой находится заземляемое оборудование, а также внутри этой площадки. Часто электроды распределяются на площадке по возможности равномерно, и поэтому контурное заземляющее устройство называется также распределенным.

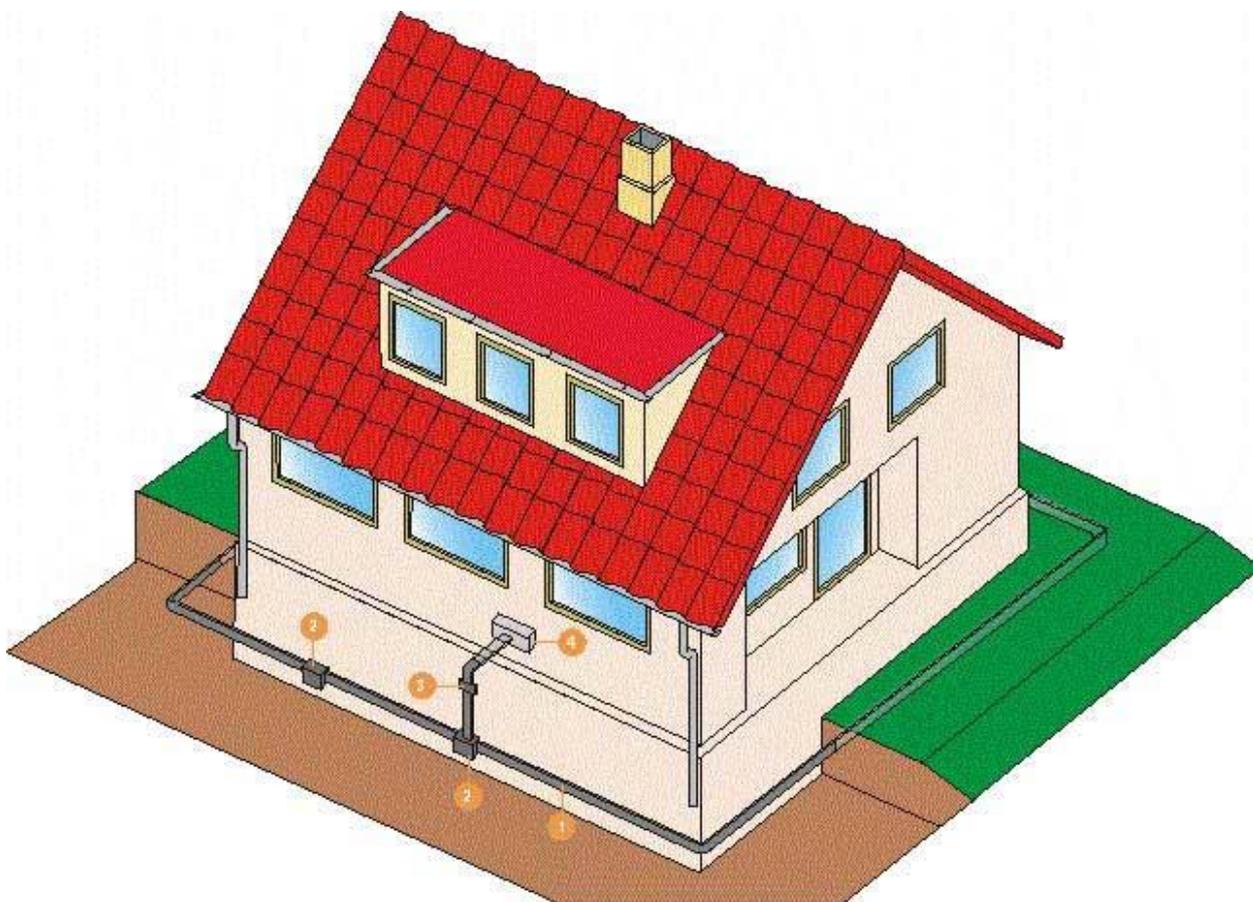


Рисунок 3.3 - Контурное заземляющее устройство

Безопасность при распределенном заземляющем устройстве может быть обеспечена не только уменьшением потенциала заземлителя, но и

выравниванием потенциалов на защищаемой территории до таких значений, чтобы максимальные напряжения прикосновения и шага не превышали допустимых. Это достигается за счет соответствующего размещения одиночных заземлителей на защищаемой территории.

Контур заземления выполняют из стальных стержней, уголков, некондиционных труб и др. В траншее глубиной до 0,7 м вертикально забиваются стержни (трубы, уголки и др.), а выступающие из земли верхние концы соединяются сваркой внахлест стальной полосой или прутком.

При этом необходимо соблюдать следующие условия:

1. Сечение соединительной полосы, ее толщина, минимальный диаметр прутка, минимальная толщина стенки уголка - определяются в соответствии с техническим циркуляром.

2. Длина стержня должна быть не менее 1,5...2 м, чтобы достичь незамерзающего слоя почвы.

3. Расстояние между соседними стержнями рекомендуется выбирать равным длине стержня (если иное не предусмотрено условиями эксплуатации).

Стержни можно располагать в ряд или в виде какой-либо геометрической фигуры (квадрата, прямоугольника) в зависимости от удобства монтажа и используемой площади. Совокупность стержней, соединенных между собой полосой, образует контур заземления. В помещении контур заземления приваривается к корпусу силового щита и к заземляющей магистрали (шине заземления), которая проходит вдоль стен здания. На практике часто используются естественные заземлители (части коммуникаций, зданий и сооружений производственного или иного назначения), находящиеся в соприкосновении с землей.

В качестве искусственных заземлителей применяют стальные уголки, забиваемые в землю вертикально, или стальные некондиционные трубы, толщина стенок не менее 3,5 мм и длина 2,5 – 3 м. Их забивают вертикально в землю на расстоянии 2,5 – 3 м друг от друга и более. Диаметр трубы не оказывает особого влияния на величину сопротивления растеканию; чаще всего берут трубы с наружным диаметром 6 см (рис. 3.3)

Широкое применение находят углубленные прутковые заземлители из круглой стали диаметром 12 – 14 мм, длиной до 5 м и более, ввертываемые в грунт с помощью электрифицированного ручного заглубителя. При использовании углубленных прутковых заземлителей снижают расход металла и затраты труда по устройству заземления.

Прутковые заземлители, а также отрезки стальных уголков, используемые для заземления, наиболее выгодны, так как с их помощью можно достичь более глубоких слоев земли при значительно меньшем объеме земляных работ. Глубокая же закладка необходима для создания контакта со слоями почвы, не подверженными промерзанию или высыханию. Для связи уголков и труб между собой применяют стальные полосы (ленты). Толщина их должна быть не менее 4 мм, а площадь

поперечного сечения не менее 48 мм² для установок до 1000 В и 100 мм² - для установок выше 1000 В. Наименьшие размеры заземлителей и заземляющих проводников приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 - Наименьшие размеры стальных заземлителей и заземляющих проводников

| Наименование и форма | В зданиях | В наружных установках | В земле |
|---|-----------|-----------------------|---------|
| Круглые диаметром, мм | 5 | 6 | 10 |
| Прямоугольные: | | | |
| Сечение, мм ² | 24 | 48 | 100 |
| Толщина, мм | 3 | 4 | 4 |
| Угловая сталь, толщина полок, мм | 2 | 2,5 | 4 |
| Газопроводные трубы, толщина стенок, мм | 2,5 | 2,5 | 2,5 |

3.2 Системы заземления

Понятие «система заземления» впервые появилось в нормативной документации в связи с вводом в действие новой серии стандартов по электроустановкам зданий ГОСТ Р 50571.2. Тип заземления системы – понятие, определяющее взаимоотношение заземления разных элементов электрической системы, состоящей из источника питания, линии электропередачи и электроустановки здания (потребителя). В зависимости от построения связи открытых проводящих частей электроустановки здания с заземленными частями источника питания в сетях переменного тока вместо давно привычных с глухозаземленной и изолированной нейтралью, появилось пять систем: TN-C, TN-S, TN-C-S, TT и IT [11].

К элементам распределительной электрической сети устанавливаются следующие требования:

- к источнику питания - наличие или отсутствие связи одной из его токоведущих частей с землей;
- к линии электропередачи - особенности использования нулевых защитных и нулевых рабочих проводников.

К электроустановкам зданий этой характеристикой устанавливаются требования к выполнению заземления открытых проводящих частей, а также характера их соединения с заземленной токоведущей частью источника питания. Таким образом, понятие «тип заземления системы» является комплексной характеристикой, которая в общем случае устанавливает взаимосвязь заземления источника питания распределительной сети и открытых проводящих частей электроустановки здания, определяя характер связи между заземленной нейтралью источника питания и открытыми проводящими частями электроустановки здания (рис. 3.4).

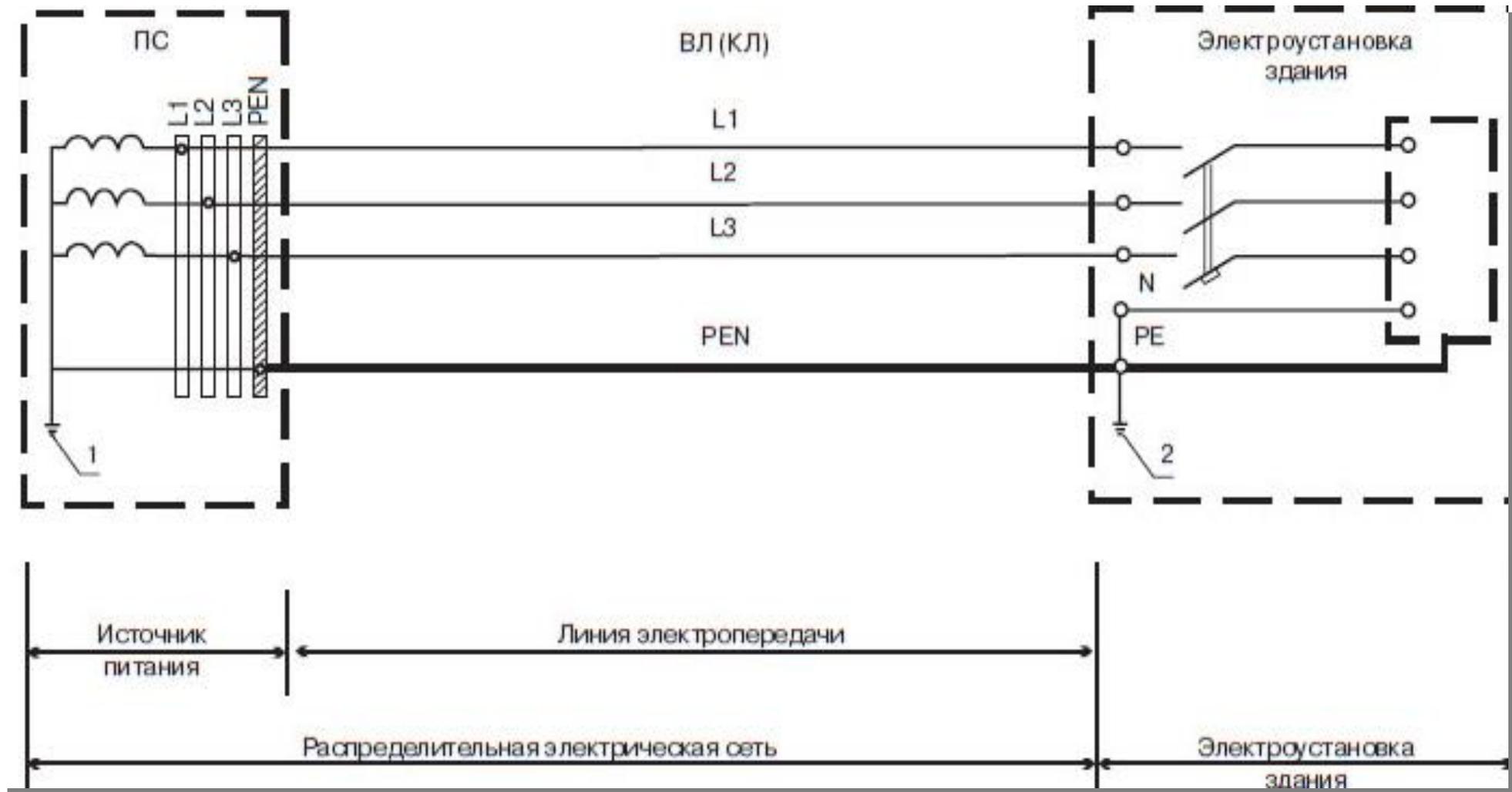


Рисунок 3.4 - Общий вид системы распределения электрической энергии:
 1- заземление источника питания; 2 - защитное заземление электроустановки зданий

Первая буква в обозначении типа заземления системы устанавливает характер заземления токоведущих частей источника питания:

T – одна из токоведущих частей источника питания, обычно нейтраль, заземлена;

I – все токоведущие части источника питания изолированы от земли, или одна из токоведущих частей заземлена через сопротивление.

Вторая буква определяет характер заземления открытых проводящих частей электроустановки здания, а также указывает на наличие связи между открытыми проводящими частями электроустановки здания и заземленной нейтралью источника питания:

T – открытые проводящие части электроустановки здания заземлены, независимо от заземления нейтрали источника питания;

N – открытые проводящие части электроустановки здания имеют непосредственное соединение с заземленной нейтралью источника питания.

Последующие (за N) буквы определяют, как в системе, объединяющей распределитель и электроустановку здания, выполняется устройство нулевых защитных и нулевых рабочих проводников:

S – функции нулевого защитного (PE) и нулевого рабочего (N) проводников обеспечиваются отдельными проводниками во всей системе (от заземленной токоведущей части источника питания до открытых проводящих частей);

C – функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников во всей системе обеспечиваются одним общим проводником (PEN-проводником);

C-S – в головной части системы (от источника питания) функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников выполняются PEN-проводником, а в электроустановке здания используются отдельно два проводника – нулевой защитный и нулевой рабочий.

Тип заземления системы TN-C.

При типе заземления системы TN-C (рис. 3.5) источник питания (трансформатор) имеет заземленную нейтраль, а все открытые проводящие части электрооборудования класса I в электроустановке здания имеют непосредственную связь, с помощью PEN-проводника, с заземленной нейтралью трансформатора. PEN-проводник выполняет функции защитного проводника, пронизывает всю систему распределения электроэнергии от источника питания до открытых проводящих частей электроустановки здания. Система TN-C имеет в настоящее время широкое распространение в России, особенно в электроустановках зданий большой мощности.

Основным видом электроустановок до 1 кВ являются электроустановки с глухозаземленной нейтралью. В этих электроустановках для обеспечения защиты от поражения электрическим током используется зануление открытых проводящих частей. Подобные электроустановки можно рассматривать в качестве приближенного аналога электроустановок, соответствующих системе TN-C.

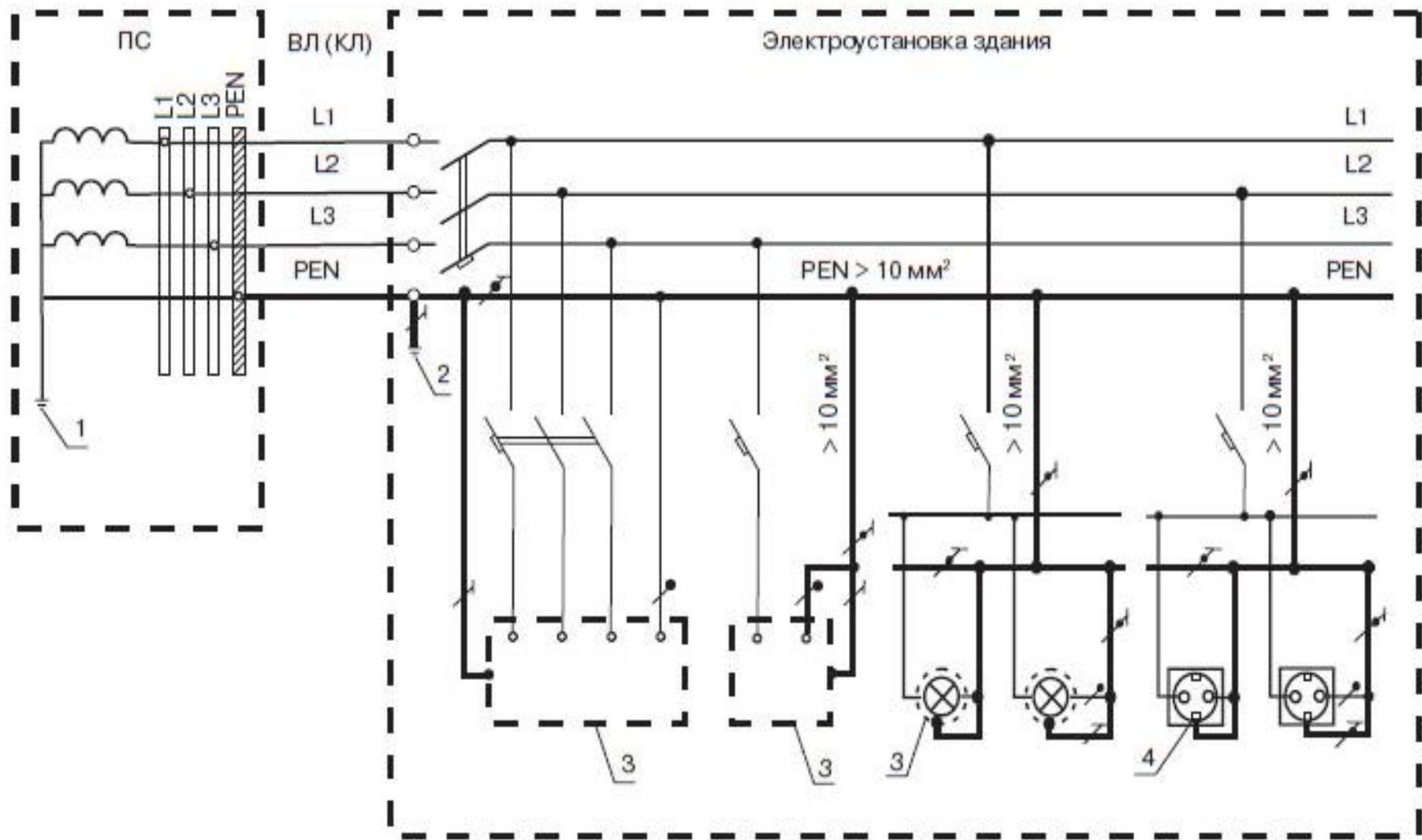


Рисунок 3.5 – Тип заземления системы TN-C: 1 – заземление источника питания; 2 – защитное заземление электроустановки здания; 3 – открытые проводящие части; 4 – защитные контакты штепсельной розетки

Если в электроустановке с глухозаземленной нейтралью «нулевые проводники», к которым присоединяются открытые проводящие части, удовлетворяют требованиям, предъявляемым стандартами комплекса ГОСТ Р 50571 к PEN-проводникам, то рассматриваемая электроустановка может соответствовать системе TN-C [23].

Система TN-C может быть реализована во вновь сооружаемых и реконструируемых электроустановках зданий. Однако при этой системе сложно обеспечить такой же уровень электробезопасности, как при системах TN-C-S, TN-S и TT.

По PEN-проводнику постоянно протекают рабочие токи, которые, воздействуя на соединительные контакты, могут привести к ухудшению качества соединений и даже потере электрического контакта. Поэтому более высокой степенью надежности, чем PEN-проводник, обладают защитные и нулевые защитные проводники. Их применение в электроустановках зданий позволяет обеспечить более высокий уровень электробезопасности.

Тип заземления системы TN-S.

При типе заземления системы TN-S (далее по тексту – система TN-S) (рис. 3.6) заземлена нейтраль трансформатора, а открытые проводящие части электроустановки здания имеют непосредственную связь с заземленной нейтралью. Для обеспечения этой связи во всей системе применяются нулевые защитные проводники.

При применении системы TN-S в электроустановках зданий можно обеспечить более высокий уровень электробезопасности, чем при использовании системы TN-C и, прежде всего, за счет использования отдельного нулевого защитного проводника, по которому в нормальном режиме электроустановки здания протекает ток, величина которого приблизительно равна суммарному току утечки работающего в данный момент электрооборудования класса I. Этот ток значительно меньше рабочего тока, который обычно протекает по PEN-проводнику. Поэтому вероятность нарушения непрерывности электрической цепи у нулевого защитного проводника существенно меньше, чем у PEN-проводника.

В настоящее время система TN-S практически не используется, так как для реализации системы TN-S в распределительной сети следует использовать воздушные и кабельные линии, которые должны иметь на один проводник больше, чем при реализации систем TN-C, TN-C-S и TT.

Систему TN-S следует четко применять при питании электроустановок коттеджей от собственных столбовых или других ПС.

Тип заземления системы TN-C-S

В системе TN-C-S (рис. 3.7 и 3.8) источник питания имеет заземленную нейтраль, а открытые проводящие части электроустановки здания имеют непосредственную связь с ней. Для обеспечения этой связи в распределительной сети и на головном (по току электроэнергии) участке электроустановки здания в ВРУ применяются PEN-проводники, а в электрических цепях остальной части электроустановки здания – нулевые защитные проводники (PE).

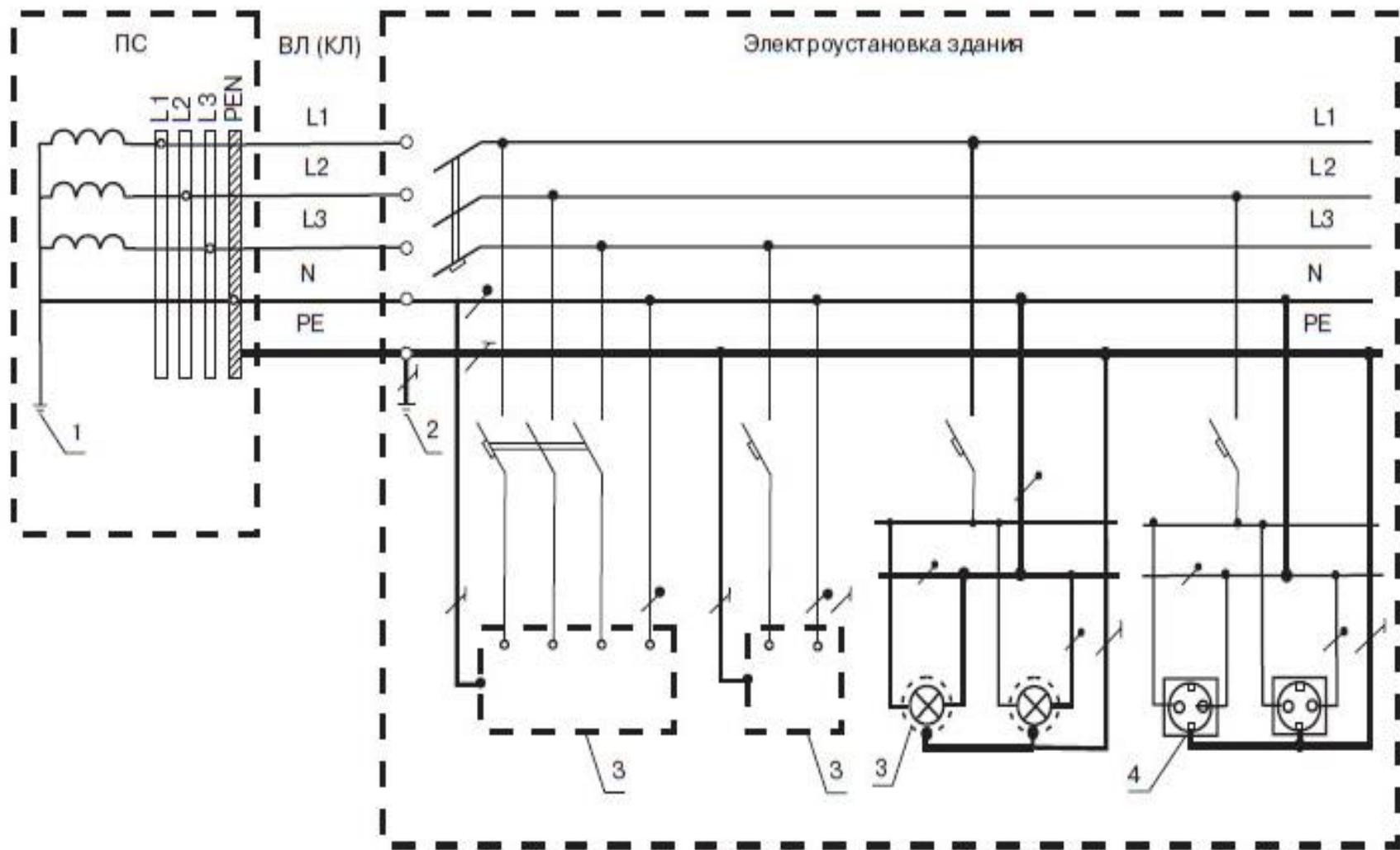


Рисунок 3.6 – Тип заземления системы TN-S: 1 – заземление источника питания; 2 – защитное заземление электроустановки здания; 3 – открытые проводящие части; 4 – защитные контакты штепсельной розетки

В системе TN-C-S, в отличие от системы TN-C, функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников могут быть объединены в одном проводнике не во всей электроустановке здания, а только в ее части. В какой-либо точке электроустановки здания PEN-проводник делит - рабочий, например, на вводе в здание – на вводном зажиме или на нулевой защитной шине ВРУ (рис. 3.7).

PEN-проводник может быть разделен также в любой другой точке электроустановки здания, например, на вводном РЕ зажиме (шинке) распределительного щитка, питаемого от ВРУ (рис. 3.8).

В первом случае во всей электроустановке здания применяются два самостоятельных проводника – нулевой защитный и нулевой рабочий. Во втором случае в головной (по току электроэнергии) части электроустановки здания используется PEN-проводник, а после точки его разделения – два нулевых проводника: защитный и рабочий. Открытые проводящие части электрооборудования класса I присоединяются соответственно к нулевым защитным проводникам во всей электроустановке здания (рис. 3.7), или в головной части электроустановки они присоединяются к PEN-проводнику, а в остальной части – к нулевому защитному проводнику (рис. 3.8). Так как распределитель в системе TN-C-S имеет такое же построение, как и в системе

TN-C, система TN-C-S в будущем будет широко применяться в электроустановках жилых зданий, что обуславливается рядом причин.

Во-первых, возможностью использования существующих распределительных электрических сетей без их существенной реконструкции.

Во-вторых, логическим развитием системы TN-C и соответствующим ей электроустановкам до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью, получившим повсеместное распространение.

В-третьих, в электроустановках зданий, соответствующих системе TN-C-S, достаточно легко выявить ошибки, допущенные при коммутации нулевых защитных и нулевых рабочих проводников. Если для защиты от косвенного прикосновения в электроустановке здания применяются устройства защитного отключения, то они будут отключать защищаемые электрические цепи, сигнализируя о коммутационных ошибках.

В целом, при наличии защитного заземления в электроустановке жилого здания система TN-C-S позволяет обеспечить высокий уровень электробезопасности при более низких затратах на строительство линии электропередачи по сравнению с системой TN-S.

Реализовать систему TN-C-S для электроустановки индивидуального жилого дома достаточно просто. Разделение PEN-проводника целесообразно произвести на вводных зажимах ВРУ (рис. 3.7). Далее во всей электроустановке дома следует использовать два проводника:

нулевой защитный и нулевой рабочий, которые не должны иметь между собой электрического соединения.

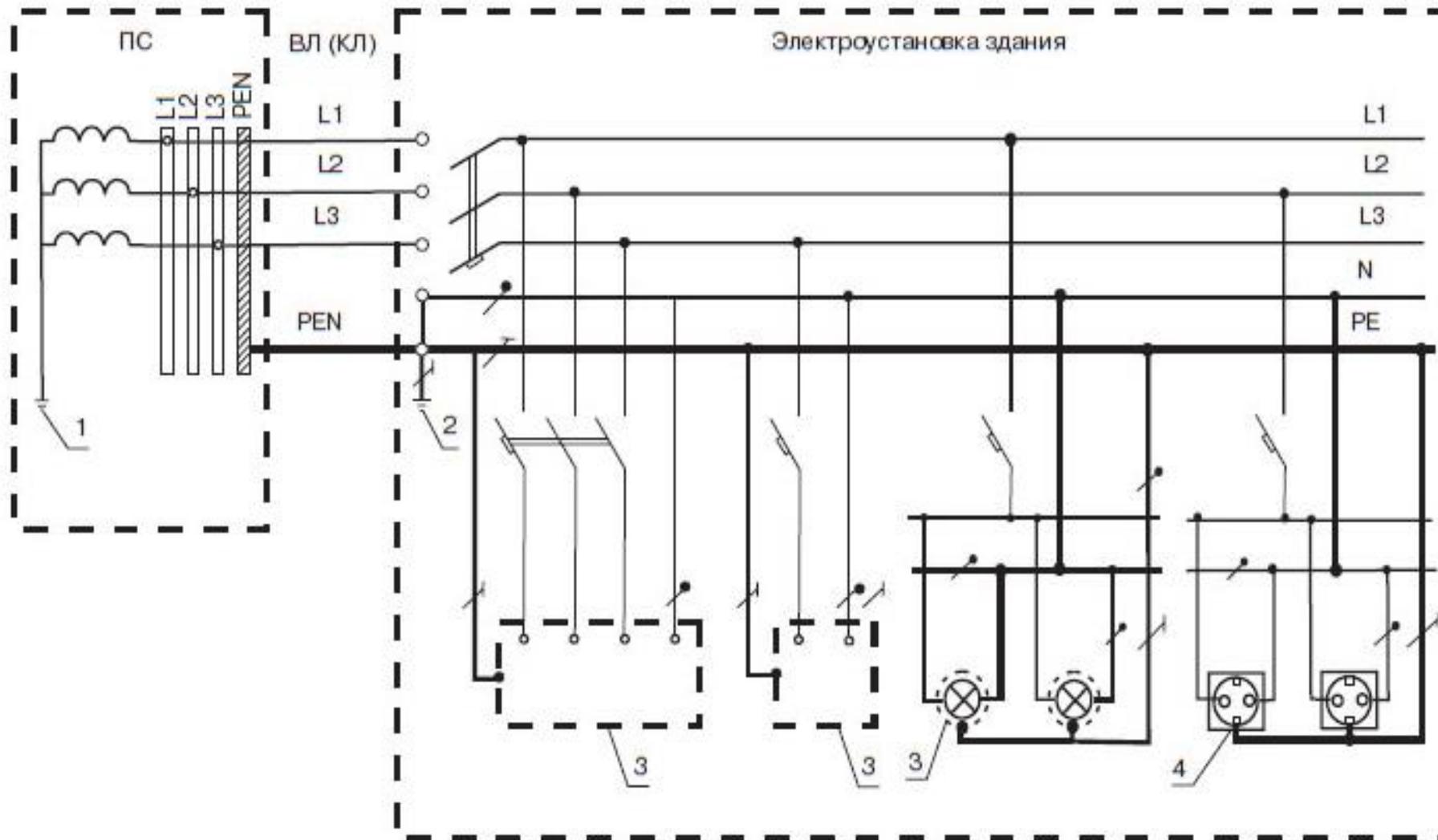


Рисунок 3.7 – Тип заземления системы TN-C-S, PEN – проводник разделяется на вводе в здание: 1 – заземление источника питания; 2 – защитное заземление электроустановки здания; 3 – открытые проводящие части; 4 – защитные контакты штепсельной розетки

Тип заземления системы ТТ

При системе ТТ (рис. 3.9) токоведущая часть источника питания заземлена. Открытые проводящие части электроустановки здания также заземлены. Для их защитного заземления применяется заземляющее устройство, заземлитель которого должен быть электрически независимым от заземлителя источника питания.

Система ТТ позволяет обеспечить в электроустановке здания достаточно высокий уровень электробезопасности и поэтому широко применяется за рубежом.

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 50669 система ТТ является основной для электроустановок зданий из металла. Как указывается в стандарте, преимущество системы ТТ заключается в том, что на открытых проводящих частях электрооборудования и сторонних проводящих частях здания из металла электрический потенциал в нормальном режиме электроустановки здания всегда равен потенциалу земли [20].

Реализация системы ТТ возможна при подключении электроустановки здания к существующей распределительной электрической сети. Однако в некоторых случаях реализация системы ТТ может быть значительно затруднена. Например, в городских условиях при плотной застройке и развитой инфраструктуре очень сложно смонтировать электрически независимые заземлители. Поэтому для электроустановок зданий, расположенных в черте существующей плотной городской застройки, во многих случаях можно лишь условно говорить о реализации типа заземления системы ТТ.

Тип заземления системы IT

При системе IT (рис. 3.10) источник питания не имеет заземленных токоведущих частей или заземление какой-либо его токоведущей части выполняется через сопротивление. Открытые проводящие части заземляются с помощью собственного заземляющего устройства электроустановки здания.

Приближенным аналогом электроустановок зданий, соответствующих типу заземления системы IT, являются электроустановки до 1 кВ с изолированной нейтралью по классификации ПУЭ. Подобные электроустановки применяются в зданиях и сооружениях специального назначения в тех случаях, когда необходимо обеспечить повышенный уровень электробезопасности. Например, система IT, в которой источником питания является разделительный трансформатор, применяется в той части электроустановки здания, которая охватывает электрооборудование операционных блоков больниц.

В электроустановках индивидуальных жилых домов система IT не применяется.

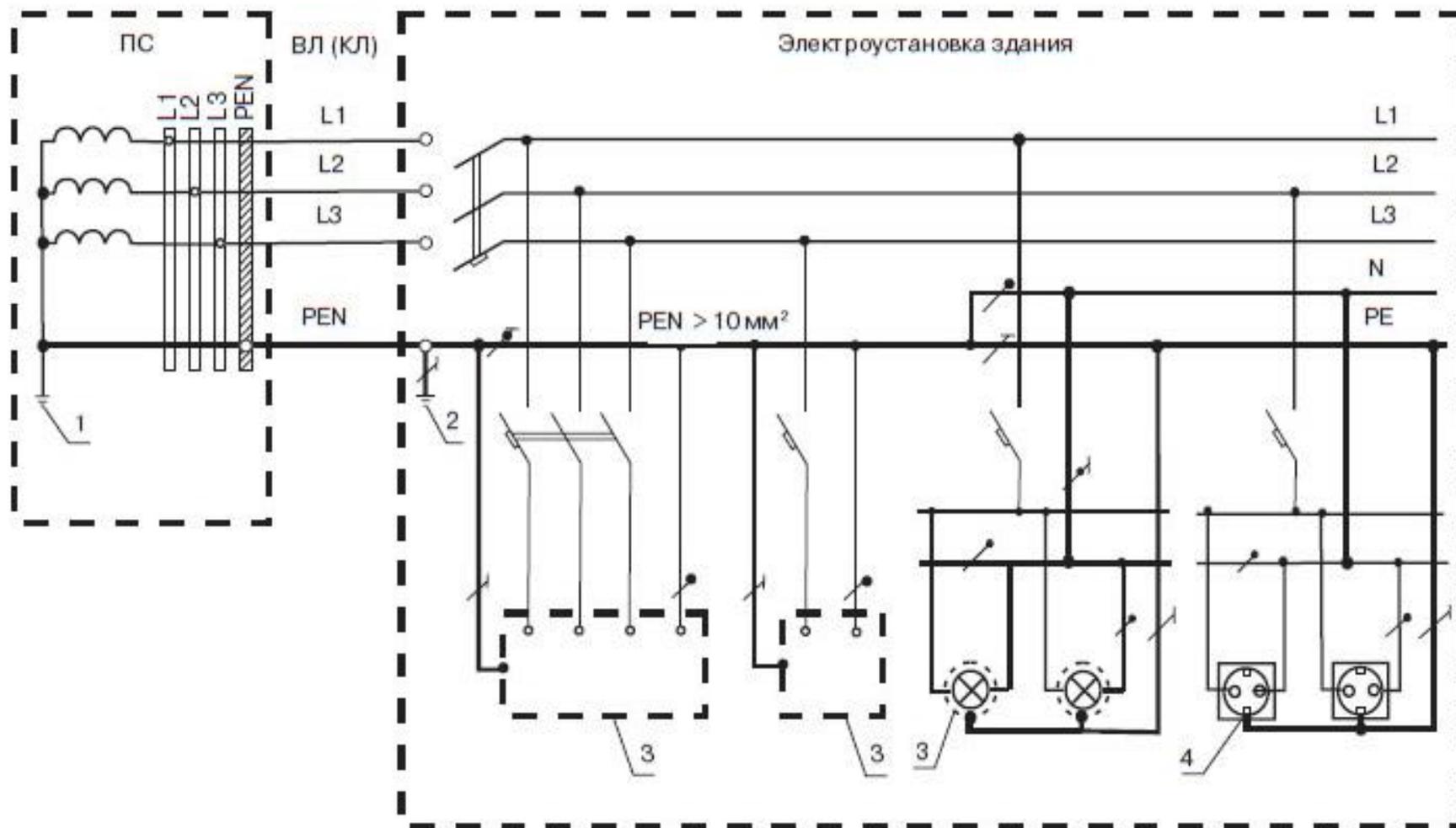


Рисунок 3.8 -Тип заземления системы TN-C-S, PEN – проводник разделяется для части электроустановки здания:
 1 – заземление источника питания; 2 – защитное заземление электроустановки здания; 3 – открытые проводящие части;
 4 – защитные контакты штепсельной розетки

Итак, системы заземления «TN-C», по своей электрической схеме предусматривает использование одного единственного заземляющего проводника, исполняющего сразу две функции: рабочего - для приведения в действие электроприборов и устройств; и защитного - для сохранения оборудования электрических сетей, заметим, только электрических сетей, а не безопасности граждан и бытовых приборов. Такая ситуация, независимо от типа подключения «фаза-ноль» или «три фазы-ноль», нередко приводит к проскакиванию опасных для людей напряжений сквозь металлические поверхности и кожухи электрических устройств, а иногда через диэлектрические стены, двери, ручки и другие элементы зданий в сырую погоду.

Что касается систем заземлений «TN-C-S», то всего выше перечисленного нет. Это достигается, прежде всего, разделением функций защиты и рабочих нагрузок на отдельные шины при вводе в здание. То есть для однофазной разводки применяется трехжильный кабель, а для трехфазного – пятижильный. Наиболее приемлемым, является установка отдельного трансформатора непосредственно у запитываемого объекта, а также использование специальных розеток и устройств распределения с выводом клемм на защитный проводник. При этом защитный проводник «РЕ» соединяется со всеми токопроводными корпусами, оболочками и кожухами оборудования, устройств и приборов, и может быть дополнительно заземлен. А нулевой рабочий проводник «N», выполняет только функции электродвижущей силы, притом, что во время аварийного отключения, тоже отсоединяется от сети, тем самым, оберегая от вышеозначенных проблем.

Поэтому, рекомендуется осуществить переход от системы заземления «TN-C» к заземлению «TN-C-S», если в зданиях эксплуатируются старые электропроводки. Это не только сохранит высокую безопасность людей, но и убережет бытовые электроприборы. Для чего необходимо точно просчитать сечения и емкости электрических сопряжений, а при необходимости заменить всю электропроводку в помещениях.

Выносные заземления соединяются двумя стальными полосами с магистралями или сетками заземления на территории электроустановки. В последние годы в качестве искусственных заземлителей, применяются заземлители из электропроводящего бетона (бетэла). Достоинство этих заземлителей состоит в том, что они, обеспечивая достаточно низкое сопротивление заземления, одновременно являются элементами фундаментов зданий.

Внутреннюю сеть заземления при прокладке в зданиях подстанций выполняют из полосовой или круглой стали. Магистрали заземления прокладываются на каждом этаже подстанции из полосовой стали с сечением не менее 100 мм^2 и связывают между собой стояками.

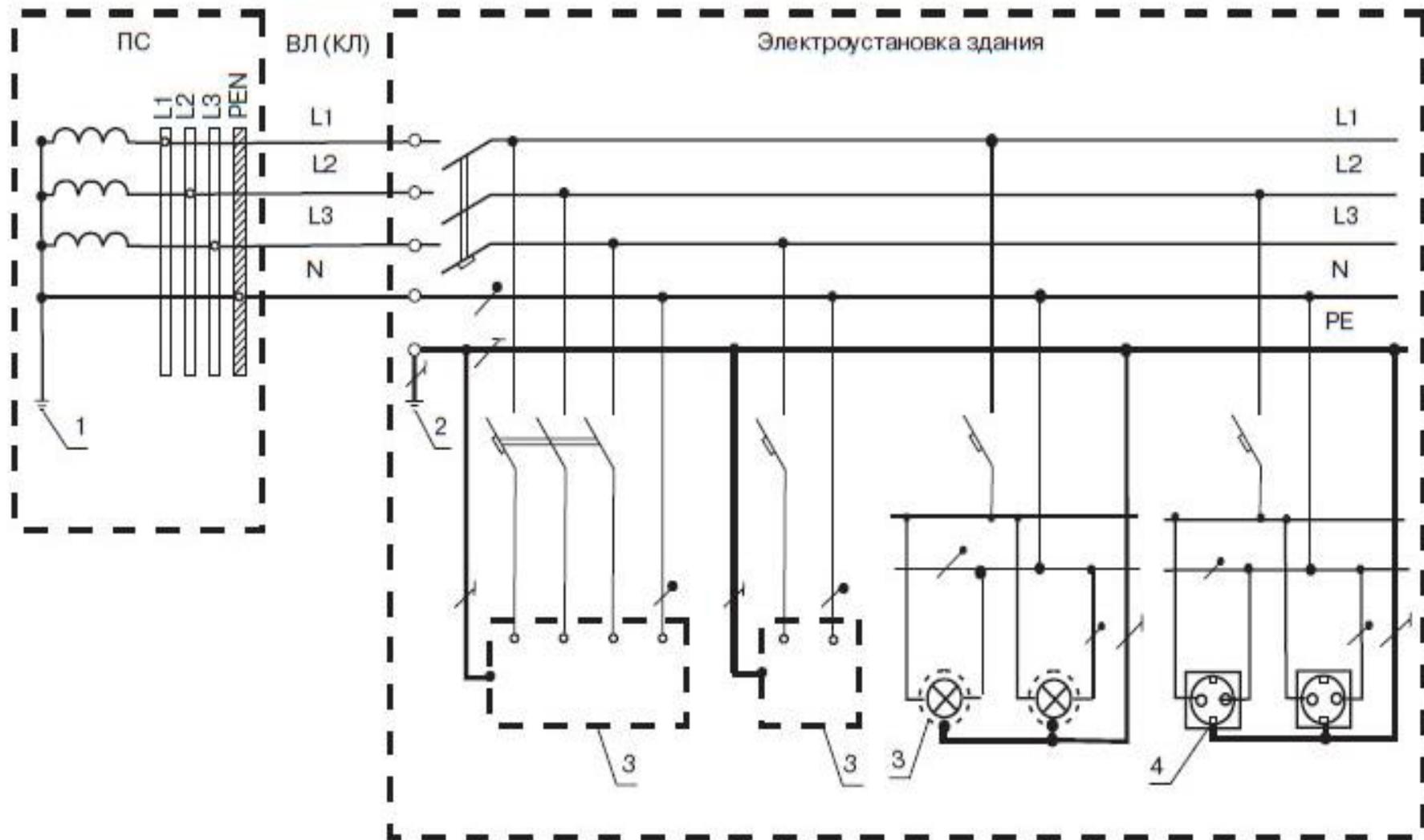


Рисунок 3.9 - Тип заземления системы ТТ: 1 – заземление источника питания; 2 – защитное заземление электроустановки здания; 3 – открытые проводящие части; 4 – защитные контакты штепсельной розетки

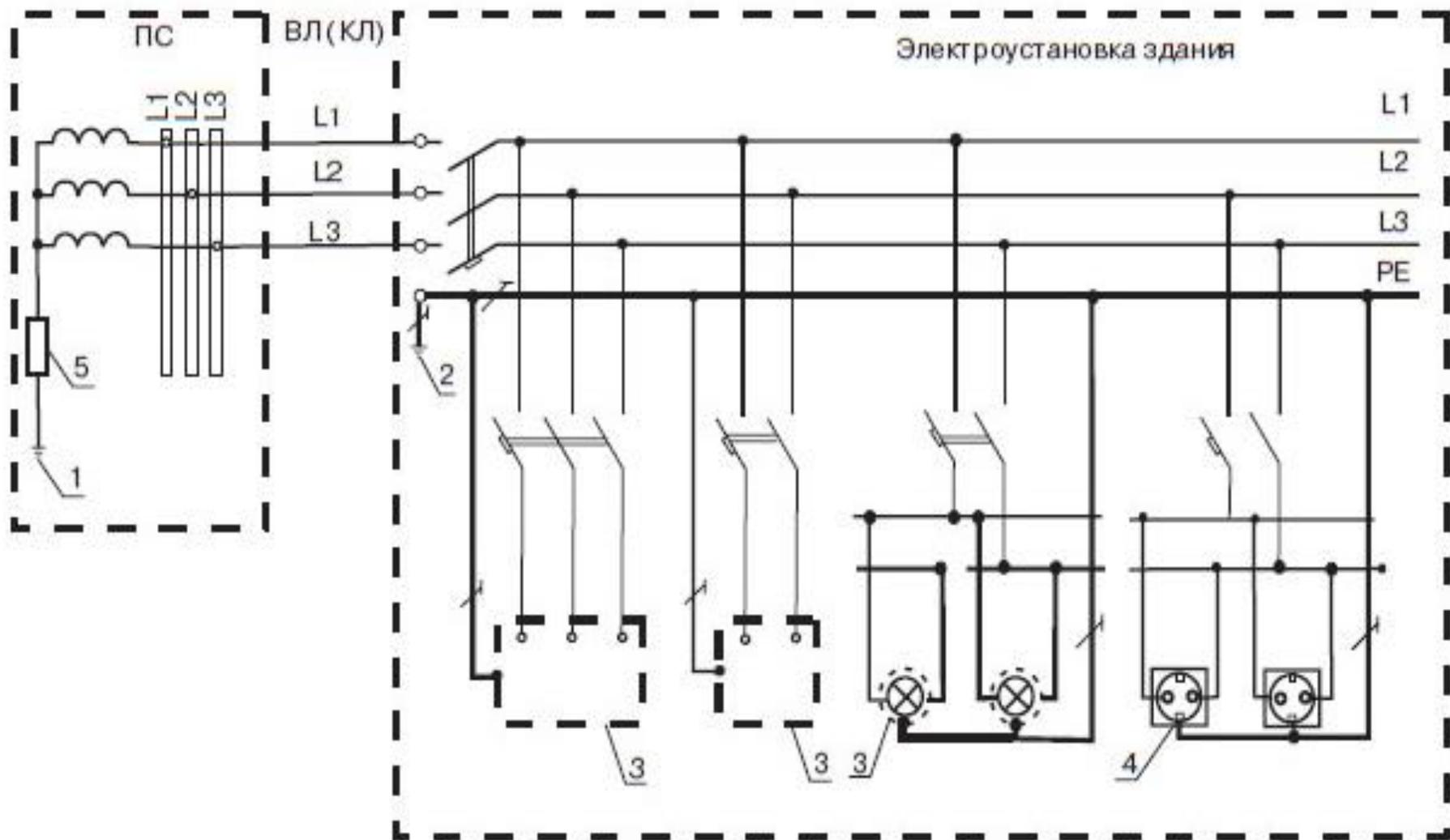


Рисунок 3.10 - Тип заземления системы IT: 1 – заземление источника питания; 2 – защитное заземление электроустановки здания; 3 – открытые проводящие части; 4 – защитные контакты штепсельной розетки; 5 – сопротивление, через которое заземляется токоведущая часть источника питания

Крепление шин к стене осуществляется на крюках с помощью специальных обжим сваркой. Допускается в сухих помещениях прокладка заземляющих шин по бетонным стенам с креплением полос путем пристреливания дюбелями из строительного монтажного пистолета.

Соединение заземляющих проводников показаны на рис. 3.11.

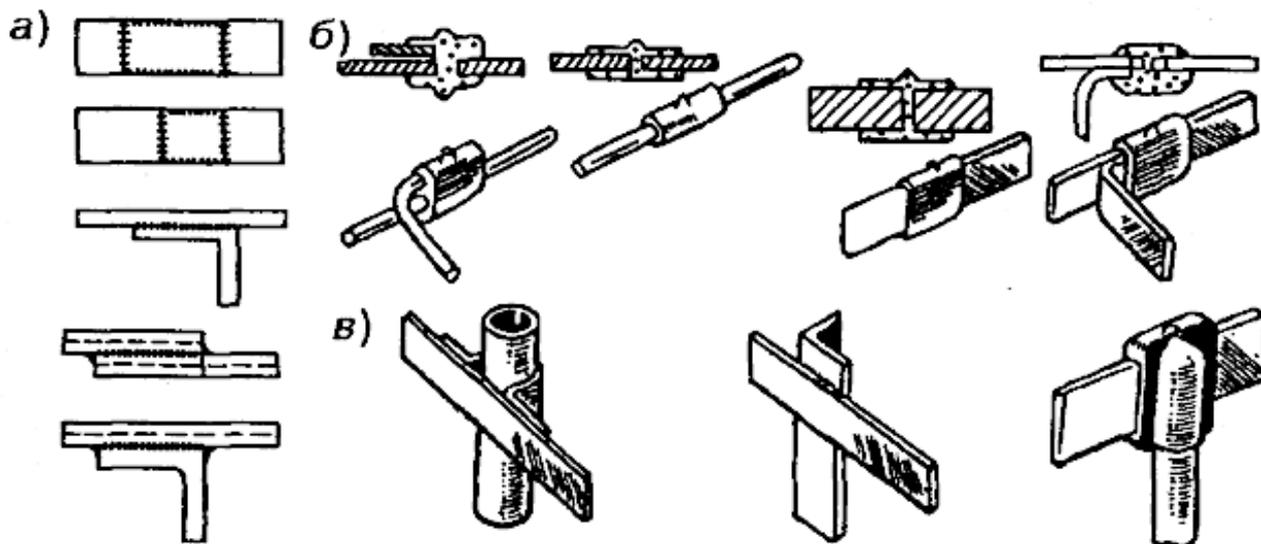


Рисунок 3.11 - Способы соединения заземляющих проводников:
 а — электросваркой; б — термитной сваркой; в — соединения заземляющих
 полос с заземлителями

К корпусам электрических машин и аппаратов заземляющие проводники присоединяют, как правило, под заземляющий болт, имеющийся на их корпусах. При этом должны быть предусмотрены меры против ослабления и коррозии контактных соединений. Открыто проложенные заземляющие и нулевые защитные проводники имеют отличительную окраску — по зеленому фону желтая полоса вдоль проводника. Окраске не подлежат места, предназначенные для подсоединения инвентарных переносных заземлителей. Это требование к окраске заземляющих проводников предъявляется к монтируемым электроустановкам. Согласно ПЭЭП открыто проложенные стальные заземляющие проводники должны иметь черную окраску [10].

В качестве вертикальных электродов используют стальные трубы, угловую и круглую (прутковую) сталь длиной $l = 2 \dots 10$ м. Наименьшие поперечные размеры допускаются у круглых электродов — $d = 6$ мм, толщина полок угловой стали — 4 мм и толщина стенок стальных труб — $b = 3,5$ мм. Такие размеры электродов обусловлены необходимостью надежной работы заземлителя при коррозии и могут быть увеличены из условий достаточной механической прочности при погружении их в грунт.

Горизонтальные полосовые заземлители в виде лучей, колец или контуров используются как самостоятельные заземлители или как элементы

сложного заземлителя из горизонтальных и вертикальных электродов. Для горизонтальных заземлителей применяется полосовая сталь сечением не менее 48 мм^2 и толщиной 4 мм и круглая сталь диаметром не менее 10 мм.

В однородном грунте глубина заложения вертикальных электродов $h = 0,5 \dots 1$ м мало влияет на снижение их сопротивления.

Соединение элементов заземляющих устройств осуществляется с помощью сварки, а корпуса машин и аппаратов соединяются с проводниками заземляющих устройств сваркой, надежными болтовыми соединениями. Минимальное поперечное сечение заземляющих голых медных проводов должно быть 4 мм^2 , алюминиевых - 6 мм^2 , стальных - 24 мм^2 . Сечение изолированных медных проводов должно быть не менее $1,5 \text{ мм}^2$, алюминиевых - $2,5 \text{ мм}^2$.

Заземляющие проводники, расположенные в помещениях, должны быть доступны для осмотра, защищены от коррозии. Каждый заземляемый элемент установки должен быть присоединен к заземлителю или заземляющей магистрали посредством отдельного ответвления (параллельное заземление). Последовательное включение в заземляющий проводник нескольких заземляемых частей установки запрещается. При приемке в эксплуатацию каждого заземляющего устройства необходимо иметь: паспорт, включающий исполнительные чертежи и схемы заземляющего устройства с указанием расположения подземных коммуникаций; акты на подземные работы по укладке элементов заземляющего устройства; протоколы приемо-сдаточных испытаний заземляющего устройства.

3.3 Теория измерения заземления и удельного сопротивления грунта

Измерение сопротивления заземляющих устройств производится в первый год эксплуатации, а в дальнейшем - не реже одного раза в три года, для цеховых электроустановок - не реже одного раза в год. Измерение сопротивления заземлителей, удельного сопротивления грунта проводится в периоды наименьшей проводимости (летом, зимой). Срок службы заземлителей - 25-30 лет.

На сопротивление одноэлементного заземлителя оказывают влияние несколько факторов:

- *сопротивление металла заземлителя и сопротивление контакта проводника со штырем.* Искусственный заземлитель изготавливают из меди, черной или оцинкованной стали (пункт 1.7.111 ПУЭ) и используют присоединяющий проводник соответствующего размера и сечения (таблица 1.7.4 ПУЭ), поэтому при наличии надежного контакта с заземляющим проводником величиной этих сопротивлений можно пренебречь [1];

- *сопротивление контакта штыря с грунтом.* Если штырь плотно вбит в грунт на достаточную глубину и не имеет на своей подземной поверхности следов краски, масла и значительной коррозии, то сопротивление контакта с грунтом также можно не учитывать;

- сопротивление земли (грунта). Представим штырь заземлителя на рис. 3.12 в виде электрода, окруженного concentрическими слоями грунта одинаковой толщины.

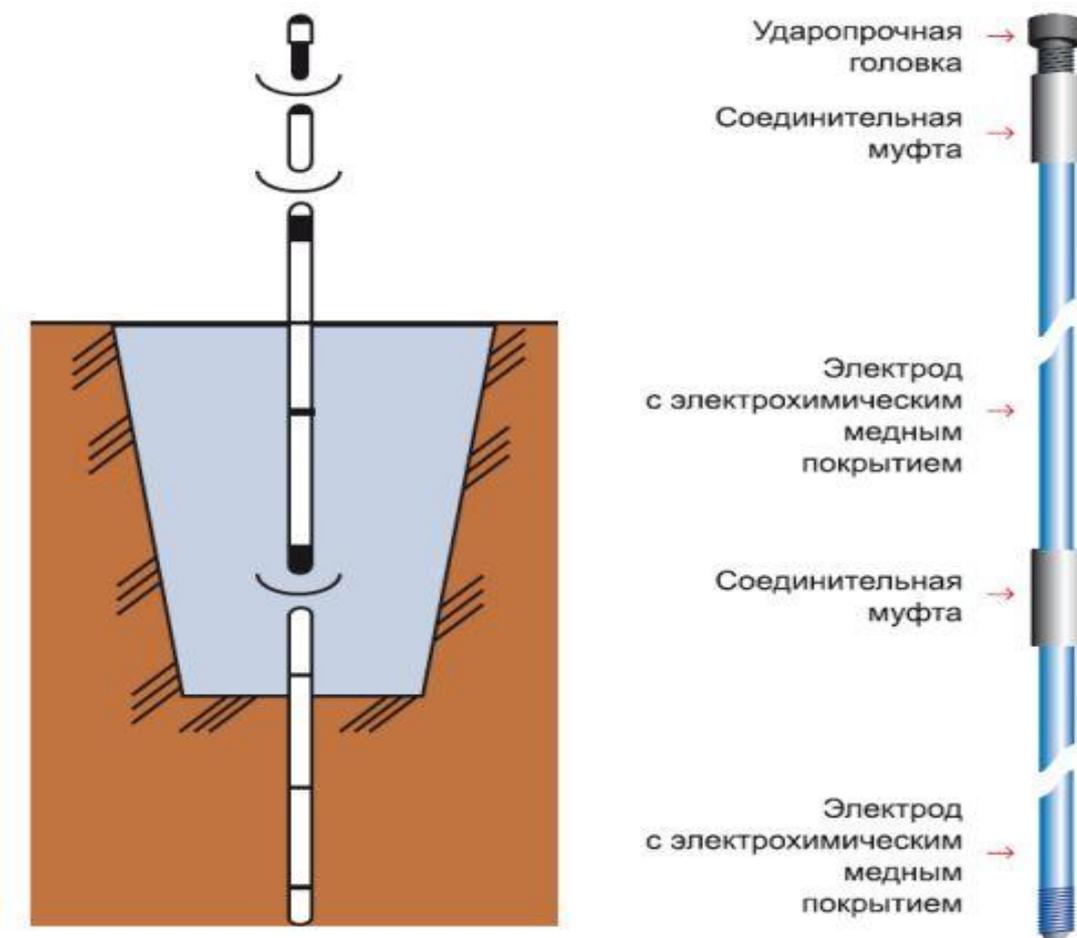


Рисунок 3.12 - Штыревой заземлитель

Прилегающий к электроду слой имеет наименьшую поверхность, но наибольшее сопротивление. По мере удаления от электрода поверхность слоя увеличивается, а его сопротивление уменьшается. Вклад сопротивления удаленных слоев в общее сопротивление грунта быстро становится незначительным. Область, за пределами которой сопротивлением слоев земли можно пренебречь, называется областью эффективного сопротивления. Ее размер зависит от глубины погружения электрода в грунт. При вычислении сопротивления земли удельное сопротивление грунта считают неизменным. Сопротивление заземления для случая одного электрода определяется по формуле [5]:

$$R = \rho / 2\pi L \cdot ((\ln 4L) - 1) / r, \quad (3.2)$$

где R – сопротивление заземления, Ом.
 L – глубина погружения электрода под землю, м.
 r – радиус электрода, м
 ρ – среднее удельное сопротивление грунта в Ом•м.

Анализ формулы 3.2 показывает, что увеличение диаметра штыря уменьшает сопротивление заземления незначительно, в частности удвоение диаметра снижает сопротивление меньше, чем на 10%. Гораздо сильнее влияет глубина залегания электрода. Теоретически при удвоении глубины сопротивление заземления уменьшается на 40%. Главный фактор, который в итоге определяет сопротивление заземления и глубину заземления штыря, требуемую для обеспечения заданного сопротивления — это удельное сопротивление грунта. В значительной степени оно зависит от содержания в почве электропроводящих минералов и электролитов, т.е. воды с растворенными в ней солями. Удельное сопротивление грунта сильно изменяется в зависимости от района земного шара и времени года. Сухая почва пустыни или вечная мерзлота имеют высокое сопротивление.

Из-за зависимости удельного сопротивления грунта от температуры и содержания влаги, сопротивление устройства заземления также меняется в течение года. Поскольку стабильность температуры и содержания влаги в грунте повышаются по мере удаления от поверхности, то система заземления будет эффективна круглый год, если заземлитель помещен на значительную глубину, превышающую максимальную глубину промерзания.

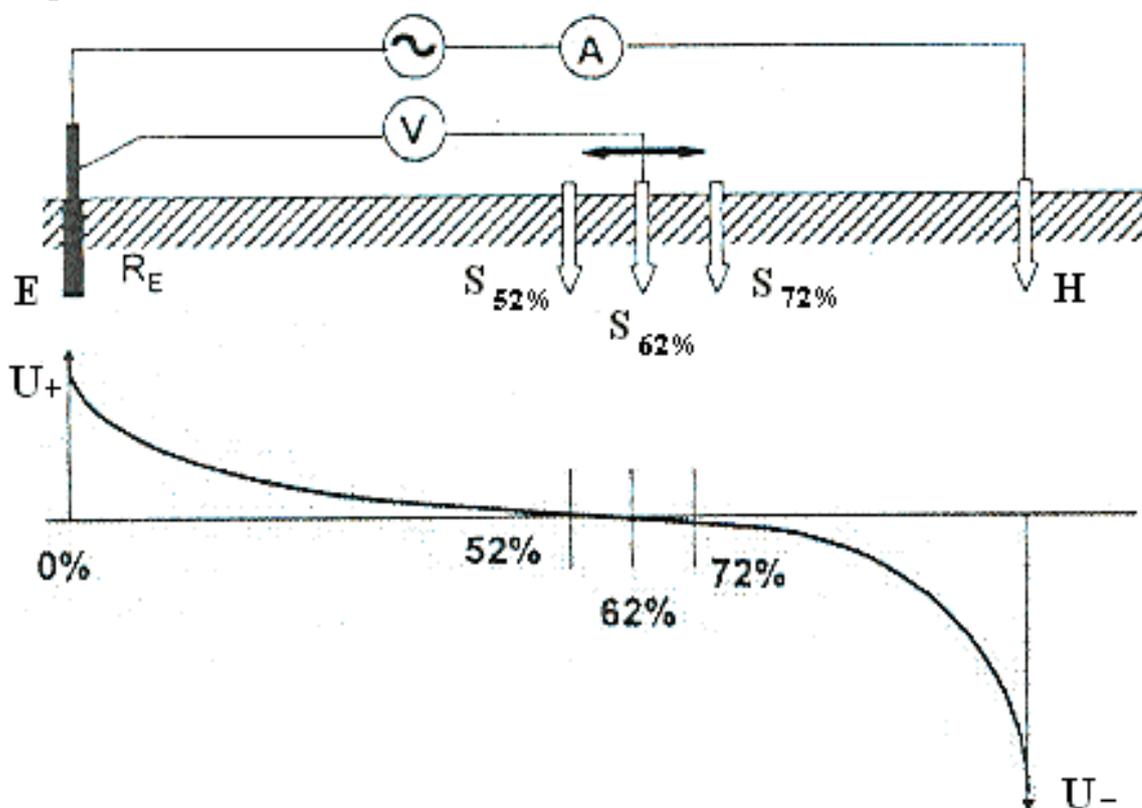


Рисунок 3.13 - Схема измерения по принципу падения потенциала

Необходимость измерения удельного сопротивления грунта и сопротивления заземляющего устройства возникает уже на этапе проектирования и монтажа. Для измерения сопротивления заземления используют специальные приборы, использующие принцип падения

потенциала, созданного переменным током, протекающим между вспомогательным и проверяемым электродом.

Трехполюсная или трехпроводная (3р) схема измерения сопротивления на рис. 3.13 является основной и заключается в установке в грунт двух измерительных электродов (токовый электрод Н и электрод напряжения (потенциальный) S) вблизи заземляющего устройства (Е) по однолучевой схеме. Электрод напряжения (S) помещают на одной линии между проверяемым заземляющим устройством (Е) и токовым электродом (Н) в области нулевого потенциала. Для точного измерения необходимо чтобы потенциал на вспомогательном электроде напряжения измерялся за пределами зон эффективного сопротивления, как заземляющего устройства, так и вспомогательного электрода тока. Область нулевого потенциала также расширяется с увеличением расстояния между измеряемым заземлением и вспомогательным электродом тока

При хорошо развитой инфраструктуре, рядом с измеряемым заземлителем (N) может оказаться еще одно заземление (M) с известным сопротивлением, рис. 3.14. В этом случае применяют двухточечный метод измерения (2р), который показывает сопротивление двух устройств заземления, включенных последовательно. Поэтому второе заземление должно быть настолько хорошим, чтобы его сопротивлением можно было пренебречь. Кроме того, необходимо дополнительно определить сопротивление измерительных проводов и вычесть его из полученного результата. Такой упрощенный метод применяется как альтернативный способ, и он не такой точный, как стандартный 3-проводный (метод 62%), поскольку сильно зависит от расстояния между измеряемым и вспомогательным заземлением.



Рисунок 3.14 - Применение упрощенного метода (2р)

В том случае, когда требуется исключительно высокая точность измерения, используют четырехполюсную или четырехпроводную (4р) схему, исключая влияние сопротивления измерительных проводов (рис. 3.15).

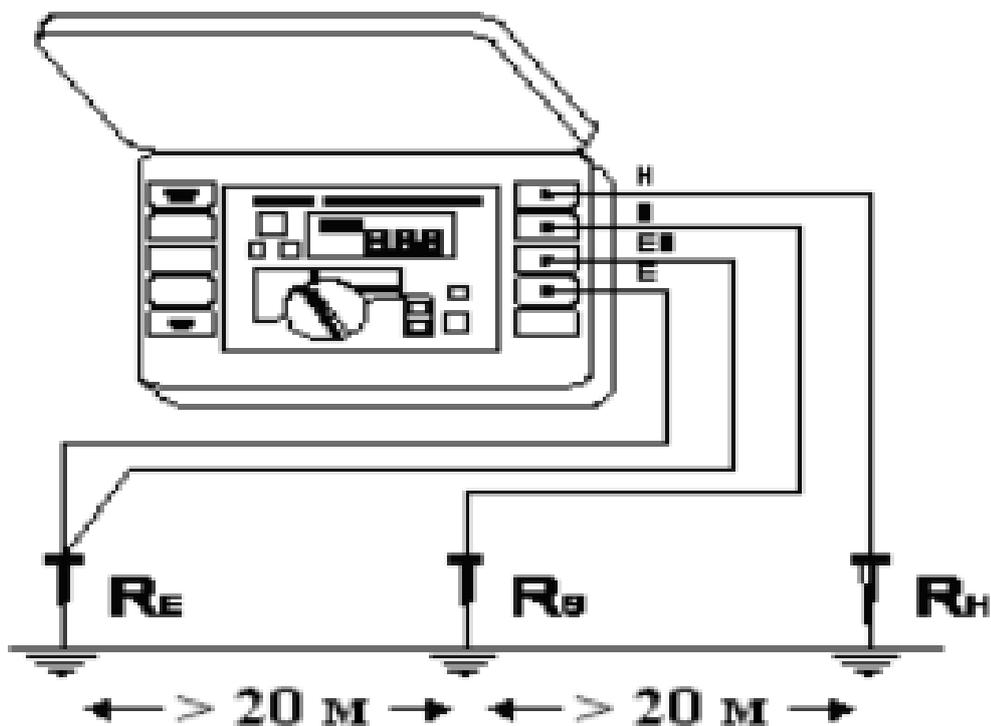


Рисунок 3.15 - Схема (4р) с компенсацией влияния измерительных проводов

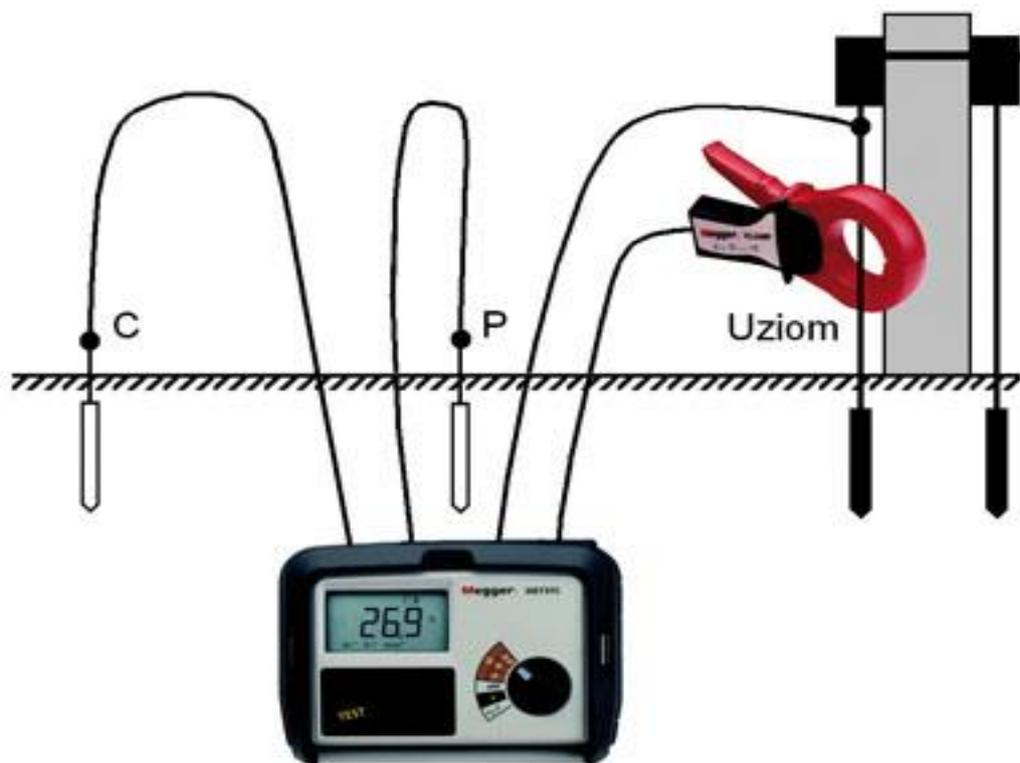


Рисунок 3.16 - Измерение сопротивления одного элемента сложного заземления

После измерения значения сопротивлений отдельных элементов заземления R_{E1} , R_{E2} , $R_{E3} \dots R_{EN}$, общую величину сопротивления R_E на рисунке 3.16 рассчитывают по формуле:

$$R_E = \frac{1}{\frac{1}{R_{E1}} + \frac{1}{R_{E2}} + \frac{1}{R_{E3}} + \dots + \frac{1}{R_{EN}}} \quad (3.3)$$

Выводы:

1. Измерение сопротивления заземляющего устройства проводят в сухой период года.
2. Растворенные в воде соли и минералы придают почве свойства электролита, поэтому для измерения сопротивления заземления необходимо использовать переменный ток.
3. Чтобы избежать влияния токов промышленной частоты и их высших гармоник, применяют не кратную 50 Гц (60 Гц) частоту измерительного напряжения.
4. Измерение сопротивления с помощью двух клещей имеет методическую погрешность, поэтому его рекомендуется применять только в многоэлементных системах заземления.

4 ЗАЩИТНОЕ ЗАНУЛЕНИЕ

4.1 Назначение, принцип действия, область применения

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.

Занулить - это значит металлически (электрически) надежно соединить подлежащие защите части оборудования с нулевым проводом.

Зануление требует применения заземлителей для присоединения к ним нулевого провода. Но назначение этих заземлителей иное, чем при заземлении.

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;
- 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:

1. При замыкании фазного провода на зануленный корпус электропотребителя образуется цепь тока однофазного короткого замыкания (то есть замыкания между фазным и нулевым защитными проводниками). Ток однофазного короткого замыкания вызывает срабатывание максимальной токовой защиты, в результате чего происходит отключение поврежденной электроустановки от питающей сети.

2. 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.

Физическая сущность защиты в системе зануления поясняется рис. 4.1, на котором представлена принципиальная схема зануления с одним электроприемником и заключается в снижении напряжения прикосновения путем уменьшения сопротивления нулевого провода и перераспределения напряжения прикосновения между основным (нейтраль трансформатора) и повторным (у электроприемника) заземлителями с помощью повторных заземли. Зануление осуществляется специально предназначенными для этого проводниками. При однофазной проводке — это, например, третья жила провода или кабеля.

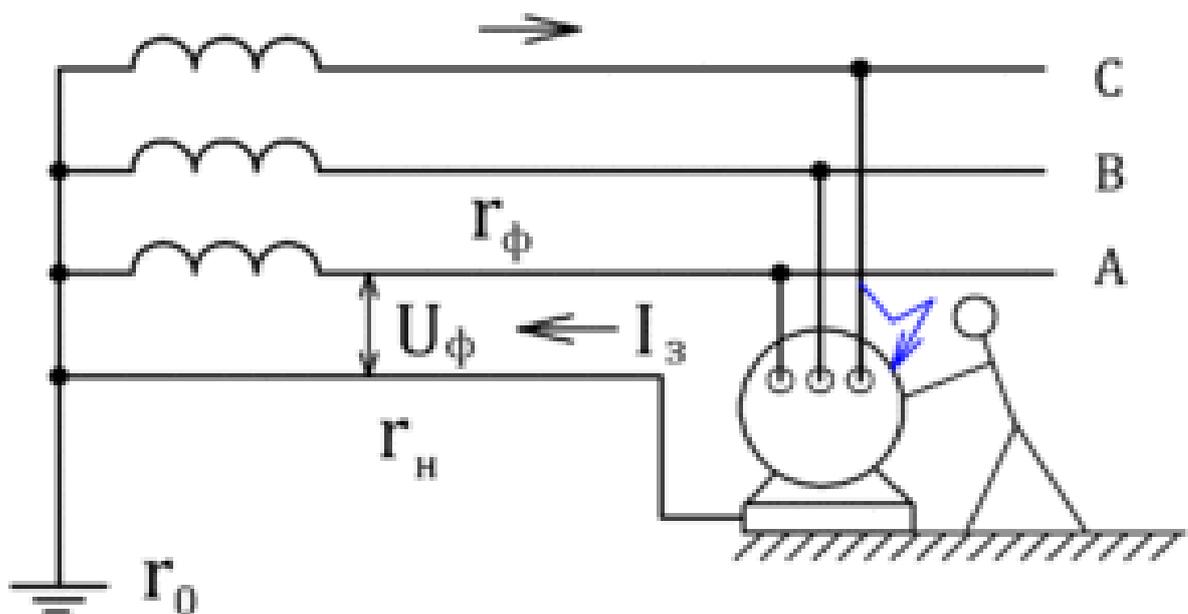


Рисунок 4.1 - Принцип действия зануления

Для того, чтобы отключение аппарата защиты произошло в предусмотренное правилами время, сопротивление петли «фаза-ноль» должно быть небольшим, что, в свою очередь, накладывает на все соединения и монтаж сети жёсткие требования качества, иначе зануление может оказаться неэффективным.

Помимо быстрого отключения неисправной линии от электроснабжения, благодаря тому, что нейтраль заземлена, зануление обеспечивает низкое напряжение прикосновения на корпусе электроприбора. Это исключает вероятность поражения током человека. Поскольку нейтраль заземлена, зануление можно рассматривать как некую разновидность заземления. Различают зануление систем TN-C, TN-C-S и TN-S.

Система зануления TN-C. Простая система зануления, в которой нулевой проводник N и нулевой защитный PE совмещены на всей своей длине. Совместный проводник обозначается аббревиатурой PEN. Имеет существенные недостатки, главный из которых — высокие требования к системам уравнивания потенциалов и сечению PEN-проводника. Применяется для электроснабжения трёхфазных нагрузок, например асинхронных двигателей. Применение данной системы в однофазных групповых и распределительных сетях запрещено. Не допускается совмещение функций нулевого защитного и нулевого рабочего проводников в цепях однофазного и постоянного тока. В качестве нулевого защитного проводника в таких цепях должен быть предусмотрен отдельный третий проводник.

Система зануления TN-C-S. Усовершенствованная система зануления, предназначенная для обеспечения электробезопасности однофазных сетей электроустановок. Она состоит из совмещённого PEN-проводника, который соединён с глухозаземлённой нейтралью питающего электроустановку трансформатора. В точке, где трёхфазная линия разветвляется на однофазные потребители (например в этажном щите многоквартирного дома или в подвале такого дома) PEN-проводник разделяется на PE- и N-проводники, непосредственно подходящие к однофазным потребителям.

Система зануления TN-S (рис. 4.2). Наиболее совершенная, дорогая и безопасная система зануления, получившая распространение. В этой системе нулевой защитный и нулевой проводники разделены на всей своей длине, что исключает вероятность её выхода из строя при аварии на линии или ошибке в монтаже электропроводки.

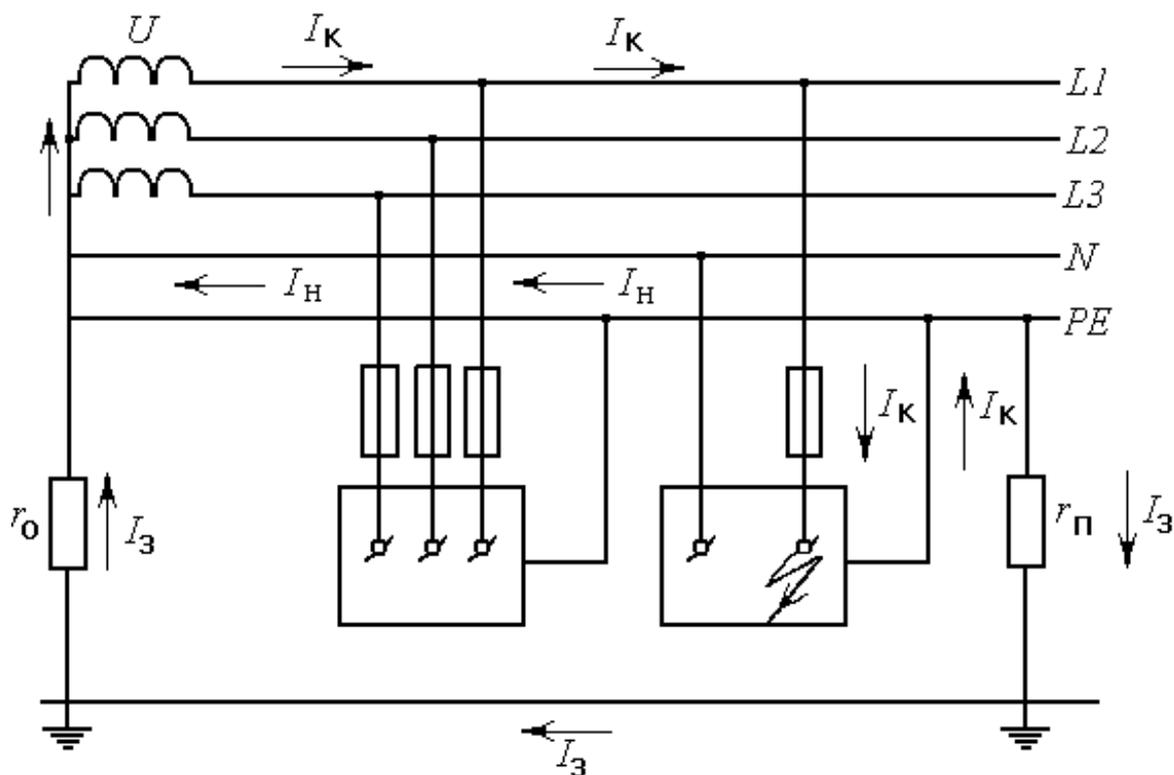


Рисунок 4.2- Принципиальная схема зануления в системе TN-S:
 1-корпус электроустановки (электродвигатель, трансформатор и т. п.);
 2-аппараты защиты от токов КЗ (предохранители); r_0 – сопротивление заземления нейтрали обмотки источника тока; $r_{п}$ – сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника; $I_{к}$ - ток КЗ; $I_{н}$ - часть тока КЗ, протекающего через нулевой защитный проводник; $I_{з}$ – часть тока КЗ, протекающего через землю – корпус электроустановки (электродвигатель, трансформатор и т. п.).

В качестве максимальной токовой защиты, обеспечивающей быстрое отключение электроустановки в аварийном режиме могут использоваться:

- плавкие предохранители и автоматические выключатели, устанавливаемые для защиты от токов короткого замыкания,
- магнитные пускатели со встроенной тепловой защитой,
- контакторы в сочетании с тепловыми реле, осуществляющие защиту от перегрузки, автоматы с комбинированными расцепителями, осуществляющие защиту одновременно от токов короткого замыкания и перегрузки и др.

4.2 Назначение отдельных элементов схемы зануления

Для схемы зануления необходимы: нулевой защитный проводник, глухое заземление нейтрали источника тока; повторное заземление нулевого защитного проводника.

Рассмотрим назначение этих элементов применительно к наиболее распространенным электрическим сетям – трехфазным переменного тока.

Назначение нулевого защитного проводника в схеме зануления - обеспечить необходимое для отключения установки значение тока однофазного короткого замыкания путем создания для этого тока цепи с малым сопротивлением.

Назначение заземления нейтрали обмоток источника тока, питающего сеть до 1 кВ, предназначено для снижения напряжения зануленных открытых проводящих частей (а, следовательно, нулевого защитного проводника) относительно земли до допустимого значения при замыкании фазного провода на землю.

Повторное заземление нулевого защитного проводника практически не влияет на время отключения электроустановки от сети. Однако, при эксплуатации зануления могут возникнуть такие ситуации, когда повторное заземление нулевого защитного проводника необходимо, например, при обрыве нулевого защитного проводника.

Требования к занулению:

1. При применении системы TN рекомендуется выполнять повторное заземление РЕ – и PEN – проводников на вводе в электроустановки зданий, а также в других доступных местах.

2. Для повторного заземления нулевых защитных проводников следует в первую очередь использовать естественные заземлители. В этом случае сопротивление растеканию тока заземлителя повторного заземления не нормируется.

3. Внутри больших и многоэтажных зданий аналогичную функцию выполняет уравнивание потенциалов посредством присоединения нулевого защитного проводника к главной заземляющей шине.

4. Повторному заземлению подвергаются нулевые рабочие провода воздушных линий, которые одновременно используются как нулевые защитные проводники (PEN – проводники). При этом в первую очередь следует использовать естественные заземлители, например, подземные части опор, а также заземляющие устройства, предназначенные для грозовых перенапряжений.

5. Надежность зануления определяется в основном надежностью нулевого защитного проводника. В связи с этим требуется тщательная прокладка нулевого защитного проводника, чтобы исключить возможность его обрыва. Кроме того, в нулевом защитном проводнике запрещается ставить выключатели, предохранители и другие приборы, способные нарушить его целостность.

6. При соединении нулевых защитных проводников между собой должен обеспечиваться надежный контакт. Присоединение нулевых защитных проводников к частям электроустановок, подлежащих занулению, осуществляется сваркой или болтовым соединением, причем, значение сопротивления между зануляющим болтом и каждой доступной прикосновению металлической нетоковедущей частью электроустановки,

которая может оказаться под напряжением, не должно превышать 0,1 Ом. Присоединение должно быть доступно для осмотра.

7. Нулевые защитные провода и открыто проложенные нулевые защитные проводники должны иметь отличительную окраску: по зеленому фону желтые полосы.

8. В процессе эксплуатации зануления сопротивление петли «фаза-нуль» может меняться, следовательно, необходимо периодически контролировать значение этого сопротивления. Измерения сопротивления петли «фаза-нуль» проводят как после окончания монтажных работ, то есть при приемо-сдаточных испытаниях, так и в процессе эксплуатации в сроки, установленные в нормативно технической документации, а также при проведении капитальных ремонтов и реконструкций сети.

4.3 Метод расчета зануления

Значение тока короткого замыкания $I_{кз}$ зависит от фазного напряжения сети U и сопротивлений цепи, в том числе от полных сопротивлений трансформатора Z_T , фазного проводника Z_{L1} , нулевого защитного проводника Z_{PE} , внешнего индуктивного сопротивления петли (контура) фазный проводник — нулевой защитный проводник (петли фаза–нуль) X_{Π} , а также от активных сопротивлений заземлений нейтрали обмоток источника тока (трансформатора) r_0 и повторного заземления нулевого защитного проводника r_{Π} .

Поскольку r_0 и r_{Π} , как правило, велики по сравнению с другими сопротивлениями цепи, можно не принимать во внимание параллельную ветвь, образованную ими. Тогда выражение для тока короткого замыкания $I_{кз}$ в комплексной форме будет иметь вид:

$$I_{к} = \frac{U}{\frac{Z_T}{3} + Z_{L1} + Z_{PE} + jX_{\Pi}} \quad (4.1)$$

где U — фазное напряжение сети, В;

Z_T — комплекс полного сопротивления обмоток трехфазного источника тока (трансформатора), Ом;

Z_{L1} — комплекс полного сопротивления фазного провода. Ом;

Z_{PE} — комплекс полного сопротивления нулевого защитного проводника, Ом.

При расчете зануления допустимо применять приближенную формулу для вычисления действительного значения (модуля) тока короткого замыкания $I_{кз}$, в которой модули сопротивлений трансформатора и петли фаза – нуль Z_T и Z_{Π} складываются арифметически:

$$I_k = \frac{U}{\frac{Z_T}{3} + Z_{\Pi}} \quad (4.2)$$

Некоторая неточность (около 5%) этой формулы ужесточает требования безопасности и поэтому считается допустимой.

Полное сопротивление петли фаза – нуль в действительной форме (модуль) равно:

$$Z_{\Pi} = \sqrt{(R_{L1} + R_{PE})^2 + (X_{L1} + X_{PE} + X_{\Pi})^2} \quad (4.3)$$

Расчет зануления на отключающую способность является поверочным расчетом правильности выбора проводимости нулевого защитного проводника, а точнее, достаточности проводимости петли фаза – нуль.

Значение Z_T зависит от мощности трансформатора, напряжения и схемы соединения его обмоток, а также от конструктивного исполнения трансформатора. При расчетах зануления значение Z_T берется из таблиц.

Значения R_{L1} и R_{PE} для проводников из цветных металлов (медь, алюминий) определяют по известным данным сечению S , мм², длине l , м, и материалу проводников. При этом искомое сопротивление:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (4.4)$$

где ρ — удельное сопротивление проводника, равное для меди 0,018 Ом·мм²/м, а для алюминия 0,028 Ом·мм²/м.

Если нулевой защитный проводник стальной, то его активное сопротивление R_{PE} определяется с помощью таблиц, в которых приведены значения сопротивлений 1 км (r_w , Ом/км) различных стальных проводников при разной плотности тока частотой 50 Гц.

Для этого необходимо задаться профилем и сечением проводника, а также знать его длину и ожидаемое значение тока КЗ $I_{кз}$, который будет проходить по этому проводнику в аварийный период. Сечением проводника задаются из расчета, чтобы плотность тока КЗ в нем была в пределах примерно 0,5 – 2,0 А/мм².

Значения X_{L1} и X_{PE} медных и алюминиевых проводников сравнительно малы (около 0,0156 Ом/км), поэтому ими можно пренебречь. Для стальных проводников внутренние индуктивные сопротивления оказываются достаточно большими, и их определяют с помощью таблиц. При этом также необходимо знать профиль и сечение проводника, его длину и ожидаемое значение тока $I_{кз}$.

Значение X_{II} может быть определено по известной из теоретических основ электротехники формуле для индуктивного сопротивления двухпроводной линии с проводами круглого сечения одинакового диаметра d , м:

$$X_{\Pi} = \omega L = \omega \frac{\mu_r \mu_0}{\pi} l \ln \frac{2D}{d} \quad (4.5)$$

где ω – угловая скорость, рад/с, L – индуктивность линии, Гн; μ_r – относительная магнитная проницаемость среды; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ – магнитная постоянная, Гн/м; l – длина линии, м; D – расстояние между проводами линии, м.

При малых значениях D , соизмеримых с диаметром проводов d , т. е. когда фазный и нулевой проводники расположены в непосредственной близости один от другого, сопротивление X_{Π} незначительно (не более 0,1 Ом на км) и им можно пренебречь.

5 УРАВНИВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛОВ

5.1 Общие понятия и определения. Требования к выполнению системы уравнивания потенциалов

Правила выполнения системы уравнивания потенциалов определены стандартом МЭК 364-4-41 и (пп. 1.7.82, 1.7.83, 7.1.87, 7.1.88) ПУЭ 7-го изд. Эти правила предусматривают подсоединение всех подлежащих заземлению проводников к общей шине (рис. 5.1). Такое решение позволяет избежать протекания различных непредсказуемых циркулирующих токов в системе заземления, вызывающих возникновение разности потенциалов на отдельных элементах электроустановки [11].

На рис. 5.1 приведен пример выполнения системы уравнивания потенциалов в электроустановке жилого дома. ПУЭ 7-го издания (п.п. 1.7.82, 1.7.83) предписывают устройство основной системы и системы дополнительного уравнивания потенциалов следующим образом:

Требования п. 1.7.82 (ПУЭ). Основная система уравнивания потенциалов в электроустановках до 1 кВ должна соединять между собой следующие проводящие части:

- 1) нулевой защитный РЕ- или PEN-проводник питающей линии в системе TN;
- 2) заземляющий проводник, присоединенный к заземляющему устройству электроустановки, в системах IT и TT;
- 3) заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание (если есть заземлитель);
- 4) металлические трубы коммуникаций, входящих в здание: горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления, газоснабжения и т.п. Если трубопровод газоснабжения имеет изолирующую вставку на вводе в здание, к основной системе уравнивания потенциалов присоединяется только та часть трубопровода, которая находится относительно изолирующей вставки со стороны здания;
- 5) металлические части каркаса здания;
- 6) металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования. При наличии децентрализованных систем вентиляции и кондиционирования металлические воздуховоды следует присоединять к шине РЕ щитов питания вентиляторов и кондиционеров;
- 7) заземляющее устройство системы молниезащиты 2-й и 3-й категорий;
- 8) заземляющий проводник функционального (рабочего) заземления, если такое имеется, и отсутствуют ограничения на присоединение сети рабочего заземления к заземляющему устройству защитного заземления;
- 9) металлические оболочки телекоммуникационных кабелей.

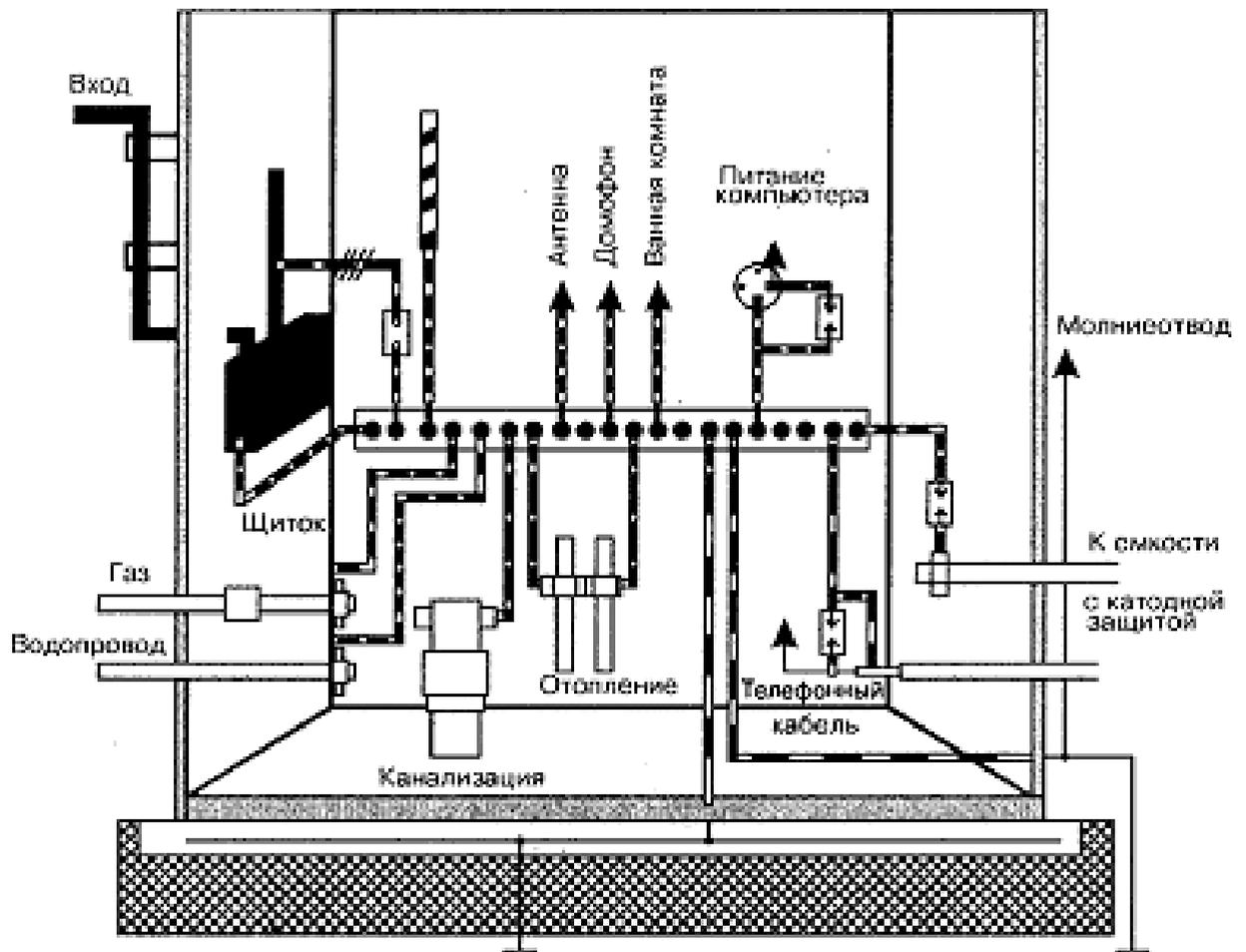


Рисунок 5.1 – Пример выполнения системы уравнивания потенциалов

Требования п. 1.7.83 (ПУЭ):

1. Такие проводящие части должны быть соединены между собой на вводе в здание (Такое решение позволяет избежать протекания различных непредсказуемых циркулирующих токов в системе заземления, вызывающих возникновение разности потенциалов на отдельных элементах электроустановки).

2. Рекомендуется по ходу передачи электроэнергии повторно выполнять дополнительные системы уравнивания потенциалов (п. 7.1.88).

3. К дополнительной системе уравнивания потенциалов должны быть подключены все доступные прикосновению открытые проводящие части стационарных электроустановок, сторонние проводящие части и нулевые защитные проводники всего электрооборудования (в том числе штепсельных розеток).

4. Для ванных и душевых помещений дополнительная система уравнивания потенциалов является обязательной и должна предусматривать, в том числе, подключение сторонних проводящих частей, выходящих за пределы помещений.

5. Если отсутствует электрооборудование с подключенными к системе уравнивания потенциалов нулевыми защитными проводниками, то систему уравнивания потенциалов следует подключить к РЕ шине (зажиму) на вводе.

6. Нагревательные элементы, замоноличенные в пол, должны быть

покрыты заземленной металлической сеткой или заземленной металлической оболочкой, подсоединенными к системе уравнивания потенциалов.

7. В качестве дополнительной защиты для нагревательных элементов рекомендуется использовать УЗО на ток 30 мА. Не допускается использовать для саун, ванн и душевых помещений системы местного уравнивания потенциалов (рис. 5.2).

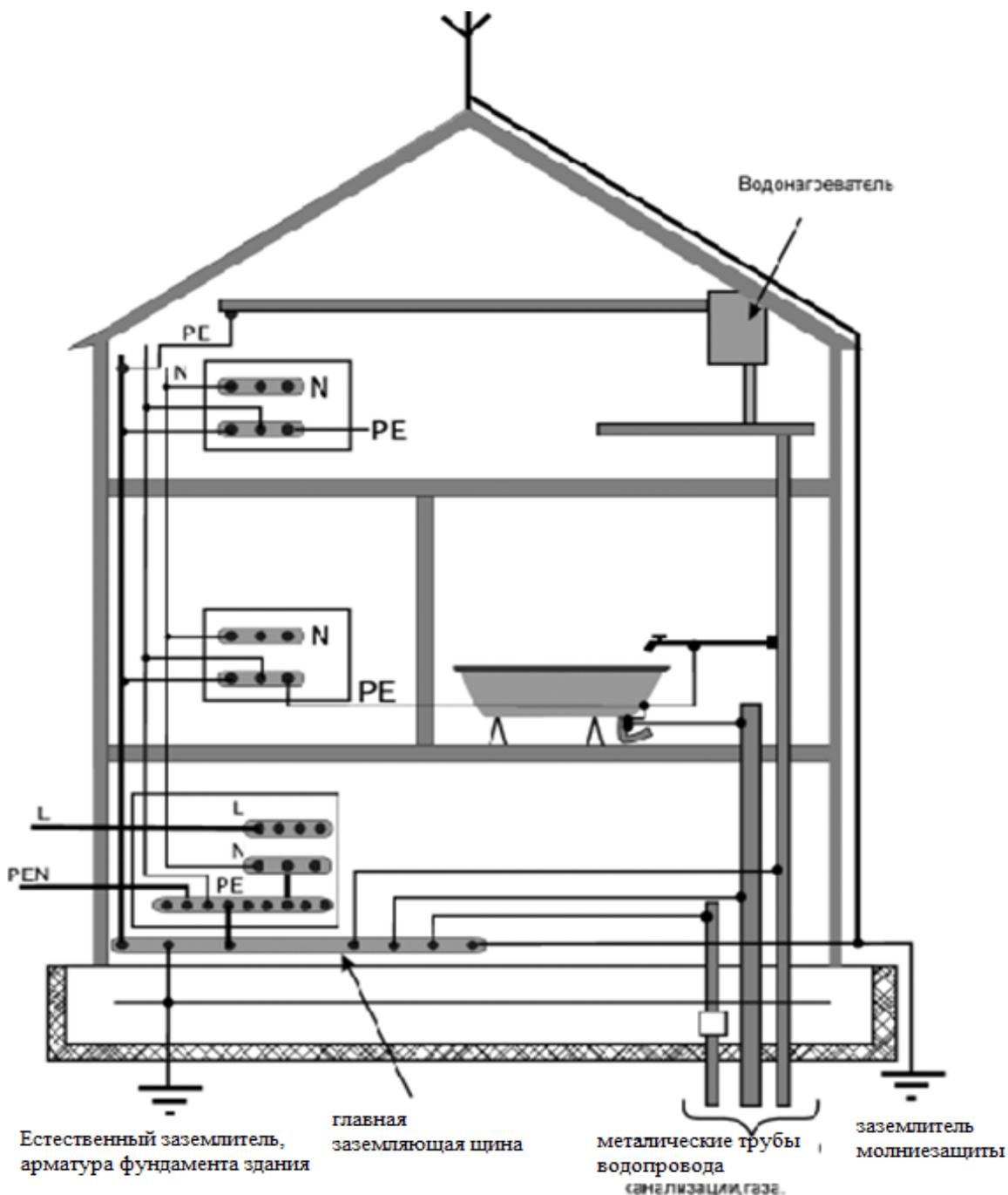


Рисунок 5.2 – Пример выполнения уравнивания потенциалов в электроустановке здания с системой TN-C-S

Для уравнивания потенциалов могут быть использованы специально предусмотренные проводники либо открытые и сторонние проводящие

части, если они удовлетворяют требованиям п. 1.7.122 ПУЭ к защитным проводникам в отношении проводимости и непрерывности электрической цепи [11].

В последнее время, с повышением оснащенности современных жилых домов и производственных зданий различными электроприборами и постоянным развитием их электроустановок все чаще стали наблюдаться явления ускоренной коррозии трубопроводов систем водоснабжения и отопления. За короткое время — от полугода до двух лет на трубах как подземной, так и воздушной прокладки образуются точечные свищи, быстро увеличивающиеся в размерах. Причиной ускоренной точечной (питтинговой) коррозии труб в 98 % случаев является протекание по ним блуждающих токов.

Применение УЗО в комплексе с правильно выполненной системой уравнивания потенциалов позволяет ограничить и даже исключить протекание токов утечки, блуждающих токов по проводящим элементам конструкции здания, в том числе и по трубопроводам.

5.2 Способы уравнивания потенциалов

Электрооборудование зданий становится все более объемным и сложным. Для низковольтных потребителей все ощутимее становится ущерб от грозовых перенапряжений, который возникает вследствие влияния электромагнитных импульсов и несоблюдения безопасного разделительного расстояния между молниеприемником и электротехническими устройствами.

Силовые, газовые и водопроводные коммуникации, системы центрального отопления, антенное оснащение и информационные устройства образуют разветвленную сеть электропроводящих систем. В случае удара молнии одна только внешняя молниезащита не в состоянии уберечь чувствительное оборудование внутри здания от повреждения, поэтому требуется система внутренней молниезащиты, и, прежде всего, система уравнивания потенциалов при грозовых явлениях.

Цель уравнивания потенциалов — обеспечить равные потенциалы во всех взаимосвязанных металлических элементах здания, то есть создать эквипотенциальную поверхность. Тогда даже при заносе высокого потенциала внутрь здания он одновременно повышается на всех металлических конструкциях, благодаря чему не возникает опасной разности потенциалов, исключается возможность протекания опасных токов и искрения.

Способы уравнивания потенциалов:

5.2.1 Основная система уравнивания потенциалов (ОСУП).

Устройство основной системы уравнивания потенциалов — важнейшее защитное мероприятие (рис. 5.3).

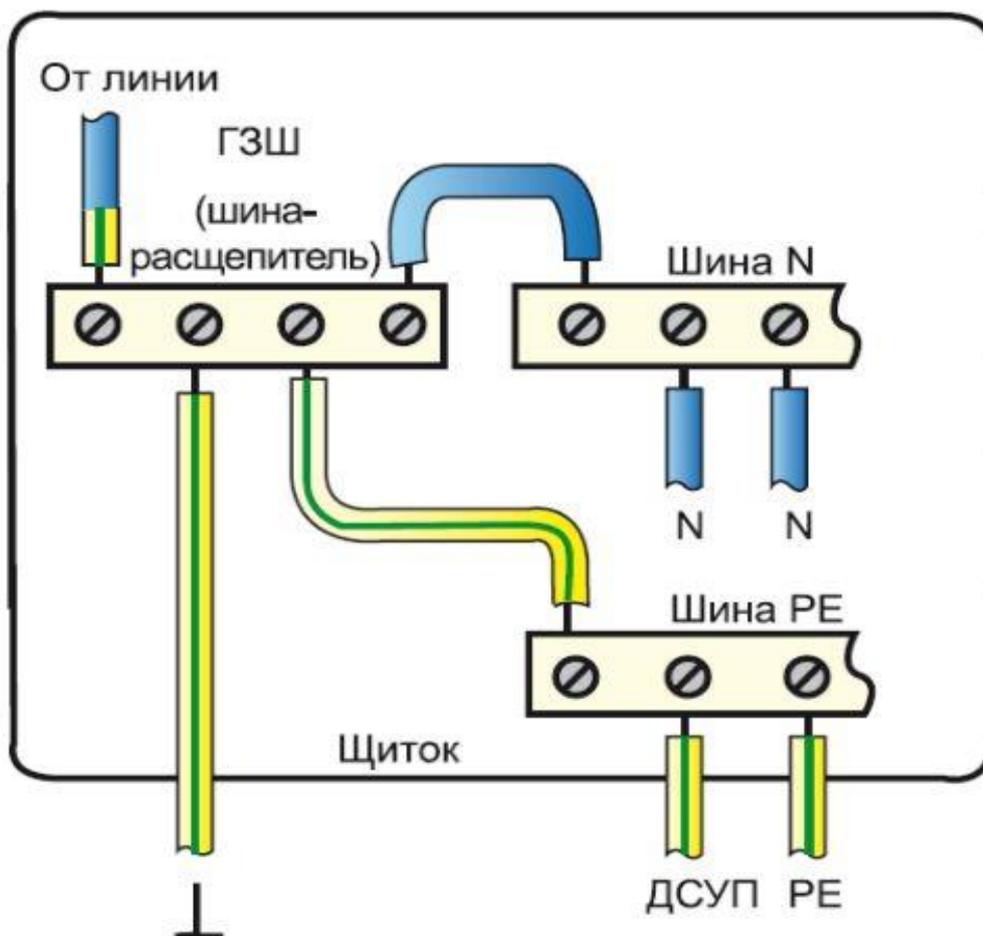


Рисунок 5.3 – Подключение коммутаций к головной заземляющей шине

В соответствии с нормой DIN VDE 0100-410 и требованиями ПУЭ п. 1.7.82, система уравнивания потенциалов в здании должна соединять между собой главную защитную магистраль (нулевой защитный PE- или PEN-проводник), главную магистраль заземления (заземляющий проводник), главную заземляющую шину (ГЗШ) и проводящие элементы, такие как:

- металлические трубопроводы питающих здание систем (вода, газ и т.д.);
- металлические детали конструкций здания, центрального отопления и климатических установок;
- арматуру железобетонных строительных конструкций и т.д.

Основная система уравнивания потенциалов в большинстве случаев имеет один вывод из здания. ГЗШ устанавливается в помещении распределительного устройства на вводе в здание или как можно ближе к точке ввода, это шина, к которой подключен контур заземления, и находится она в главном щите на вводе в здание, а уже от этой шины расходится сеть проводов системы уравнивания потенциалов.

Особенности основной системы уравнивания потенциалов:

- не допускается соединение защитного заземляющего провода и рабочего нулевого;

- к каждой заземляемой конструкции должен подходить свой отдельный провод системы уравнивания потенциалов;
- на всей протяженности проводов СУП запрещено включать какие-либо коммутационные аппараты. Цепь должна быть неразрывна.

5.2.2 Система дополнительного уравнивания потенциалов

Дополнительное (местное) уравнивание потенциалов (ДСУП) устраивают в тех зонах размещения электрооборудования, где окружающие условия представляют опасность, а также, когда нормы прямо указывают на необходимость такой системы. ДСУП очень похожа на ОСУП с той лишь разницей, что вместо щита — коробка уравнивания потенциалов, а вместо заземляющего контура – главная заземляющая шина.

ДСУП согласно ПУЭ является обязательной для всех ванных комнат и душевых. К ДСУП подключаются все проводящие элементы в квартире. Выполняется такая защита при помощи проводника, имеющего жёлто-зелёную изоляцию посредством которого параллельно подсоединяется всё оборудование в доме к специальной коробке уравнивания потенциалов (КУП), которая помещается в клеммной колодке. То есть к коробке от каждого отдельного элемента идёт один провод (соединение шлейфом запрещается).

Таким образом, удаётся добиться уравнивания потенциалов между всем оборудованием в пределах одной квартиры (дома).

К КУП подключаются:

- нулевые защитные проводники от всего оборудования;
- нулевые защитные проводники розеток;
- изолированные металлические предметы (например, ванная, смесители, полотенцесушители);
- металлические сетки, замоноличенные в пол (используются в системах подогреваемого пола);
- выходящие за пределы помещения проводники тока (водопровод, стояк отопления и т.д.).

От КУП выводится на главный щиток этажа или частного дома отдельный проводник, который подключается к шине РЕ.

В качестве проводника дополнительной системы уравнивания потенциалов допускается использовать медный провод сечением не менее 4 мм², алюминиевый провод сечением не менее 16 мм². Толщина провода, который соединяет КУП и шину РЕ должна быть не менее 6 мм². В ДСУП допускается применение металлических хомутов для подключения к КУП инженерных коммуникаций.

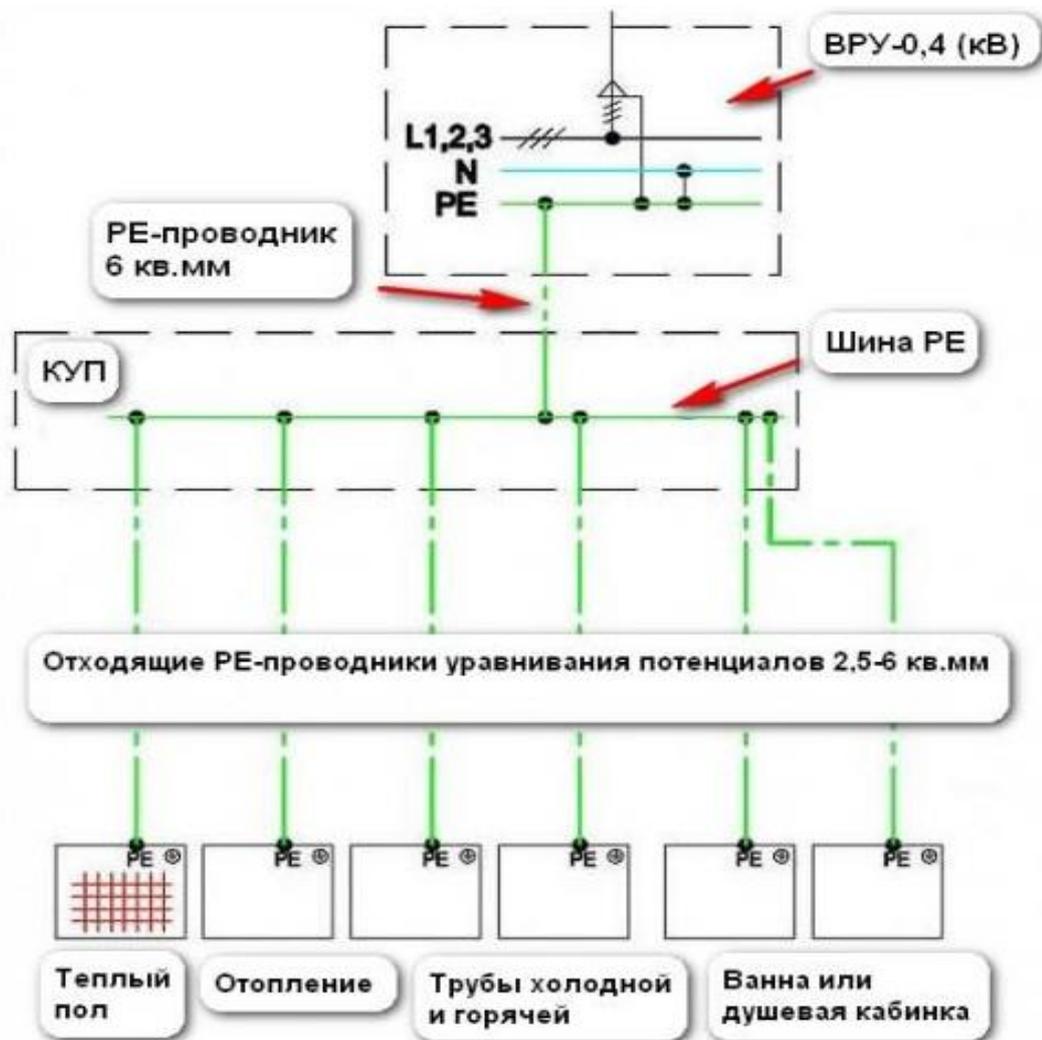


Рисунок 5.4 – Схема дополнительной системы уравнивания потенциала

Причиной применения ДСУП является то, что в ОСУП при удалении от ГЗШ помещения возрастает сопротивление в системе ОСУП, соответственно, она уже не способна эффективно снимать накопившийся заряд с проводящих элементов. Реализация ДСУП позволяет добиться одинакового потенциала в пределах одной квартиры, соответственно опасность поражения человека током уменьшается.

Требования к ДСУП:

1. Нагревательные элементы, замоноличенные в пол, должны быть также покрыты металлической сеткой, присоединённой к ДСУП.
2. ДСУП является **ОБЯЗАТЕЛЬНОЙ** для всех ванных и душевых помещений.
3. В домах старого жилого фонда, не переведённых на систему заземления TN-C-S, выполнение ДСУП в одной, отдельно взятой, квартире может быть опасно для жизни и **категорически запрещается.**
4. Делается ДСУП с помощью специального медного проводника в жёлто-зелёной изоляции сечением не менее 4 мм². Всё оборудование параллельно соединяется этим проводником (каждый проводник на

отдельную клемму) на клеммной колодке в коробке уравнивания потенциалов (КУП).

5. Провода системы уравнивания потенциалов проложить скрыто по стенам в слое штукатурки и открыто для присоединения ванны.

6. Реально для ДСУП используются однопроволочные провода в жёлто-зелёной изоляции типа ПВ1-1×6,0 и ПВ1-1×2,5. *Первый* — для подключения проводящих частей оборудования и подключения к главному щитку, *второй* — для соединения с клеммами защитных проводников (РЕ) электрооборудования. Можно использовать уже готовую специализированную коробку КУП с шиной или любую брызгозащищённую подходящих размеров. К коробке для проверки и обслуживания (для подтяжки винтов) должен быть обеспечен доступ. Проводник сечением не менее 4 мм² (ПВ1-1×6,0) от каждой КУП отдельно ведётся на главный щиток на этаже или в коттедже на отдельную клемму, соединённую с шиной РЕ.

5.2.3 Уравнивание потенциалов системы молниезащиты

В связи с большей силой тока и крутизной его нарастания при ударе молнии, возникает гораздо большая разница потенциалов, чем вследствие утечки тока в трехфазной сети. Поэтому, для защиты от воздействий токов молнии требуется выполнить уравнивание потенциалов.

Чтобы избежать неконтролируемых замыканий при ударе молнии, необходимо напрямую или косвенно соединить электроустановки, металлическую оснастку, систему заземления и молниезащитную систему с устройствами защиты. Проводники системы уравнивания потенциалов должны быть соединены с шиной уравнивания, доступной для испытательных целей. Шина уравнивания потенциалов соединяется с заземлением. Крупные здания могут иметь несколько шин уравнивания потенциалов при условии, что все они будут соединены между собой. Уравнивание потенциалов системы молниезащиты должно происходить на месте ввода проводников в здание (ВРУ), а также там, где не могут быть соблюдены безопасные расстояния, в подвале или на уровне грунта.

В здании, выполненном из железобетона или с металлическим каркасом, или с системой внешней молниезащиты, имеющей отдельное исполнение, уравнивание потенциалов молниезащиты должно быть выполнено только на уровне грунта. В зданиях, высота которых превышает 30 м, на каждые последующие 20 м выполняется уравнивание потенциалов молниезащиты.

Система внутренней молниезащиты для электропитающей сети до 1000 В, состоящая из разного типа устройств защиты от импульсных перенапряжений, должна быть способна осуществить отвод грозовых токов

или их большей части без повреждения самих защитных устройств. Для определения величины тока, проходящего через УЗИП первой ступени защиты в случае прямого удара молнии в здание, защищённое системой внешней молниезащиты, рекомендуется исходить из конфигурации системы заземления и уравнивания потенциалов здания, а также подведенных к нему коммуникаций (трубопроводов, электропитающих кабелей, кабелей связи и передачи информации и др.).

По стойкости изоляции электротехническое оборудование, предназначенное для использования в сетях 220/380 В, делится на 4 категории (IV, III, II, I). Для каждой категории определяются так называемые максимально выдерживаемые импульсные перенапряжения (защитные уровни), допускаемые для подключённого оборудования (см. рис. 5.5).

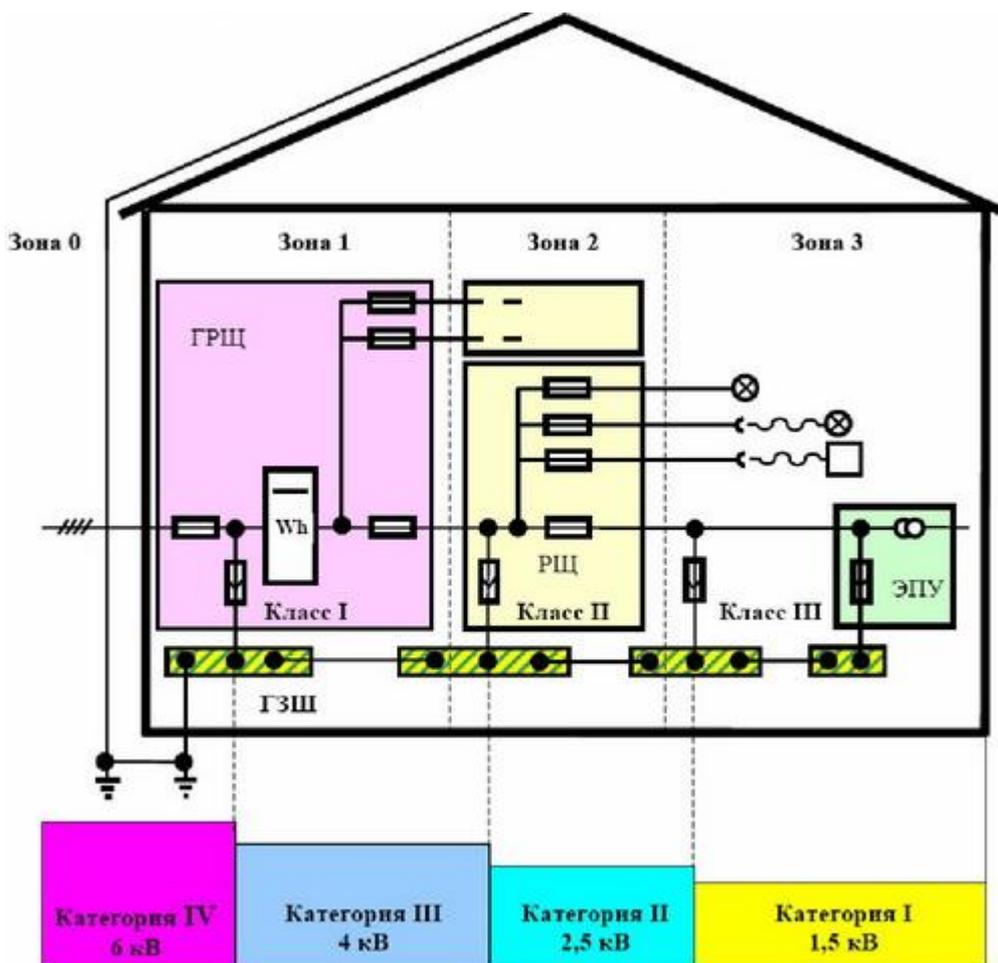


Рисунок 5.5 – Характеристика электротехнического оборудования по стойкости изоляции, предназначенное для использования в сетях 220/380 В

Молниепроводящие элементы необходимо размещать на безопасном расстоянии от системы уравнивания потенциалов, чтобы избежать возникновения импульсных перекрытий. Если безопасное расстояние соблюсти невозможно, то организуются дополнительные связи между молниеприемником, молниеотводом и системой уравнивания потенциалов.

При этом нужно учитывать, что дополнительные связи способствуют заносу высокого потенциала внутрь здания.

5.2.4 Система потенциалов молниезащиты и металлической оснастки

Элементы металлической оснастки нужно соединить между собой и системой молниезащиты. К металлической оснастке относятся: трубопроводы водо-, газо-, теплоснабжения и пожаротушения, направляющие шины лифтов, каркасы кранов, воздухопроводы вентиляции и климатических установок. Все металлические конструкции необходимо, по возможности, соединять с шинами уравнивания потенциалов. В качестве соединительных линий могут служить электропроводящие трубы, за исключением газопроводов.

Если на газо- или водопроводе существуют изолированные участки, то они должны быть шунтированы проводником. Подземные металлические трубопроводы, которые пролегают близко от заземления, соединять с системой молниезащиты не требуется. Это же относится к железнодорожным рельсам. Если все же их соединение необходимо, то его следует согласовать с эксплуатирующей организацией.

Уравнивание потенциалов молниезащиты и электротехнического оборудования

Соединения, необходимые для уравнивания потенциалов молниезащиты, следует выполнять в соответствии с положениями ПУЭ, соблюдая нормы сечения проводников.

Следует различать непосредственные соединения и такие, которые устанавливаются через разделительные искровые промежутки.

Допускается непосредственное соединение системы молниезащиты с такими элементами, как:

— защитные связи в сетях TN, TT и IT для защиты от поражения электрическим током при нештатных ситуациях (защита при непрямом контакте);

— заземляющие устройства силовых установок мощностью выше 1 кВт при условии, что не будет заноса высокого потенциала в заземлитель;

— подземные линии заземления приборов защиты от перенапряжений;

— заземление систем дальней коммуникации;

— антенные устройства;

— заземлители системы защиты от перенапряжений охранных сооружений (заборов).

Если силовые или информационные линии экранированы либо проложены в металлической трубе, то дополнительные мероприятия по уравниванию потенциалов не требуются.

Через разделительные искровые промежутки соединяются:

— заземляющие устройства силовых установок мощностью более 1 кВт, когда может возникать занос высокого потенциала в заземлитель;

— вспомогательный заземлитель от устройства защитного отключения,

срабатывающего от опасного напряжения;

— рельс (или обратный провод) тяговой установки постоянного тока;

— рельс (или обратный провод) тяговой установки переменного тока, когда положения ПУЭ или сигнально-технические соображения не позволяют выполнить непосредственное соединение;

— установки с катодной антикоррозионной защитой и с защитой от утечки тока;

— заземление измерительных систем, если они спроектированы отдельно от защитных линий.

Для проведения контрольных испытаний должен быть обеспечен доступ к разъединительным искровым промежуткам. Грамотное проектирование и монтаж системы внутренней молниезащиты сводят к минимуму ущерб, обусловленный импульсами перенапряжений и разностью потенциалов, возникающих внутри здания.

6 УСТРОЙСТВА ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ

6.1 Общие положения

Устройство защитного отключения (УЗО) (residual current device (RCD)) — Механический коммутационный аппарат, предназначенный для включения, проведения и отключения токов при нормальных условиях эксплуатации, а также размыкания контактов в случае, когда значение дифференциального тока достигает заданной величины в определенных условиях [1].

Устройства защитного отключения, реагирующие на дифференциальный ток, наряду с устройствами защиты от сверхтока, относятся к дополнительным видам защиты человека от поражения при косвенном прикосновении, обеспечиваемой путем автоматического отключения питания.

Защита от сверхтока (при применении защитного зануления) обеспечивает защиту человека при косвенном прикосновении — путем отключения автоматическими выключателями или предохранителями поврежденного участка цепи при коротком замыкании на корпус. При малых токах замыкания, снижении уровня изоляции, а также при обрыве нулевого защитного проводника зануление недостаточно эффективно, поэтому в этих случаях УЗО является единственным средством защиты человека от электропоражения.

В основе действия защитного отключения, как электрoзащитного средства:

1. Лежит принцип ограничения за счет быстрого отключения продолжительности протекания тока через тело человека при непреднамеренном прикосновении его к элементам электроустановки, находящимся под напряжением.

2. УЗО обеспечивает защиту человека от поражения электрическим током при прямом прикосновении к одной из токоведущих частей.

3. осуществляет защиту от возгораний и пожаров, возникающих на объектах вследствие возможных повреждений изоляции, неисправностей электропроводки и электрооборудования.

УЗО, реагируя на ток утечки на землю или защитный проводник, заблаговременно, до развития в короткое замыкание, отключает электроустановку от источника питания, предотвращая тем самым недопустимый нагрев проводников, искрение, возникновение дуги и возможное последующее возгорание.

Особенности:

1. УЗО давно стало привычным и обязательным элементом любой электроустановки промышленного или социально-бытового назначения.

2. УЗО является обязательным элементом любого распределительного щита — стационарного, временного (на стройплощадке) или мобильного.

3. УЗО оборудованы в обязательном порядке все передвижные объекты (жилые домики-прицепы на кемпинговых площадках, торговые фургоны, фургоны общественного питания, малые временные электроустановки наружной установки, например, устраиваемые на площадях на время праздничных гуляний), ангары, гаражи.

4. УЗО встраивают в розеточные блоки или вилки, через которые подключаются электроинструмент или бытовые электроприборы, эксплуатируемые в особо опасных — влажных, пыльных, с проводящими полами и т.п. помещениях.

5. Применения УЗО, реагирующие на дифференциальный ток, широко применяются в целях борьбы с хищениями электроэнергии путем использования локального заземлителя.

В настоящее время действует международная классификация УЗО, разработанная МЭК - международной электротехнической комиссией:

- **RCD** (residual current protective device) — защитное устройство по (разностному) дифференциальному току, общее название УЗО;

- **PRCD-S** (portable residual current protective device-safety) — переносное защитное устройство по дифференциальному току (в кабеле-удлинителе);

- **PRCD** (portable residual current protective device) — переносное защитное устройство по дифференциальному току;

- **RCCB** (residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection) — защитное устройство по дифференциальному току без встроенной защиты от сверхтоков;

- **SRCD** (fixed socket outlet residual current protective device) — защитное устройство по дифференциальному току (встроенное в розетку);

- **RCM** (residual current monitor) — устройство контроля дифференциального тока (тока утечки);

- **RCBO** (residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection) — защитное устройство по дифференциальному току со встроенной защитой от сверхтоков.

УЗО со встроенной защитой от сверхтоков (комбинированное) часто называется «дифференциальный автомат», или «дифференциальный выключатель», «дифференциальное реле». Это название — ошибочное, не соответствует российским стандартам. Появилось оно в результате неправильного перевода иностранного термина, сделанного переводчиком, незнакомым с отечественной электротехнической терминологией.

6.2 Принцип действия УЗО

Функционально УЗО (электромеханического действия) можно определить как быстродействующий защитный выключатель, реагирующий

на дифференциальный ток в проводниках, подводящих электроэнергию к защищаемой электроустановке.

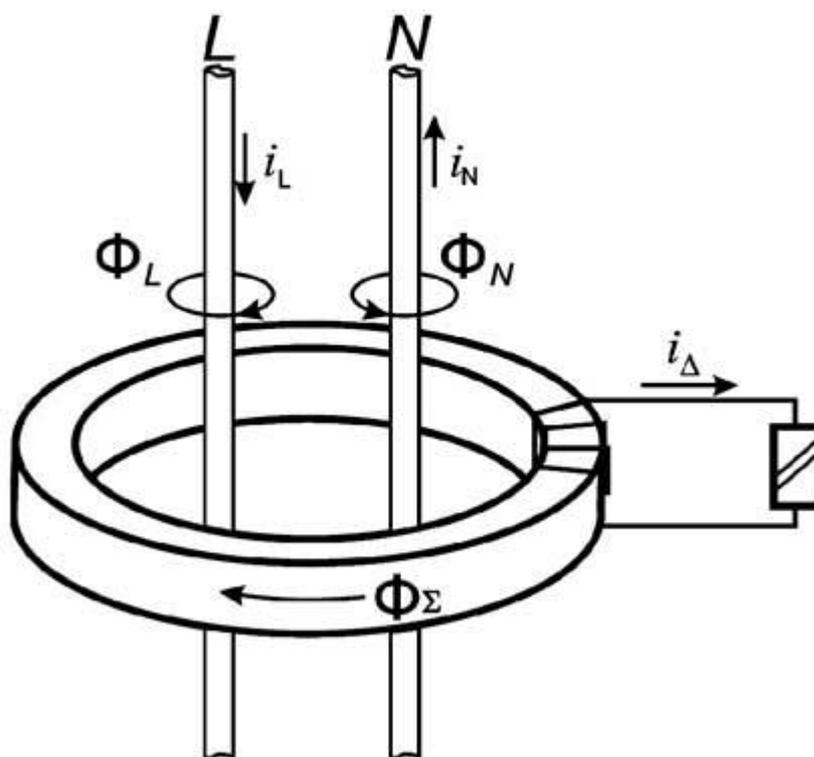


Рисунок 6.1 – Функциональная схема УЗО дифференциального типа

Принцип действия УЗО дифференциального типа основан на применении электромагнитного векторного сумматора токов-дифференциального трансформатора тока. Сравнение текущих значений двух и более (в четырехполюсных УЗО - 4-х) токов по амплитуде и фазе наиболее эффективно, т.е. с минимальной погрешностью, осуществляется электромагнитным путем- с помощью дифференциального трансформатора тока (рис. 6.1).

Суммарный магнитный поток в сердечнике - Φ_{Σ} , пропорциональный разности токов в проводниках, являющихся первичными обмотками трансформатора, i_L и i_N , наводит во вторичной обмотке трансформатора тока соответствующую ЭДС, под действием которой в цепи вторичной обмотки протекает ток i_{Δ} , также пропорциональный разности первичных токов.

Следует отметить, что к магнитному сердечнику трансформатора тока электромагнитного УЗО предъявляются чрезвычайно высокие требования по качеству - высокая чувствительность, линейность характеристики намагничивания, температурная и временная стабильность и т. д.

По этой причине для изготовления сердечников трансформаторов тока, применяемых при производстве УЗО, используется специальное

высококачественное аморфное (некристаллическое) железо.

Основные функциональные блоки УЗО представлены на рис. 6.2.

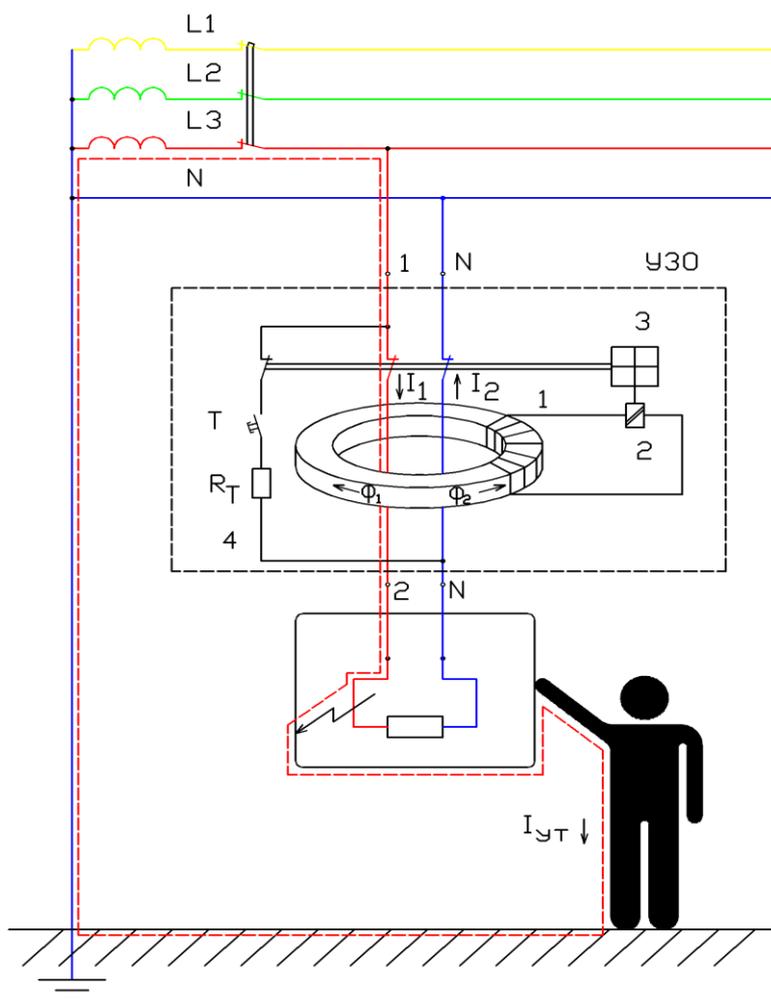


Рисунок 6.2 – Принцип действия УЗО

Важнейшим функциональным блоком УЗО является *дифференциальный трансформатор тока 1*. В абсолютном большинстве УЗО, производимых и эксплуатируемых в настоящее время во всем мире, в качестве датчика дифференциального тока используется именно трансформатор тока. В литературе по вопросам конструирования и применения УЗО этот трансформатор иногда называют трансформатором тока нулевой последовательности — ТТНП, хотя понятие «нулевая последовательность» применимо только к трехфазным цепям и используется при расчетах несимметричных режимов многофазных цепей.

Пусковой орган (пороговый элемент) 2 выполняется, как правило, на чувствительных магнитоэлектрических реле прямого действия или электронных компонентах.

Исполнительный механизм 3 включает в себя силовую контактную группу с механизмом привода. В нормальном режиме, при отсутствии дифференциального тока — тока утечки, в силовой цепи по проводникам, проходящим сквозь окно магнитопровода трансформатора тока 1, протекает

рабочий ток нагрузки. Проводники, проходящие сквозь окно магнитопровода, образуют встречно включенные первичные обмотки дифференциального трансформатора тока. Если обозначить ток, протекающий по направлению к нагрузке, как I_1 , а от нагрузки как I_2 , то можно записать равенство: $I_1 = I_2$.

Равные токи во встречно включенных обмотках наводят в магнитном сердечнике трансформатора тока равные, но векторно встречно направленные магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 . Результирующий магнитный поток равен нулю, ток во вторичной обмотке дифференциального трансформатора также равен нулю. Пусковой орган 2 находится в этом случае в состоянии покоя.

При прикосновении человека к открытым токопроводящим частям или к корпусу электроприемника, на который произошел пробой изоляции, по фазному проводнику через УЗО кроме тока нагрузки I_1 протекает дополнительный ток — ток утечки (I_D), являющийся для трансформатора тока дифференциальным (разностным). Неравенство токов в первичных обмотках ($I_1 + I_D$ в фазном проводнике и I_2 , равный I_1 , в нулевом рабочем проводнике) вызывает небаланс магнитных потоков и, как следствие, возникновение во вторичной обмотке трансформированного дифференциального тока. Если этот ток превышает значение уставки порогового элемента пускового органа 2, последний срабатывает и воздействует на исполнительный механизм 3. 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 4. При нажатии кнопки «Тест» искусственно создается отключающий дифференциальный ток. Срабатывание УЗО означает, что оно в целом исправно.

6.3 Классификация устройств защитного отключения

1. По способу действия:

1.1. УЗО без вспомогательного источника питания.

1.2. УЗО—Д со вспомогательным источником питания:

1.2.1 выполняющие автоматическое отключение при отказе вспомогательного источника с выдержкой времени и без неё:

- производящие автоматическое повторное включение при восстановлении работы вспомогательного источника;

- не производящие автоматическое повторное включение при восстановлении работы вспомогательного источника;

1.2.2 не производящие автоматическое отключение при отказе вспомогательного источника:

- способные произвести отключение при возникновении опасной ситуации после отказа вспомогательного источника;

- не способные произвести отключение при возникновении опасной ситуации после отказа вспомогательного источника.

2. По виду входного сигнала (рис. 6.3):



Рисунок 6.3 - Классификация УЗО по виду входного сигнала

3. По назначению:

3.1. УЗО без встроенной защиты от сверхтоков.

3.2. УЗО со встроенной защитой от сверхтоков.

4. По способу управления:

4.1. УЗО, функционально не зависящие от напряжения.

4.2. УЗО, функционально зависящие от напряжения.

4.2.1 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;

4.2.2. устройства, не размыкающие силовые контакты при исчезновении напряжения. Имеются также две 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.

5. По способу установки:

5.1. УЗО, применяемые для стационарной установки при неподвижной электропроводке;

5.2. УЗО, используемые для подвижной установки (переносного типа) и шнурового присоединения.

6. По основным параметрам:

- номинальному току нагрузки – 16, 20, 25, 32, 40, 63, 80, 100 А;
- номинальному отключающему дифференциальному току – 10, 30, 100, 300 мА, 500 мА.

7. По числу полюсов:

- однополюсные двухпроводные;
- двухполюсные;
- двухполюсные трехпроводные;
- трехполюсные;
- трехполюсные четырёхпроводные;
- четырёхполюсные.

8. По виду защиты от сверхтоков и перегрузок по току:

- без встроенной защиты от сверхтоков;
- со встроенной защитой от сверхтоков;
- со встроенной защитой от перегрузки.

9. По возможности регулирования отключающего дифференциального тока:

- нерегулируемые;
- регулируемые (с дискретным или плавным регулированием).

10. По условиям функционирования:

УЗО-Д типа АС - устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток, возникающий внезапно, либо медленно возрастающий.

УЗО-Д типа А - устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток и пульсирующий постоянный дифференциальный ток, возникающие внезапно, либо медленно возрастающие.

УЗО-Д типа В. УЗО реагирует на переменный, постоянный и выпрямленный дифференциальные токи.

УЗО-Д типа S - селективное (с выдержкой по времени отключения), это может быть необходимо там, где используется АВР.

УЗО-Д типа G - то же что и S, но с меньшей выдержкой времени.

Применение УЗО типа А целесообразно в обоснованных случаях, например, в цепях, содержащих потребители с тиристорным управлением без разделительного трансформатора. УЗО типа В применяют в промышленных электроустановках со смешанным питанием — переменным, выпрямленным и постоянным токами.

11. По их технической реализации:

- *Электромеханические устройства*, не зависят от наличия напряжения питания. Работают такие устройства исключительно с контролируемым сигналом и не требуют для своего функционирования дополнительного источника энергии.

- *Электронные УЗО* для обеспечения отключения потребителя нуждаются в дополнительном источнике энергии, которую получают от контролируемой цепи, либо от дополнительного источника.

6.4 Установка УЗО в схему

6.4.1 Разделение объединенного нулевого (PEN) проводника

В тех случаях, когда УЗО устанавливается в электроустановку, питающуюся по 4-х проводной схеме (3 фазы + объединенный нулевой проводник, PEN-проводник), то есть по стандарту TN-C, требуется выполнять разделение объединенного нулевого проводника (PEN-проводника) на нулевой рабочий (N) и нулевой защитный (PE) проводники (перейти к системе TN-C-S). Требования ПУЭ к разделению PEN-проводника гласят:

- нулевой рабочий и нулевой защитный проводники запрещено присоединять под один болт;

- PEN-проводник для разделения присоединяется к PE-клемме, надежно соединенной с N-клеммой.

Разделение PEN-проводника предпочтительно осуществлять на металлическом корпусе щита. Такое разделение демонстрирует рис. 6.4.

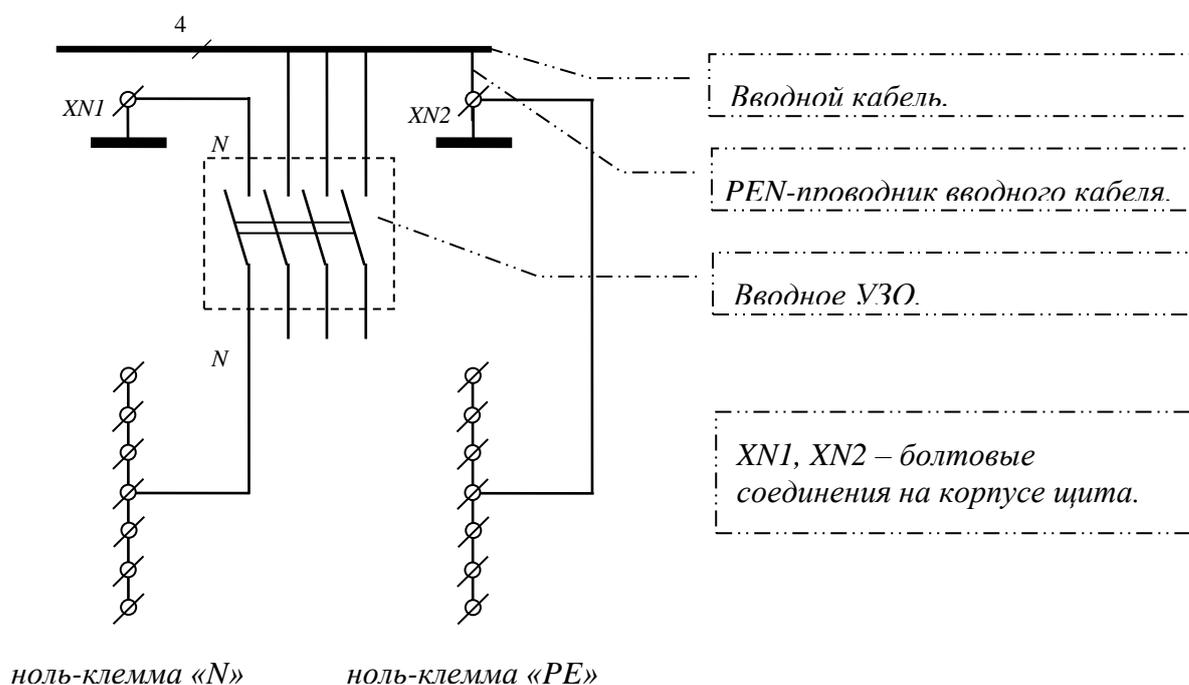


Рисунок 6.4 - Разделение PEN-проводника на корпусе щита.

Совмещенный PEN-проводник вводного кабеля присоединяется к болтовому соединению XN2, смонтированному на корпусе щита. XN2 соединен также с ноль-клеммой «PE», служащей для распределения защитного нуля. Рабочий ноль берется от болтового соединения XN1, также смонтированного на корпусе щита. С XN1 допустимо брать несколько проводников рабочего ноля (например, для нескольких УЗО), но нельзя присоединять к нему PE или PEN проводники нагрузок. В том случае, если нагрузкой является распределительный щит, питаемый по 4-ех проводной схеме, то ее PEN-проводник следует присоединять к XN2 (не к ноль-клемме «PE» и не к цепям рабочего ноля).

Нельзя разделять PEN-проводник в нулевой клемме входного УЗО (Рисунок 6.5.)

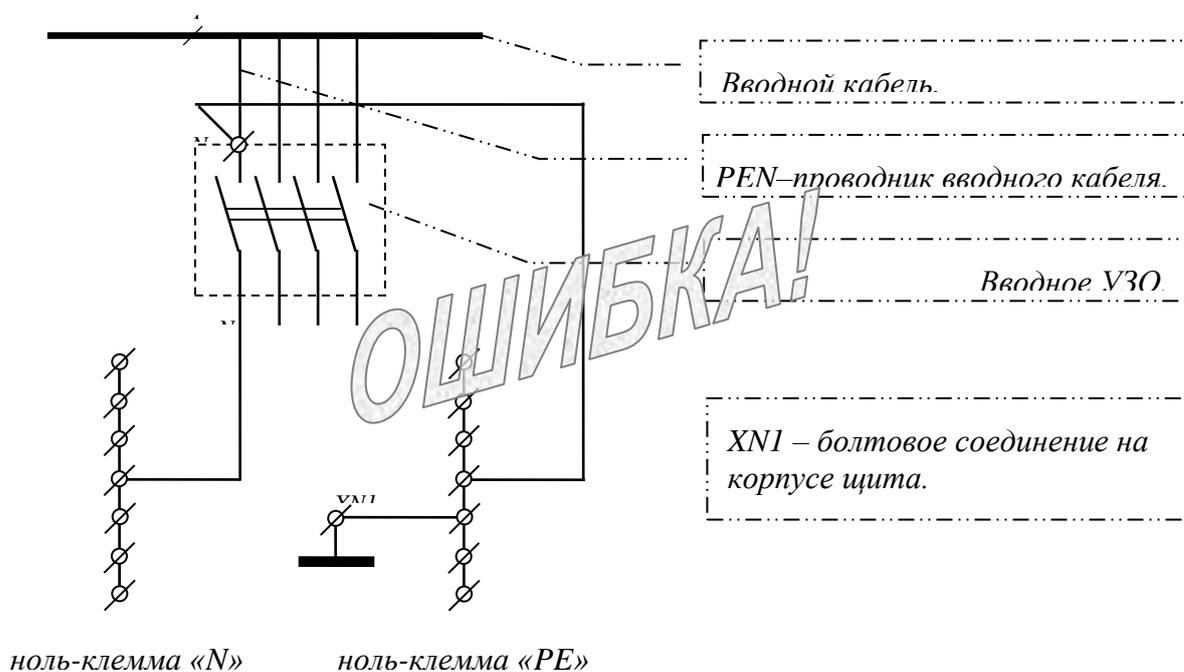
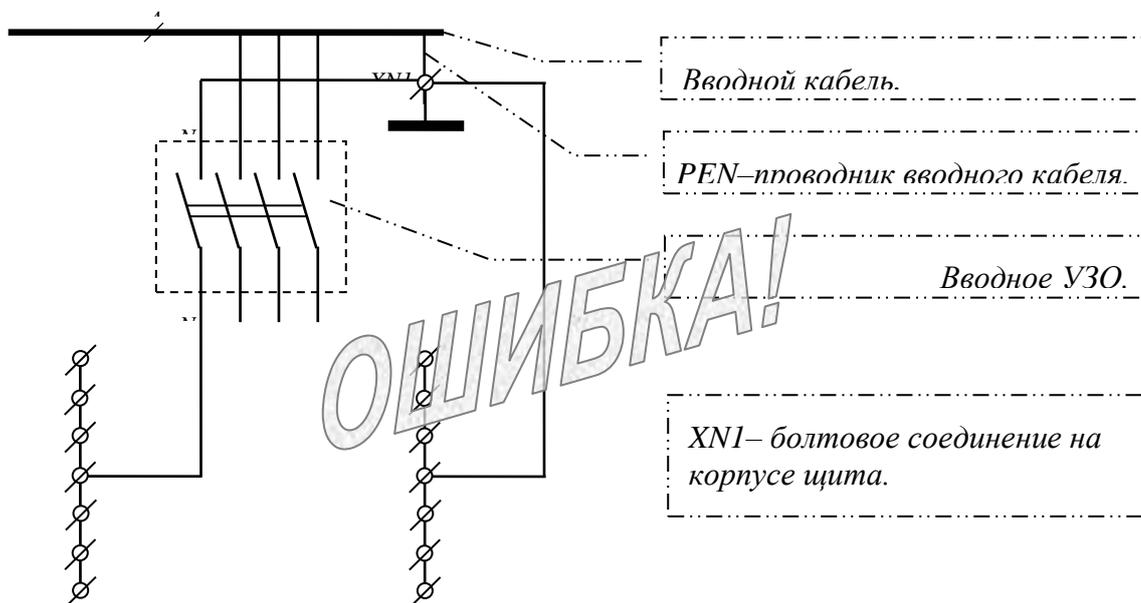


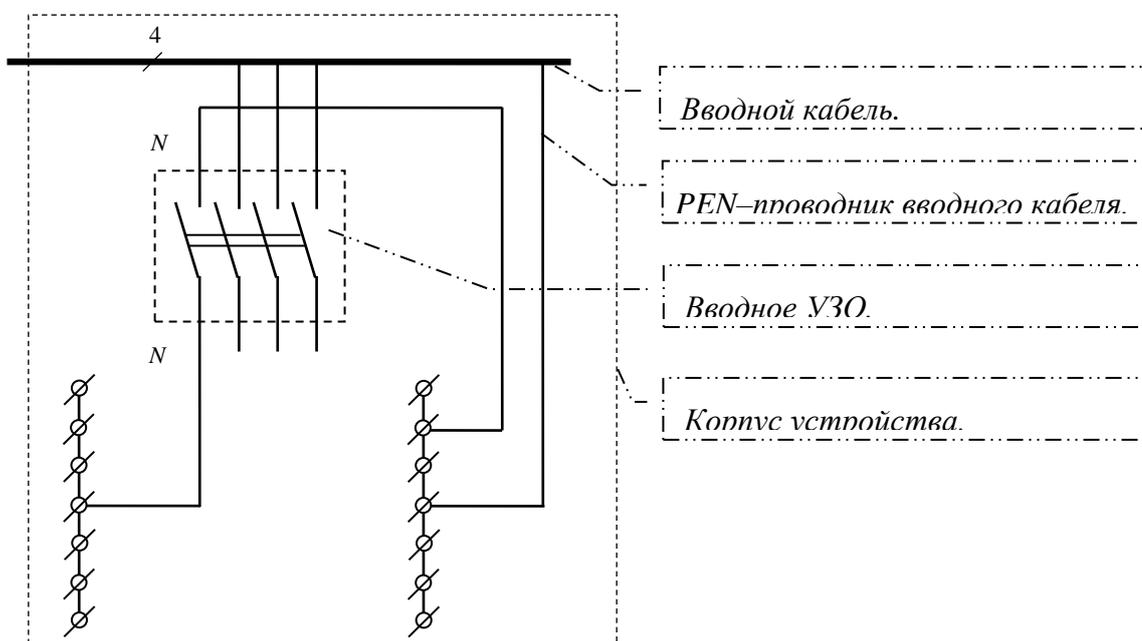
Рисунок 6.5 - Ввод PEN-проводника во входную клемму «N» УЗО – ОШИБКА!

Запрещено также соединять N, PE и PEN проводники под один болт - (рис. 6.6). В случаях, когда разделение PEN-проводника требуется выполнить в устройстве с не проводящим электрический ток корпусом. Следует вводить PEN-проводник на ноль-клемму PE –рис. 6.7. При этом особое внимание следует уделить надежности соединения PEN-проводника с ноль-клеммой PE, например, зажать этот проводник под два винта ноль-клеммы.



ноль-клемма «N» ноль-клемма «PE»

Рисунок 6.6 - Объединение N, PE и PEN проводников под один болт – ОШИБКА!



ноль-клемма «N» ноль-клемма «PE»

Рисунок 6.7- Разделение PEN-проводника в токонепроводящем корпусе

Следует отметить основное, с точки зрения использования УЗО, различие рабочего и защитного полей – в рабочем поле ток течет в нормальном режиме, а в защитном поле - только при аварии электроустановки.

Выбор типоразмера болтового соединения для ноля сети по току

нагрузки. Для выбора типоразмера болтового соединения, обеспечивающего присоединение защитного (и рабочего) ноля составлена таблица 6.1.

Таблица 6.1 - Типоразмер болтовых соединений защитного зануления.

| Ток нагрузки, А | Типоразмер резьбы соединения | Наименьший диаметр контактной площадки, мм |
|------------------|------------------------------|--|
| до 16 | M4 | 12 |
| свыше 16 до 25 | M5 | 14 |
| свыше 25 до 100 | M6 | 16 |
| свыше 100 до 250 | M8 | 20 |
| свыше 250 до 630 | M10 | 25 |
| свыше 630 | M12 | 28 |

6.5 Поиск причин срабатывания УЗО

Все причины, вызывающие срабатывание УЗО (при эксплуатации электрических сетей), можно уложить в четкую классификацию.

1. Неверное подключение электроприемников:

- 1.1. Ошибки монтажа;
- 1.2. Ошибки проектирования.

2. **Неисправность сети или электроприемников** (падение сопротивления изоляции токоведущих частей электроустановки).

Ошибки монтажа. При подключении электроприемников через УЗО разводка фазных проводников обычно не вызывает затруднений. А вот неверное включение нулевых проводников встречается, при недостаточной квалификации персонала, сплошь и рядом. Типичную «трудность» представляет собой подключение трехфазных электроприемников с металлическим корпусом. Рассмотрим, например, включение через УЗО трехфазного электродвигателя – рис. 6.8.

На схеме условно не показаны аппараты токовой защиты и управления. Слева - верное подключение, справа - типичная ошибка. С токопроводящими корпусами электроприемников должен быть связан защитный, но никак не рабочий ноль.

Подобную ошибку бывает очень тяжело обнаружить, так как срабатывание УЗО происходит без видимых закономерностей. Какое-то время электродвигатель (по схеме справа) работает нормально, затем УЗО отключается, его включают и опять какое-то время электроустановка работает «нормально» и так далее. Причина срабатывания УЗО по схеме (см. рис.6.8) справа – в утечке тока через рабочий ноль (N). Наличие тока утечки в правой схеме обуславливается тем, что корпус электродвигателя M1 (контакт XN3) так или иначе оказывается связан с землей, а через нее – с PEN-проводником (то есть с контактами XN1 и XN2). Величина тока утечки зависит от напряжения на PEN-проводнике относительно земли, а

напряжение, в свою очередь, от тока через PEN-проводник (от того, насколько симметрична трехфазная цепь).

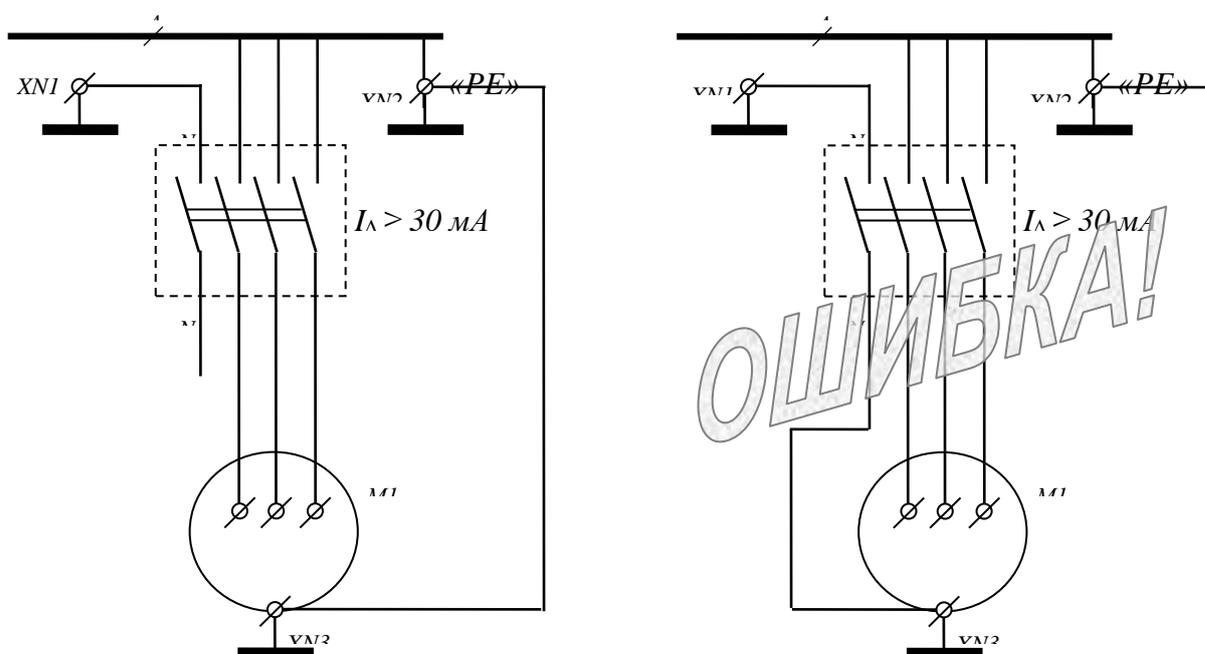


Рисунок 6.8 - Включение электродвигателя через УЗО

Особенно трудно диагностировать подключение рабочего ноля к корпусу электроприбора в том случае, если к одному УЗО подключена целая группа электроприемников. Достаточно ошибки при подключении только одного из них, и начинает нестабильно работать вся группа. Рассмотрим пример, имевший место на практике (см. Рисунок).

Рисунок 6.9 демонстрирует часть схемы цеха, предназначенную для питания нескольких трехфазных станков. Через УЗО QF1, автоматический выключатель QF2 и клеммные коробки Кр1-Кр2 5-типровоным кабелем запитаны 5-тиконтактные розетки XS1-XS3. К розеткам при помощи вилок XP1-XP2 подключаются станки (число жил в кабеле от вилки к станку определяется схемой станка). Схемы станков показаны упрощенно.

На схеме XN1 и XN3 – болтовые соединения, смонтированные на корпусе щита, а XN2 и XN4 смонтированы на корпусах соответствующих электроприемников.

Первым был включен станок M2 в XS3, при этом электрик, подключающий вилку с кабелем, допустил ошибку – соединил корпус станка (XN4) с рабочим нулем розетки. Однако электроприемник заработал нормально и электрик сдал его в эксплуатацию. УЗО срабатывало 1-2 раза за смену и включалось электротехнологическим персоналом, не сумевшим верно оценить характер (да и сам факт наличия) неисправности.

Затем был подключен станок M1 в XS1. При включении выключателя SA1 (в реальности схема управления пускателя KM1 была гораздо сложнее) и срабатывания контактора УЗО отключалось, причем не всегда мгновенно.

Был сделан ошибочный вывод о том, что в станке М1 происходит утечка тока в РЕ-проводник: либо в схеме ниже контактора, либо в цепях управления. Проверка сопротивления изоляции этих цепей оказалась весьма трудоемкой и не дала результатов – сопротивление изоляции электрической части станка было в норме.

Тогда в свободную розетку XS2 между фазой и рабочим нолем была включена «контролька» EL1. УЗО мгновенно отключилось. Был сделан вывод, что рабочий ноль заземлен, проверено сопротивление изоляции рабочего ноля станка М2 относительно РЕ-проводника и неисправность, наконец, была найдена и устранена.

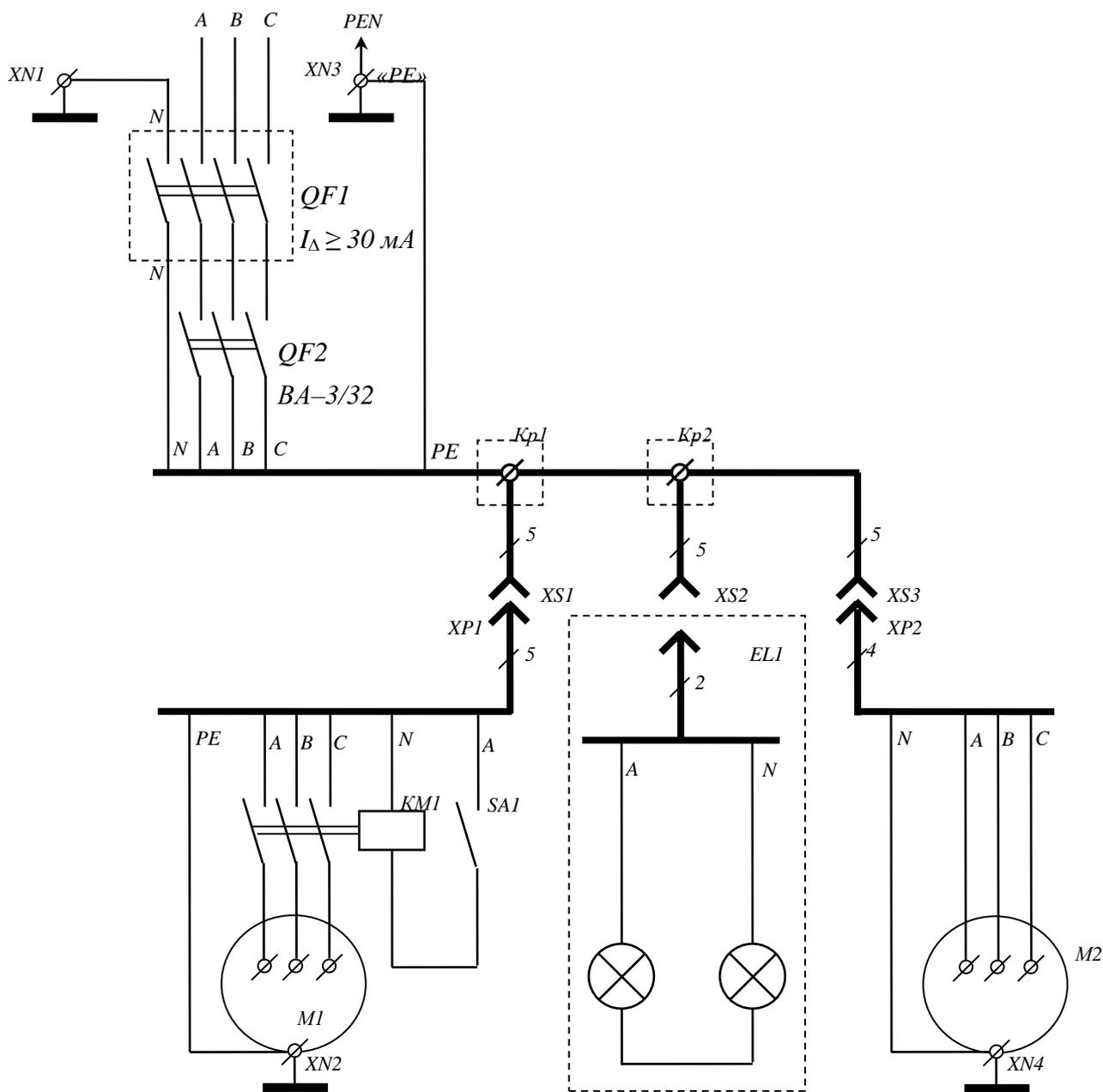


Рисунок 6.9 - Часть схемы цеха

Ошибки проектирования. Электроприемники с PEN-проводником. До сих пор выпускаются и продаются электроприемники, которые не предназначены для работы в сетях, оборудованных УЗО. Рассмотрим, например, упрощенную схему некоторых тепловентиляторов – рис. 6.10.

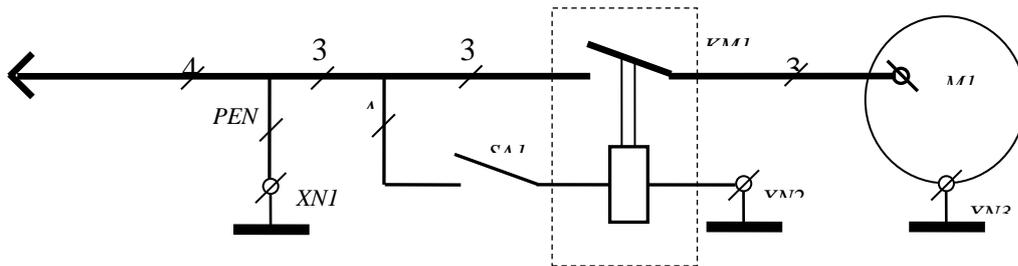


Рисунок 6.10 - Электроприемник, не предназначенный для работы под УЗО.

Схема показана упрощенно – не показаны аппараты токовой защиты и ТЭНы. Цепи управления магнитного контактора (пускателя) KM1 представлены выключателем SA1, подающим напряжение 220 Вольт на катушку пускателя. От выходных контактов KM1 подается на электродвигатель M1, установленный на металлическом корпусе тепловентилятора. XN1, XN2 и XN3 – болтовые соединения, установленные на корпусе электроприемника, то есть электрически соединенные между собой. Таким образом, в объединенном нулевом проводнике при работе тепловентилятора течет ток катушки пускателя KM1. Подключить такое устройство к УЗО не удастся – подключаешь PEN-проводник хоть к рабочему, хоть к защитному нулю – УЗО сработает.

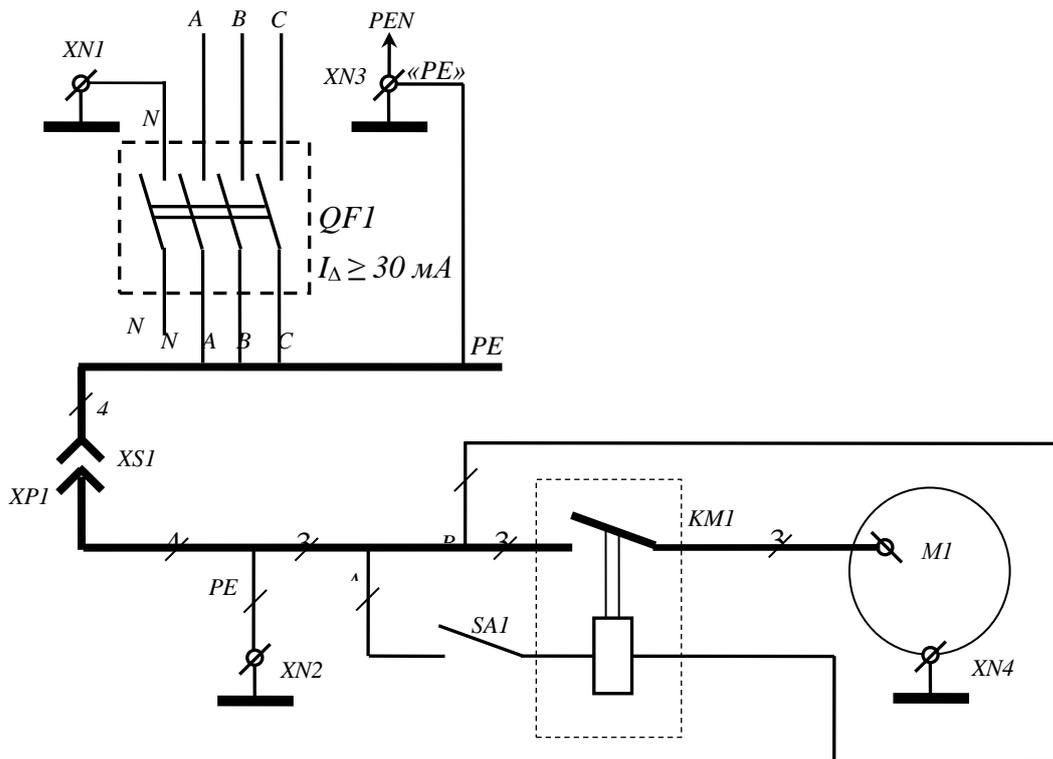


Рисунок 6.11 - Модернизация тепловентилятора на 4-хпроводную схему.

Для подключения подобных нагрузок следует модернизировать электроприемник одним из двух способов (рис.6.11- 6.12):

А) Если все элементы электроприемника, кроме катушки пускателя (для нашего примера – электродвигатель вентилятора и ТЭНы) штатно работают без подключения ноля, то целесообразно установить катушку магнитного контактора на линейное напряжение сети – 380 Вольт, так, как показывает рис. 6.11.

В этом случае в нулевом проводнике тока не будет и он подключится как защитный нулевой проводник (РЕ). Здесь (Рисунок) XN1 и XN3 – болтовые соединения, установленные на корпусе щита, а XN2 и XN4 – болтовые соединения, установленные на корпусе электроприемника.

В) Если же в электроприемнике имеется несколько элементов, требующих токоведущего (рабочего) ноля, то целесообразно разделить цепи нулевого рабочего и нулевого защитного проводников.

Электроприемники с утечкой в защитный проводник.

Существуют электроприемники, у которых небольшой ток утечки в защитный проводник присутствует в нормальном режиме работы. Обычно это электротехнические изделия, спроектированные под сети, отличные от отечественных. Наиболее ярким примером таких приборов являются наиболее распространенные на рынке блоки питания персональных компьютеров. Причины утечки тока в защитный проводник демонстрирует рис. 6.12.

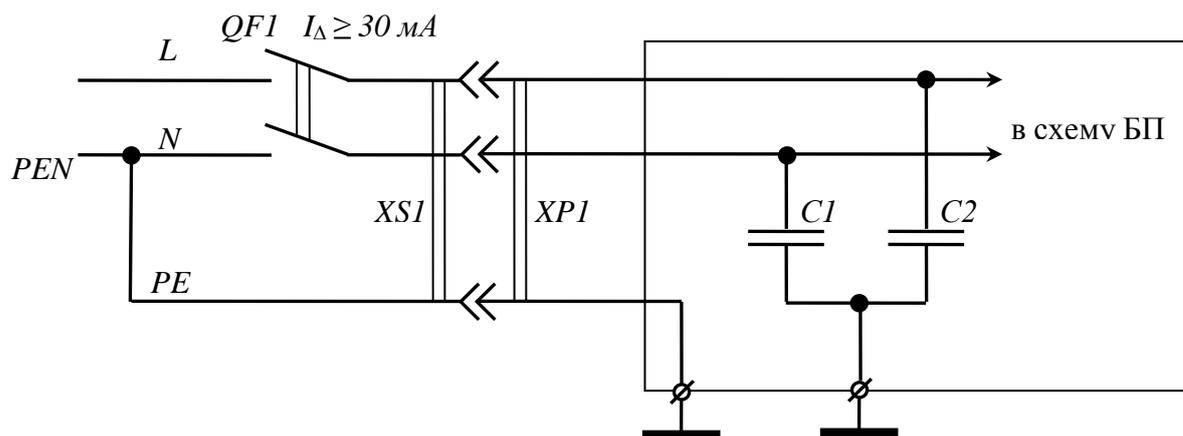


Рисунок 6.12 - Источник тока утечки в блоке питания.

Аппарат токовой защиты находится выше по схеме и условно не показан. Разделение PEN-проводника на схеме показано условно, для наглядности цепи тока утечки.

На входе в импульсный блок питания (БП) для фильтрации высокочастотных помех установлены два конденсатора – C1 и C2. Как видно из схемы, их общая точка соединена с корпусом БП и, соответственно с корпусом всего устройства (корпус БП и корпус компьютера используется в

качестве экрана). Утечка происходит через конденсатор (C2 по схеме) и определяется его емкостью.

Величина тока утечки составляет единицы миллиампер и одиночный компьютер не вызывает срабатывания УЗО с дифференциальным током 30 мА. Однако при питании от одного УЗО нескольких компьютеров их токи утечки суммируются и линия питания начинает работать нестабильно.

Возможно несколько безопасных путей преодоления подобных затруднений:

-Заменить оборудование (или модернизировать существующее) на аналогичное, но не создающее утечки тока в защитный проводник. Если стоит УЗО с дифференциальным током 10 мА, то есть смысл рассмотреть возможность его увеличения до 30 мА (однако не выше, так как при дифференциальном токе более 30 мА электробезопасность пользователей техники не обеспечивается).

-Разбить группу компьютеров на несколько отдельных линий электропитания так, чтобы одно УЗО с дифференциальным током 30 мА защищало не более 2-ух потребителей с утечкой (в идеале – одного потребителя).

Чего не стоит делать в такой ситуации:

-Ни в коем случае нельзя отключать от корпусов электроприемников защитный ноль, так как это резко снизит уровень электробезопасности.

-Нельзя «обходить» УЗО по аналогичной причине.

Неисправность сети или электроприемников. Выражается в падении сопротивления изоляции фазных проводников и рабочего ноля от земли ниже определенного уровня, при котором ток утечки становится достаточным для срабатывания УЗО. Схему, демонстрирующую включение сопротивлений изоляции токоведущих проводников, демонстрирует рис. 6.13.

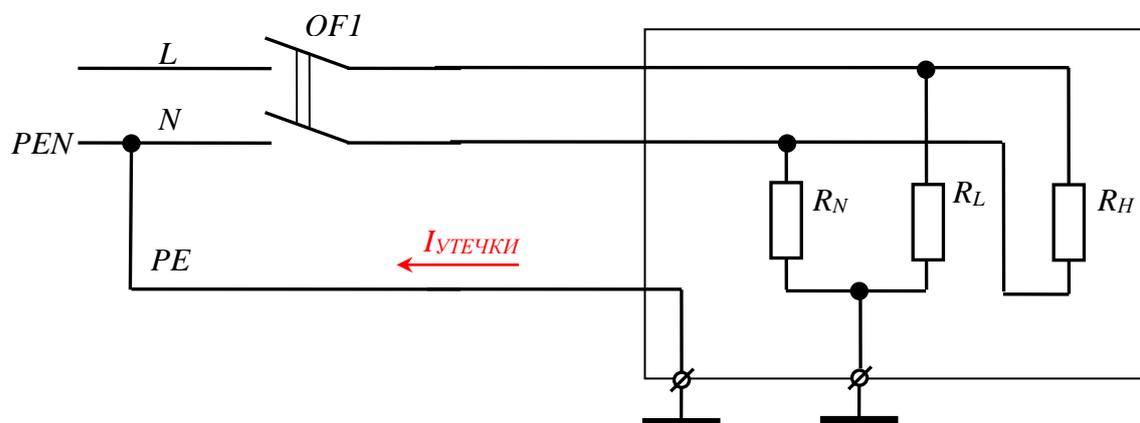


Рисунок 6.13 - Сопротивление изоляции: R_L – сопротивление изоляции фазного проводника; R_N – сопротивление изоляции нулевого рабочего проводника; R_H – сопротивление нагрузки; $I_{\text{утечки}}$ – ток в защитном нулевом проводнике PE, вызванный включением в схему R_L и R_N .

Срабатывание УЗО происходит, когда ток утечки через поврежденную изоляцию становится больше, чем дифференциальный ток УЗО (QF1 по

схеме). Примерно определить сопротивление изоляции фазного проводника, при котором УЗО отключит участок сети, можно из формулы:

$$R_L^{min} = \frac{U_{\Phi}}{I_{\Delta}} \quad (6.1)$$

где R_L^{min} – минимальное сопротивление изоляции фазы, при котором УЗО не срабатывает; U_{Φ} – фазное напряжение сети (напряжение между фазой и РЕ-проводником); I_{Δ} – дифференциальный ток срабатывания УЗО. Определить аналогичное сопротивление изоляции для рабочего ноля не удастся, так как напряжение на нем относительно РЕ неизвестно (обычно единицы Вольт).

Кроме УЗО для защиты используют также дифференциальные автоматы, которые объединяют в своем конструктиве одновременно УЗО и автоматический выключатель, что, конечно, экономит место при электромонтаже в силовых и распределительных щитах, но может обойтись значительно дороже.

Для проверки УЗО следует:

- Проверить, что данная розетка находится под напряжением (убедиться, что контролька светится при присоединении к рабочему нулю и фазному контакту розетки, УЗО при этом не должно срабатывать).

- Присоединить контрольку к фазному контакту проверяемого разъема и к контакту защитного ноля. Далее возможны 3 варианта:

- УЗО отключило напряжение на линии. УЗО и цепи защитного ноля исправны.

- Контрольные лампы светятся. Данная розетка не защищена УЗО, или УЗО неисправно. Цепи защитного ноля исправны.

- УЗО не отключает линию, контрольные лампы не светятся. К розетке не подведен защитный ноль. Перейти к следующей розетке.

Проверка типа УЗО. Проводится для того, чтобы отличить электронные УЗО от более безопасных электромеханических. Основана проверка на свойстве (и преимуществе) электромеханических УЗО срабатывать от протекающего через них тока (электронным УЗО для срабатывания требуется на входе напряжение сети).

Для проверки следует:

- Отключить от входа УЗО все проводники, кроме одной (любой) фазы.

- Взвести УЗО.

К выходу запитанного полюса УЗО присоединить контрольку (обеспечивающую достаточный для срабатывания УЗО ток), другим щупом присоединенную к защитному нолю сети (к РЕ-проводнику).

Электромеханическое УЗО отключится, электронное – нет.

7 ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

При производстве работ в электроустановках защита персонала, прежде всего, заключается в создании многоуровневой системы защиты от воздействия негативных факторов, обусловленных наличием напряжения на токоведущих частях. Можно представить три уровня защиты персонала, защищающих его от этих воздействий: организационный, технический, надзорный [8].

Организационный уровень включает медицинский осмотр, обучение, стажировку персонала, сдачу экзаменов на группу допуска по электробезопасности, разработку инструкций по охране труда, проведение различных инструктажей.

Технический уровень обеспечивает проведение технического обслуживания электроустановок, испытание и учет применяемых электрозащитных средств.

Уровень надзора предполагает контроль ответственных лиц за проведением работ в электроустановках, участие штатных и нештатных инспекторов по энергонадзору в техническом освидетельствовании электроустановок, а также проверку качества и полноту выполнения мероприятий первого и второго уровней. Организует и проводит все эти мероприятия ответственный за электрохозяйство предприятия.

7.1 Обязанности руководителя (владельца) предприятия

Потребитель обязан обеспечить:

- содержание электроустановок в работоспособном состоянии и их эксплуатацию в соответствии с требованиями Правил, правил безопасности и других нормативно-правовых актов;
- своевременное и качественное проведение технического обслуживания, планово-предупредительного ремонта, испытаний, модернизации и реконструкции электроустановок и электрооборудования;
- подбор электротехнического и электротехнологического персонала, периодические медицинские осмотры работников, проведение инструктажей по безопасности труда, пожарной безопасности;
- обучение и проверку знаний электротехнического и электротехнологического персонала;
- надежность работы и безопасность эксплуатации электроустановок; охрану окружающей среды при эксплуатации электроустановок; учет, анализ и расследование нарушений в работе электроустановок, несчастных случаев, связанных с эксплуатацией электроустановок, и принятие мер по устранению причин возникновения;
- разработку должностных, производственных инструкций и инструкций по охране труда для электротехнического персонала;
- предоставление сообщений в органы госэнергонадзора об авариях, смертельных, тяжелых и групповых несчастных случаях, связанных с

эксплуатацией электроустановок;

- укомплектование электроустановок защитными средствами, средствами пожаротушения и инструментом;

- учет, рациональное расходование электрической энергии и проведение мероприятий по энергосбережению;

- проведение необходимых испытаний электрооборудования; эксплуатацию устройств молниезащиты, измерительных приборов и средств учета электрической энергии;

- выполнение предписаний органов государственного энергетического надзора;

- эксплуатация электроустановок потребителей силами сторонних организаций. Допускается проводить эксплуатацию электроустановок по договору со специализированной организацией [10].

7.2 Порядок назначения ответственного за электрохозяйство

1. Для непосредственного выполнения обязанностей по организации эксплуатации электроустановок руководитель Потребителя (кроме граждан - владельцев электроустановок напряжением выше 1000 В) соответствующим документом назначает ответственного за электрохозяйство организации и его заместителя.

Ответственный за электрохозяйство и его заместитель назначаются из числа руководителей и специалистов Потребителя. При наличии у Потребителя должности главного энергетика обязанности ответственного за электрохозяйство, как правило, возлагаются на него.

Если установленная мощность электроустановок у Потребителя не превышает 10 кВА, работник, замещающий ответственного за электрохозяйство, может не назначаться [8].

2. Назначение ответственного за электрохозяйство у Потребителей, не занимающихся производственной деятельностью. Если у Потребителя электрохозяйство включает в себя только вводное (вводно-распределительное) устройство, осветительные установки, переносное электрооборудование номинальным напряжением не выше 380 В, ответственный за электрохозяйство может не назначаться.

В этом случае руководитель Потребителя ответственность за безопасную эксплуатацию электроустановок может возложить на себя по письменному согласованию с местным органом госэнергонадзора путем оформления соответствующего заявления - обязательства без проверки знаний и присвоения соответствующей группы по электробезопасности [8].

3. Назначение ответственного за электрохозяйство у индивидуального предпринимателя. Индивидуальные предприниматели, выполняющие техническое обслуживание и эксплуатацию электроустановок, проводящие в них монтажные, наладочные, ремонтные работы, испытания и измерения по договору должны проходить проверку знаний в установленном порядке и иметь соответствующую группу по электробезопасности.

Обязанности ответственного за электрохозяйство:

- организовать разработку и ведение необходимой документации по вопросам организации эксплуатации электроустановок;
- организовать обучение, инструктирование, проверку знаний и допуск к самостоятельной работе электротехнического персонала;
- организовать безопасное проведение всех видов работ в электроустановках, в том числе с участием командированного персонала;
- обеспечить своевременное и качественное выполнение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов и профилактических испытаний электроустановок;
- организовать проведение расчетов потребности Потребителя в электрической энергии и осуществлять контроль за ее расходом;
- участвовать в разработке и внедрении мероприятий по рациональному потреблению электрической энергии;
- контролировать наличие, своевременность проверок и испытания средств в электроустановках, средств пожаротушения и инструмента;
- обеспечить установленный порядок допуска в эксплуатацию и подключения новых и реконструированных электроустановок;
- организовать оперативное обслуживание электроустановок и ликвидацию аварийных ситуаций;
- обеспечить проверку соответствия схем электроснабжения фактическим эксплуатационным с отметкой на них о проверке (не реже одного раза в два года);
- обеспечить пересмотр инструкций и схем (не реже одного раза в три года) и повышение квалификации электротехнического персонала (не реже одного раза в пять лет);
- обеспечить контроль замеров показателей качества электрической энергии (не реже одного раза в два года);
- контролировать правильность допуска персонала строительно-монтажных и специализированных организаций к работам в действующих электроустановках и в охранной зоне линий электропередачи;

В инструкции ответственного за электрохозяйство дополнительно следует указывать его права и ответственность.

Группа по электробезопасности у ответственного за электрохозяйство и его заместителя:

- V - в электроустановках напряжением выше 1000 В;
- IV - в электроустановках напряжением до 1000 В.

4. Проверка знаний у ответственных за электрохозяйство.

Потребителей, их заместителей, а также специалистов по охране труда, в обязанности которых входит контроль за электроустановками. Проверка проводится в комиссии органов госэнергонадзора [9].

Проверка знаний у ответственных за электрохозяйство, работающих по совместительству. Допускается не проводить по согласованию с органами главэнергонадзора проверку знаний при одновременном выполнении следующих условий:

- если с момента проверки знаний в комиссии госэнергонадзора в качестве административно-технического персонала по основной работе прошло не более шести месяцев;
- энергоемкость электроустановок, их сложность в организации по совместительству не выше, чем по месту основной работы;
- в организации по совместительству отсутствуют электроустановки напряжением выше 1000 В [9].

7.3 Требования к персоналу

Работники, принимаемые для выполнения работ в электроустановках, должны иметь профессиональную подготовку, соответствующую характеру работы. При отсутствии профессиональной подготовки такие работники должны быть обучены (до допуска к самостоятельной работе) в специализированных центрах подготовки персонала (учебных комбинатах, учебно-тренировочных центрах и т.п.).

Профессиональная подготовка персонала, повышение его квалификации, проверка знаний и инструктажи проводятся в соответствии с требованиями государственных и отраслевых нормативных правовых актов по организации охраны труда и безопасной работе персонала.

Проверка состояния здоровья работника проводится до приема его на работу, а также периодически, в порядке, предусмотренном нормативно-правовыми актами. Электротехнический персонал до допуска к самостоятельной работе должен быть обучен приемам освобождения пострадавшего от действия электрического тока, оказания первой помощи при несчастных случаях.

Персонал, обслуживающий электроустановки, должен пройти проверку знаний Правил и других нормативно-технических документов (правил и инструкций по технической эксплуатации, пожарной безопасности, пользованию защитными средствами, устройства электроустановок) в пределах требований, предъявляемых к соответствующей должности или профессии, и иметь соответствующую группу по электробезопасности в соответствии с Правилами.

Персонал обязан соблюдать требования Правил, инструкций по охране труда, указания, полученные при инструктаже [2].

Работнику, прошедшему проверку знаний по охране труда при эксплуатации электроустановок, выдается удостоверение установленной формы, в которое вносятся результаты проверки знаний.

Работники, обладающие правом проведения специальных работ, должны иметь об этом запись в удостоверении.

У Потребителя должна проводиться систематическая работа с электротехническим персоналом, направленная на повышение его квалификации, уровня знаний правил и инструкций по охране труда, изучение передового опыта и безопасных приемов обслуживания электроустановок, предупреждение аварийности и травматизма.

Электротехнический персонал подразделяется на:

- административно-технический;
- оперативный;
- ремонтный;
- оперативно-ремонтный.

Подчиненность электротехнического персонала. Электротехнический персонал может непосредственно входить в состав энергослужбы или состоять в штате производственных подразделений Потребителя (структурной единицы). В последнем случае энергослужба осуществляет техническое руководство электротехническим персоналом производственных и структурных подразделений и контроль за его работой.

Таблица 7.1 – Требования к персоналу

| Вид персонала | Требования к персоналу, формы работы |
|--|--|
| административно-технический персонал | вводный и целевой (при необходимости) инструктажи по охране труда; проверка знаний правил, норм по охране труда, правил пожарной безопасности и других нормативных документов; профессиональное дополнительное образование для непрерывного повышения квалификации |
| административно-технический персонал, имеющий права оперативного, оперативно-ремонтного или ремонтного персонала | Помимо указанных выше форм работы должны проводиться все виды подготовки, предусмотренные для оперативного, оперативно-ремонтного или ремонтного персонала |
| оперативный и оперативно-ремонтный персонал | вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой инструктажи по охране труда, а также инструктаж по пожарной безопасности; подготовка по новой должности или профессии с обучением на рабочем месте (стажировка); проверка знаний правил, норм по охране труда, правил пожарной безопасности и других нормативных документов; дублирование; специальная подготовка; контрольные противоаварийные и противопожарные тренировки; профессиональное дополнительное образование для непрерывного повышения квалификации |
| ремонтный персонал | вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой инструктажи по охране труда, а также инструктаж по пожарной безопасности; подготовка по новой должности или профессии с обучением на рабочем месте (стажировка); проверка знаний правил, норм по охране труда, правил пожарной безопасности и других нормативных документов; профессиональное дополнительное образование для непрерывного повышения квалификации |

Электротехнологический персонал. Обслуживание электротехнологических установок (электросварка, электролиз, электротермия и т. п.), а также сложного энергонасыщенного производственно-технологического оборудования, при работе которого требуются постоянное техническое обслуживание и регулировка электроаппаратуры, электроприводов ручных электрических машин, передвижных и переносных электроприемников, переносного электроинструмента, должен осуществлять электротехнологический персонал. Он должен иметь достаточные навыки и знания для безопасного выполнения работ и технического обслуживания закрепленной за ним установки [8]. Имеющий группу по электробезопасности II и выше в своих правах и обязанностях приравнивается к электротехническому персоналу.

7.4 Обязательные формы работы с различными категориями работников

По результатам проверки знаний правил устройства электроустановок и эксплуатации электроустановок, правил безопасности и других нормативно-технических документов электротехническому (электротехнологическому) персоналу устанавливается группа по электробезопасности:

-I группа присваивается неэлектротехническому персоналу;

-II-V присваивается электротехническому (электротехнологическому) персоналу.

-Группа III может присваиваться работникам только по достижении ими 18-летнего возраста. При поступлении на работу (переводе на другой участок работы, замещении отсутствующего работника) работник при проверке знаний должен подтвердить имеющуюся группу для допуска к оборудованию электроустановок на новом участке.

При переводе работника, занятого обслуживанием электроустановок напряжением ниже 1000 В, на работу по обслуживанию электроустановок напряжением выше 1000 В ему, как правило, не может быть присвоена начальная группа выше III. Электротехнический (электротехнологический) персонал должен иметь группу по электробезопасности не ниже II.

Таблица 7.2 - Группы по электробезопасности персонала, обслуживающего электроустановки

I (первая) группа по электробезопасности

| Минимальный стаж работы в электроустановках, мес. | | | | | | |
|---|---------------------------------|-------------------------------------|--|--|---------------|-------------------------|
| Неэлектротехнологический персонал | Электротехнологический персонал | Электротехнический персонал | | | Практиканты | |
| | | не имеющий среднего образования | со средним образованием и прошедший специальное обучение | со спец. средним и высшим техническим образованием | Профтехучилищ | Институтов и техникумов |
| | | не прошедший специально-го обучения | прошедший специально-е обучение | со средним образованием и прошедший специальное обучение | | |
| Не нормируется | | | | | | |

| Характеристика персонала | | | | | | | |
|---|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--|--|-------------------------|-------------------------|
| Лица, не имеющие специальной электротехнической подготовки, но имеющие элементарное представление об опасности электрического тока и мерах безопасности при работе на обслуживаемом участке, электрооборудовании, установке. Лица с группой I должны быть знакомы с правилами оказания первой помощи пострадавшим от электрического тока | | | | | | | |
| II (вторая) группа по электробезопасности | | | | | | | |
| Минимальный стаж работы в электроустановках, мес. | | | | | | | |
| Неэлектротехнологический персонал | Электротехнологический персонал | Электротехнический персонал | | | | Практиканты | |
| | | не имеющий среднего образования | | со средним образованием и прошедший специальное обучение | Со специальным средним и высшим техническим образованием | профтехучилищ | Институтов и техникумов |
| | | не прошедший специального обучения | Прошедший специальное обучение | | | | |
| - | 2 | 2 | 1 | 1 | Не нормируется | | |
| Характеристика персонала | | | | | | | |
| Для лиц с группой II обязательны: 1. Элементарное техническое знакомство с электроустановками. 2. Отчетливое представление об опасности электрического тока и приближения к токоведущим частям. 3. Знание основных мер предосторожности при работах в электроустановках. 4. Практические навыки оказания первой помощи пострадавшим от электрического тока. | | | | | | | |
| III (третья) группа по электробезопасности | | | | | | | |
| Минимальный стаж работы в электроустановках, мес. | | | | | | | |
| Неэлектротехнологический персонал | Электротехнологический персонал | Электротехнический персонал | | | | Практиканты | |
| | | не имеющий среднего образования | | со средним образованием и прошедший специальное обучение | Со специальным средним и высшим техническим образованием | профтехучилищ | Институтов и техникумов |
| | | не прошедший специального обучения | Прошедший специальное обучение | | | | |
| - | 10 в предыдущей группе | 4 в предыдущей группе | 3 в предыдущей группе | 2 в предыдущей группе | 1 в предыдущей группе | - 3 в предыдущей группе | |
| Характеристика персонала | | | | | | | |
| Для лиц с группой III обязательны: 1. Знакомство с устройством и обслуживанием электроустановок. 2. Отчетливое представление об опасностях при работе в электроустановках. 3. Знание общих правил техники безопасности. 4. Знание правил допуска к работам в ЭУ U до 1000 В. 5. Знание специальных правил техники безопасности по тем видам работ, которые входят в обязанности данного лица. 6. Умение вести надзор за работающими в электроустановках. 7. Знание правил оказания первой помощи и умение практически оказать первую помощь пострадавшему (приемы искусственного дыхания и т. п.) от электрического тока | | | | | | | |

IV (четвертая) группа по электробезопасности

| Минимальный стаж работы в электроустановках, мес. | | | | | | | |
|---|---|-----------------------------------|--------------------------------|--|--|--------------------|----------------------------------|
| Неэлектр о- техно- логиче- ский персонал | Электро- техно- логиче- ский персонал | Электротехнический персонал | | | | Практиканты | |
| | | не имеющий среднего образования | | со средним образованием и прошедший специальное обучение | со специальным средним и высшим техническим образованием | профтех- училищ | институто в и техни- кумов |
| | | не прошедший специальное обучения | Прошедший специальное обучение | | | | |
| - | - | 12 в предыд. гр. | 8 в предыд.гр. | 3 в предыд. гр. | 2 в предыд. гр. | - | - |
| Характеристика персонала | | | | | | | |
| <p>Для лиц с группой IV обязательны:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Познание в электротехнике в объеме специализированного профтехучилища. 2. Полное представление об опасности при работах в электроустановках. 3. Знание полностью настоящих Правил. 4. Знание установки настолько, чтобы свободно разбираться, какие именно элементы должны быть отключены для производства работы, находить в натуре все элементы и проверять выполнение необходимых мероприятий по обеспечению безопасности. 5. Умение организовать безопасное проведение работ и вести надзор за ними в ЭУ U до 1000 В. 6. Знание Правил оказания первой помощи и умение практически оказать первую помощь пострадавшему (приемы искусственного дыхания и т. п.) от электрического тока. 7. Знание схем и оборудования своего участка. 8. Умение обучить персонал других групп правилам техники безопасности и оказанию первой помощи пострадавшим от электрического тока. | | | | | | | |

V (пятая) группа по электробезопасности

| Минимальный стаж работы в электроустановках, мес. | | | | | | | |
|--|---|-----------------------------------|--------------------------------|--|--|--------------------|----------------------------------|
| Неэлектр о- техно- логиче- ский персонал | Электро- техно- логиче- ский персонал | Электротехнический персонал | | | | Практиканты | |
| | | не имеющий среднего образования | | со средним образованием и прошедший специальное обучение | Со специальным средним и высшим техническим образованием | профтех- училищ | Институто в и техни- кумов |
| | | не прошедший специальное обучения | Прошедший специальное обучение | | | | |
| - | - | 42 в предыд. гр. | 24 в предыд.гр. | 12 в предыд. гр. | 3 в предыд. гр. | - | - |
| Характеристика персонала | | | | | | | |
| <p>Для лиц с группой V обязательны:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Знание схем и оборудования своего участка. 2. Твердое знание настоящих Правил, а также специальных глав. 3. Ясное представление о том, чем вызвано требование того или иного пункта. 4. Умение организовать безопасное производство работ и вести надзор за ними в электроустановках любого напряжения. 5. Знание правил оказания первой помощи и умение практически оказать первую помощь (приемы искусственного дыхания и т. п.) пострадавшему от электрического тока. 6. Умение обучить персонал других групп правилам техники безопасности и оказанию первой помощи пострадавшему от электрического тока | | | | | | | |

7.5 Стажировка и дублирование

Стажировка (производственное обучение). Электротехнический персонал до назначения на самостоятельную работу или при переходе на другую работу (должность), связанную с эксплуатацией электроустановок, а также при перерыве в работе в качестве электротехнического персонала свыше одного года обязан пройти стажировку (производственное обучение) на рабочем месте.

Закрепление на стажировку. Работник, проходящий стажировку (дублирование), должен быть соответствующим документом закреплен за опытным работником по организации (для руководителей и специалистов) или по структурному подразделению (для рабочих).

Руководитель Потребителя или структурного подразделения может освободить от стажировки работника, имеющего стаж по специальности не менее 3 лет, переходящего из одного цеха в другой, если характер его работы и тип оборудования, на котором он работал ранее, не меняются.

Стажировка проводится под руководством ответственного обучающего работника и осуществляется по программам, разработанным для каждой должности (рабочего места) и утвержденным в установленном порядке.

Продолжительность стажировки должна быть от двух до 14-ти смен и устанавливается индивидуально в зависимости от уровня профессионального образования, опыта работы, профессии (должности) обучаемого.

Допуск к стажировке оформляется соответствующим документом руководителя Потребителя или структурного подразделения. В документе указываются календарные сроки стажировки и фамилии работников, ответственных за ее проведение.

В процессе стажировки работник должен:

- усвоить требования правил эксплуатации, охраны труда, пожарной безопасности и их практическое применение на рабочем месте;
- изучить схемы, производственные инструкции и инструкции по охране труда, знание которых обязательно для работы в данной должности (профессии);
- отработать четкое ориентирование на своем рабочем месте;
- приобрести необходимые практические навыки в выполнении производственных операций;
- изучить приемы и условия безаварийной, безопасной и экономичной эксплуатации обслуживаемого оборудования.

Программы подготовки электротехнического персонала с указанием необходимых разделов правил и инструкций составляются руководителями (ответственными за электрохозяйство) структурных подразделений и могут утверждаться ответственным за электрохозяйство Потребителя.

Программа подготовки руководителей оперативного персонала, работников из числа оперативного, оперативно-ремонтного и ремонтного персонала должна предусматривать стажировку и проверку знаний, а для руководителей оперативного персонала, работников из числа оперативного,

оперативно-ремонтного персонала - еще и дублирование.

Порядок допуска к дублированию для оперативного персонала и самостоятельной работе для административно-технического и ремонтного персонала оформляется соответствующим документом по предприятию Потребителя.

После дублирования работник из числа оперативного или оперативно-ремонтного персонала может быть допущен к самостоятельной работе.

Продолжительность дублирования - от двух до 12-ти рабочих смен. Для конкретного работника она устанавливается решением комиссии по проверке знаний в зависимости от уровня его профессиональной подготовки, стажа и опыта работы.

В период дублирования работник должен принять участие в контрольных противоаварийных и противопожарных тренировках с оценкой результатов и оформлением в соответствующих журналах.

Количество тренировок и их тематика определяются программой подготовки дублера.

Если в период дублирования будет установлена профессиональная непригодность работника к данной деятельности, он снимается с подготовки.

Во время прохождения дублирования обучаемый может производить оперативные переключения, осмотры и другие работы в электроустановках только с разрешения и под надзором обучающего. Ответственность за правильность действий обучаемого и соблюдение им правил несут как сам обучаемый, так и обучающий его работник.

Допуск к самостоятельной работе для оперативного персонала оформляется соответствующим документом руководителя Потребителя.

Если за время дублирования работник не приобрел достаточных производственных навыков или получил неудовлетворительную оценку по противоаварийной тренировке, допускается продление его дублирования на срок от двух до 12-ти рабочих смен и дополнительное проведение контрольных противоаварийных тренировок.

Продление дублирования оформляется соответствующим документом Потребителя.

Весь персонал энергослужб должен быть обучен практическим приемам освобождения человека, попавшего под действие электрического тока, и способам оказания первой медицинской помощи пострадавшим непосредственно на месте происшествия. Обучение оказанию первой помощи пострадавшим должен проводить специально подготовленный инструктор.

Проверку знаний правил и приемов оказания первой помощи при несчастных случаях на производстве следует проводить при периодической проверке знаний норм и правил работы в электроустановках. Руководитель Потребителя должен обеспечить каждого работника электрохозяйства личной инструкцией по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве.

8 ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТ

К организационным мероприятиям относятся - оформление работ нарядом, распоряжением или в соответствии с установленным порядком выполнения работ по перечню (выполняемых в порядке текущей эксплуатации). Допуск к работе. Надзор во время работы. Оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы [8].

Лица, ответственные за безопасное ведение работ.

а) выдающий наряд, отдающий распоряжение, утверждающий перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;

б) выдающий разрешение на подготовку рабочего места и на допуск в случаях, определенных в пункте 5.14 Правил

в) ответственный руководитель работ;

г) допускающий;

д) производитель работ;

е) наблюдающий;

ж) члены бригады.

. Работник, выдающий наряд, отдающий распоряжение, определяет необходимость и возможность безопасного выполнения работы. Он отвечает за достаточность и правильность указанных в наряде (распоряжении) мер безопасности, за качественный и количественный состав бригады, состоящей из двух работников и более, включая производителя работ, и назначение ответственных за безопасность выполнения работ, за соответствие выполняемой работе групп перечисленных в наряде работников, а также проведение целевого инструктажа ответственному руководителю работ (производителю работ, наблюдающему).

8.1 Права, обязанности и ответственность работника, выдающего наряд

Работник, выдающий наряд, отдающий распоряжение, определяет необходимость и возможность безопасного выполнения работы. Он отвечает за достаточность и правильность указанных в наряде (распоряжении) мер безопасности, за качественный и количественный состав бригады, состоящей из двух работников и более, включая производителя работ, и назначение ответственных за безопасность выполнения работ, за соответствие выполняемой работе групп перечисленных в наряде работников, а также проведение целевого инструктажа ответственному руководителю работ (производителю работ, наблюдающему).

Право выдачи нарядов и распоряжений предоставляется работникам из числа административно-технического персонала организации, имеющим

группу V - в электроустановках напряжением выше 1000 В и группу IV - в электроустановках напряжением до 1000 В.

В случае отсутствия работников, имеющих право выдачи нарядов и распоряжений, при работах по предотвращению аварий или ликвидации их последствий допускается выдача нарядов и распоряжений работниками из числа оперативного персонала, имеющими группу IV. Предоставление оперативному персоналу права выдачи нарядов и распоряжений должно быть оформлено письменным указанием руководителя организации.

Работник, выдающий разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск к работам в электроустановках, отвечает:

-за дачу команд по отключению и заземлению оборудования и получению подтверждения их выполнения, а также самостоятельные действия по отключению и заземлению оборудования в соответствии с мероприятиями по подготовке рабочего места, определенными нарядом (распоряжением) с учетом фактической схемы электроустановок и электрической сети;

-за возможность безопасного осуществления отключения, включения и заземления оборудования, находящегося в его управлении;

-за координацию времени и места допускаемых к работам в электроустановках бригад, в том числе учет бригад, получение информации от всех допущенных к работам в электроустановках бригад (допускающих) о полном окончании работ и возможности включения электроустановки в работу;

-за правильность данных команд, самостоятельных действий по включению коммутационных аппаратов в части исключения подачи напряжения на рабочие места допущенных бригад.

Право выдачи разрешений на подготовку рабочих мест и допуск к работам на объектах электросетевого хозяйства предоставляется оперативному персоналу с группой IV - V в соответствии с должностными инструкциями и распределением оборудования по способам оперативного управления.

Допускается право выдачи разрешений на подготовку рабочих мест и допуск к работам на объектах электросетевого хозяйства предоставлять работникам из числа административно-технического персонала, уполномоченным на это письменным указанием руководителя (руководящего работника) эксплуатирующей организации (обособленного подразделения) при эксплуатации электроустановок, находящихся в оперативном управлении других субъектов электроэнергетики.

8.2 Права, обязанности и ответственность руководителя работ

Ответственный руководитель работ должен назначаться при выполнении работ в одной электроустановке (ОРУ, ЗРУ):

- с использованием механизмов и грузоподъемных машин;
- с отключением электрооборудования, за исключением работ в электроустановках, где напряжение снято со всех токоведущих частей;
- на КЛ и кабельных линиях связи (далее - КЛС) в зонах расположения коммуникаций и интенсивного движения транспорта;
- по установке и демонтажу опор всех типов, замене элементов опор ВЛ;
- в местах пересечения ВЛ с другими ВЛ и транспортными магистралями, в пролетах пересечения проводов в ОРУ;
- по подключению вновь сооруженной ВЛ;
- по изменению схем присоединений проводов и тросов ВЛ;
- на отключенной цепи многоцепной ВЛ, когда одна или все остальные цепи остаются под напряжением;
- при одновременной работе двух и более бригад в электроустановке;
- по пофазному ремонту ВЛ;
- под наведенным напряжением;
- без снятия напряжения на токоведущих частях с изоляцией человека от земли;
- без снятия напряжения с временной изоляцией токоведущих частей на время проведения работ без изоляции человека от земли и использовании специального инструмента и приспособлений для работы под напряжением, за исключением работ в цепях вторичной коммутации;
- на оборудовании и установках средств связи, СДТУ, по устройству мачтовых переходов, испытанию КЛС, при работах с аппаратурой необслуживаемых усилительных пунктов (далее - НУП) или необслуживаемых регенерационных пунктов (далее - НРП), на фильтрах присоединений без включения заземляющего ножа конденсатора связи. [8].

Необходимость назначения ответственного руководителя работ определяет работник, выдающий наряд, которому разрешается назначать ответственного руководителя работ, и при других работах в электроустановках, помимо выше перечисленных.



Рисунок 8.1 – Права, обязанности и ответственность лица, выдающего наряд и распоряжения

Таблица 8.1- Права и обязанности ответственного руководителя

| | |
|---|---|
| Предоставление прав ответственного руководителя | Оформляется письменным указанием руководителя организации из числа административно-технического персонала (АТП) |
| Порядок назначения | Необходимость назначения определяет выдающий наряд, которому разрешается назначать ответственного руководителя работ и при других работах. Назначается, как правило, при работах в электроустановках напряжением выше 1000 В. В электроустановках напряжением до 1000 В ответственный руководитель может не назначаться |
| Группа по электробезопасности | Назначаются работники из числа АТП, имеющие группу V |
| Ответственность | Отвечает: -за выполнение всех указанных в наряде мер безопасности и их достаточность; -за принимаемые им дополнительные меры безопасности; -за полноту и качество целевого инструктажа бригады, в том числе проводимого допускающим и производителем работ; -за организацию безопасного ведения работ. При замене ответственного руководителя или изменении условий работы наряд должен быть выдан заново |
| Совмещение обязанностей | Разрешается одно из совмещений обязанностей производителя работ или допускающего (в ЭУ, не имеющих местного оперативного персонала) |
| Обязанности | Проведение целевого инструктажа с производителем работ (наблюдающим) и членами бригады. Обеспечение выполнения всех указанных в наряде мер безопасности и их достаточность. Организация безопасного ведения работ. Может заменять производителя работ (наблюдающего) при необходимости временного ухода того с рабочего места. Ответственный руководитель и производитель работ (наблюдающий) перед допуском к работе должны выяснить у допускающего, какие меры приняты при подготовке рабочего места, и совместно с допускающим проверить эту подготовку личным осмотром в пределах рабочего места. |
| Содержание целевого инструктажа | Помимо вопросов электробезопасности должен дать четкие указания по технологии безопасного проведения работ, использованию грузоподъемных машин и механизмов, инструмента и приспособлений. |

8.3 Права, обязанности и ответственность допускающего

Допускающий к работе по наряду-допуску назначается выдающим наряд-допуск при необходимости выполнения сложных подготовительных работ (например, совмещенных) либо когда для остановки работающего оборудования требуется проведение отключений (переключений) энергоустановок и т. п. Выдающий наряд-допуск может возложить обязанности допускающего к работе по наряду-допуску на производителя работ (табл. 8.2).

Допускающий к работе по наряду-допуску:

- обеспечивает выполнение необходимых мероприятий, предусмотренных в наряде-допуске для обеспечения безопасных условий труда при подготовке к производству работ с повышенной опасностью, до начала их производства;
- знакомит производителя работ с выполненными мероприятиями по обеспечению безопасных условий труда и мероприятиями, которые необходимо выполнить при производстве работ по наряду-допуску;
- разрешает производство работ производителю работ посредством внесения в наряд-допуск разрешающей записи;
- осуществляет контроль за соблюдением мероприятий, предусмотренных нарядом-допуском;
- приостанавливает выполнение работ, изымает наряд-допуск у производителя работ или наблюдающего, извещает выдающего наряд-допуск и руководителя работ в случаях возникновения угрозы жизни и здоровью исполнителей работ либо при производстве работ в условиях, отличающихся от определяемых нарядом-допуском;
- несет ответственность за выполнение мероприятий по обеспечению безопасных условий труда, указанных в наряде-допуске в разделе «до начала работ».

При возникновении сомнения в возможности безопасного выполнения работы по данному наряду, распоряжению или в достаточности и правильности указанных в наряде мер по подготовке рабочего места, эта подготовка должна быть прекращена.

Таблица 8.2- Права и обязанности допускающего

| | |
|---|--|
| Назначение (кроме допуска на ВЛ) | Назначаются из числа оперативного персонала |
| Предоставление прав допускающего | Оформляется письменным указанием руководителя организации |
| Группа по электробезопасности | В электроустановках напряжением выше 1000 В - должен иметь группу IV; в электроустановках напряжением до 1000 В - должен иметь группу III |
| Ответственность | Отвечает: за правильность и достаточность принятых мер безопасности и соответствие их мерам, указанным в наряде, характеру и месту работы; за правильный допуск к работе; за полноту и качество проводимого им инструктажа членов бригады |
| Целевой инструктаж, проводимый допускающим | При работах по наряду - с ответственным руководителем работ, производителем работ (наблюдающим) и членами бригады. При работах по распоряжению - с производителем работ (наблюдающим), членами бригады (исполнителями) |
| Содержание целевого инструктажа | Допускающий должен ознакомить членов бригады: с содержанием наряда, распоряжения; указать границы рабочего места; наличие наведенного напряжения; показать ближайшие к рабочему месту оборудование и токоведущие части ремонтируемого и соседних присоединений, к которым запрещается приближаться независимо от того, находятся они под напряжением или нет |
| Количество нарядов, выдаваемых допускающему | Может быть выдано сразу несколько нарядов и распоряжений для поочередного допуска и работы по ним |
| Оформление допуска | Оформляется в обоих экземплярах наряда, из которых один остается у производителя работ (наблюдающего), а второй - у допускающего их работника из числа оперативного персонала. Допуск к работе по распоряжению оформляется в Журнале учета работ по нарядам и распоряжениям |
| Окончание работы | После получения наряда, в котором оформлено полное окончание работ, должен осмотреть рабочие места и сообщить работнику из числа вышестоящего оперативного персонала о полном окончании работ и о возможности включения электроустановки |
| Оформление окончания работы | После осмотра места работы должно быть оформлено в соответствующей графе Журнала учета работ по нарядам и распоряжениям |

8.4 Права, обязанности и ответственность производителя работ

Таблица 8.3 - Права и обязанности производителя работ

| | |
|--|---|
| Ответственность | Отвечает: за соответствие подготовленного рабочего места указаниям наряда, дополнительные меры безопасности, необходимые по условиям выполнения работ; за четкость и полноту инструктажа членов бригады; за наличие, исправность и правильное применение необходимых средств защиты, инструмента, инвентаря и приспособлений; за сохранность на рабочем месте ограждений, плакатов, заземлений, запирающих устройств; за безопасное проведение работы и соблюдение Правил им самим и членами бригады; за осуществление постоянного контроля за членами бригады. При замене производителя работ или изменении условий работы наряд должен быть выдан заново. |
| Назначение | В электроустановках напряжением выше 1000 В - должен иметь группу IV; в электроустановках напряжением до 1000 В - группу III. |
| Совмещение | Может быть допускающим (в электроустановках с простой и наглядной схемой), если производитель работ из числа оперативного персонала. При ряде работ в цепях вторичной коммутации. |
| Обязанности | Контроль за всеми членами бригады; должен находиться по возможности на том участке, где выполняются наиболее опасные работы. Перевод бригады на другое рабочее место, если выдающий наряд поручил ему это, с записью в наряде. |
| Количество выдаваемых нарядов и распоряжений | Может быть выдано сразу несколько нарядов и распоряжений для поочередного допуска и работы по ним. |
| Целевой инструктаж | Проводит с членами бригады |
| Содержание целевого инструктажа | Должен дать четкие указания: по технологии безопасного проведения работ; по использованию грузоподъемных машин и механизмов, инструмента и приспособлений; исключая возможность поражения электрическим током |

8.5 Права, обязанности и ответственность наблюдающего

Наблюдающий должен назначаться для надзора за бригадами, не имеющими права самостоятельно работать в электроустановках (например, ремонтно-строительные бригады) (табл. 8.4).

Таблица 8.4 - Права и обязанности наблюдающего

| | |
|---|---|
| Обязанности | Отвечает за соответствие подготовленного рабочего места мероприятиям, необходимым при подготовке рабочих мест и отдельным указаниям наряда; за четкость и полноту целевого инструктажа членов бригады; за наличие и сохранность установленных на рабочем месте заземлений, ограждений, плакатов и знаков безопасности, запирающих устройств приводов; за безопасность членов бригады в отношении поражения электрическим током электроустановки |
| Предоставление прав наблюдающего | Оформляется письменным распоряжением руководителя организации. При замене наблюдающего или изменении условий труда наряд должен быть выдан заново |
| Назначение | Должен назначаться для надзора за бригадами, не имеющими права самостоятельно работать в электроустановках |
| Группа по электробезопасности | Может назначаться работник, имеющий группу III |
| Ответственный за безопасность, связанную с технологией работы | Работник, возглавляющий бригаду, который входит в ее состав и должен постоянно находиться на рабочем месте. Его фамилия указывается в строке «Отдельные указания» наряда |
| Целевой инструктаж | Проводится с членами бригады |
| Содержание целевого инструктажа | Обязан дать исчерпывающие указания членам бригады, исключающие возможность поражения электрическим током |

8.6 Права, обязанности и ответственность членов бригады

Обязанности. Каждый член бригады должен выполнять требования Правил и инструктивные указания, полученные при допуске к работе и во время работы, а также требования инструкций по охране труда соответствующих организаций.

Временный уход с рабочего места. Допускается с разрешения производителя работ (наблюдающего) временный уход с рабочего места одного или нескольких членов бригады. При этом выводить их из состава бригады не требуется. В электроустановках напряжением выше 1000 В

количество членов бригады, оставшихся на рабочем месте, должно быть не менее двух, включая производителя работ (наблюдающего). Члены бригады, имеющие группу III, могут самостоятельно выходить из РУ и возвращаться на рабочее место, а члены бригады, имеющие группу II, - только в сопровождении члена бригады, имеющего группу III, или работника, имеющего право единоличного осмотра электроустановок. Не допускается после выхода из РУ оставлять дверь не закрытой на замок.

Возвратившиеся члены бригады могут приступить к работе только с разрешения производителя работ (наблюдающего).

Изменения в составе бригады. Изменять состав бригады разрешается работнику, выдавшему наряд, или другому работнику, имеющему право выдачи наряда на выполнение работ в электроустановке. Указания об изменениях состава бригады могут быть переданы по телефону, радио или с нарочным допускающему, ответственному руководителю или производителю работ (наблюдающему), который в наряде за своей подписью записывает фамилию и инициалы работника, давшего указание об изменении.

Производитель работ (наблюдающий) обязан проинструктировать работников, введенных в состав бригады.

При изменении состава бригады более чем наполовину или изменении условий труда наряд должен быть выдан заново.

Численность бригады и ее состав с учетом квалификации членов бригады по электробезопасности должны определяться исходя из условий выполнения работы, а также возможности обеспечения надзора за членами бригады со стороны производителя работ (наблюдающего).

Член бригады, руководимой производителем работ, должен иметь группу III, за исключением некоторых работ на ВЛ, выполнять которые должен член бригады, имеющий группу IV.

В бригаду на каждого работника, имеющего группу III, допускается включать одного работника, имеющего группу II, но общее число членов бригады, имеющих группу II, не должно превышать трех. Работники, имеющие право выполнения работ под потенциалом провода (с непосредственным касанием токоведущих частей) ВЛ напряжением выше 1000 В, должны иметь группу IV, а остальные члены бригады - группу III.

Выдача разрешений на подготовку рабочего места и допуск к работе.

Подготовка рабочего места и допуск бригады к работе могут проводиться только после получения разрешения от оперативного персонала или уполномоченного на это работника (в изменениях к Правилам дополнено: «в управлении или ведении которого находится оборудование»). Разрешение может быть передано выполняющему подготовку рабочего места и допуск бригады к работе персоналу лично, по телефону, радио, с нарочным или через оперативный персонал промежуточной подстанции.

Не допускается выдача таких разрешений заранее. Допуск бригады разрешается только по одному наряду.

9 ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТ

Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках со снятием напряжения, должны быть выполнены в следующем порядке (рис. 9.1):

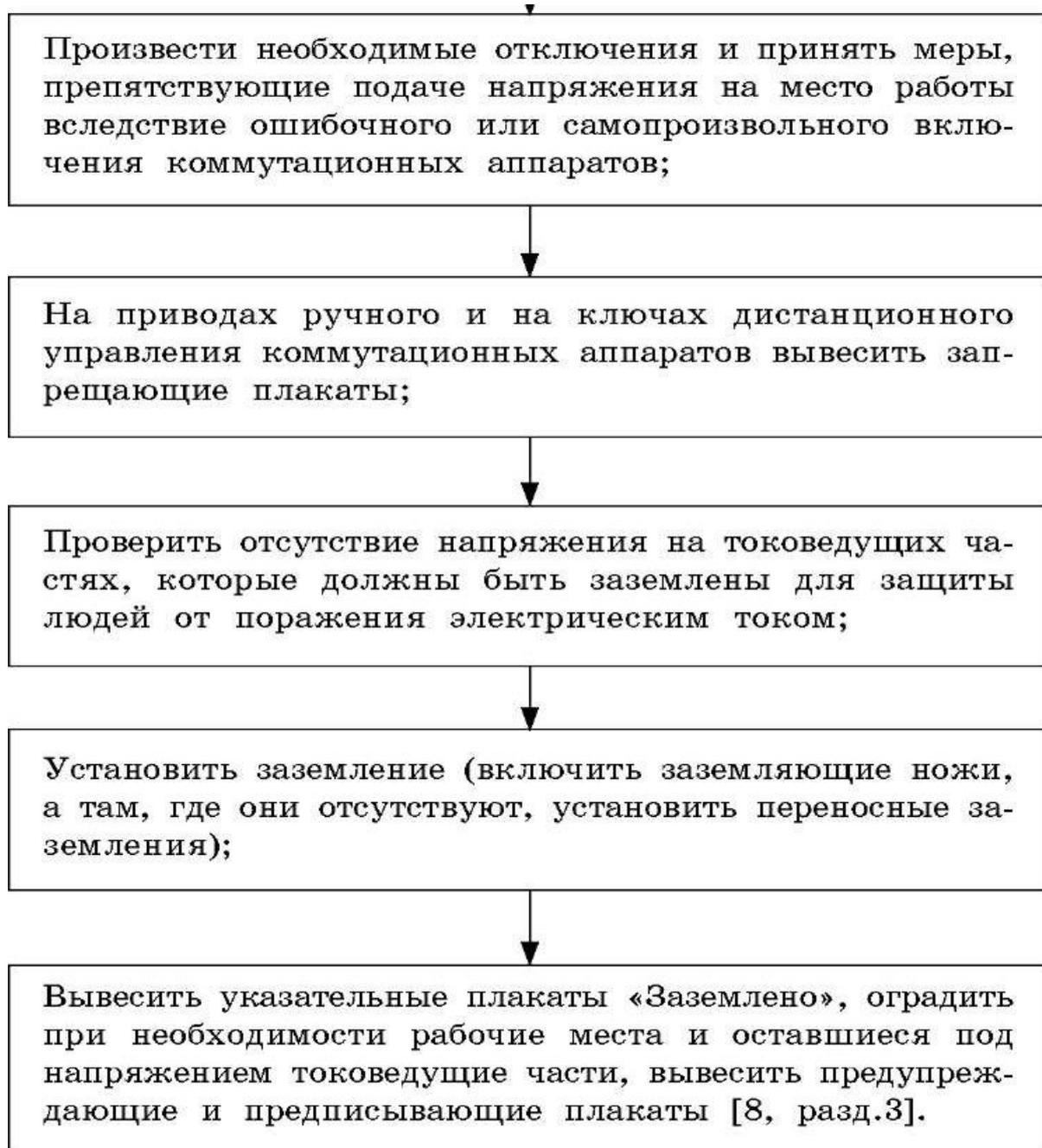


Рисунок 9.1 – Порядок выполнения технических мероприятий

Работа без снятия напряжения на токоведущих частях (под напряжением) - работа, выполняемая с прикосновениям к токоведущим частям, находящимся под напряжением, или на расстоянии от этих

токоведущих частей менее допустимых (в сетях до 1 кВ – не нормируется, кроме воздушных линий, для которых расстояние – 0,6 м). Снимать и устанавливать предохранители следует при снятом напряжении. Допускается снимать и устанавливать предохранители, находящиеся под напряжением, но без нагрузки. Под напряжением и с нагрузкой разрешается снимать и устанавливать предохранители во вторичных цепях. При снятии и установке предохранителей под напряжением в электроустановках до 1 кВ необходимо пользоваться изоляционными клещами или перчатками и средствами защиты лица и глаз.

Работы со снятием напряжения - когда с токоведущих частей электроустановки, на которой будут проводиться работы, снято напряжение и приняты меры, препятствующие подаче напряжения к месту работы.

Отключения. При подготовке рабочего места должны быть отключены (рис. 9.2 - 9.3):

- а) токоведущие части, на которых будут производиться работы;
- б) неогражденные токоведущие части, к которым возможно случайное приближение людей, механизмов и грузоподъемных машин на расстояния менее указанных [8];
- в) цепи управления и питания приводов. Воздух в системах управления коммутационными аппаратами должен быть закрыт, завод с пружин и грузов у приводов выключателей и разъединителей - снят.

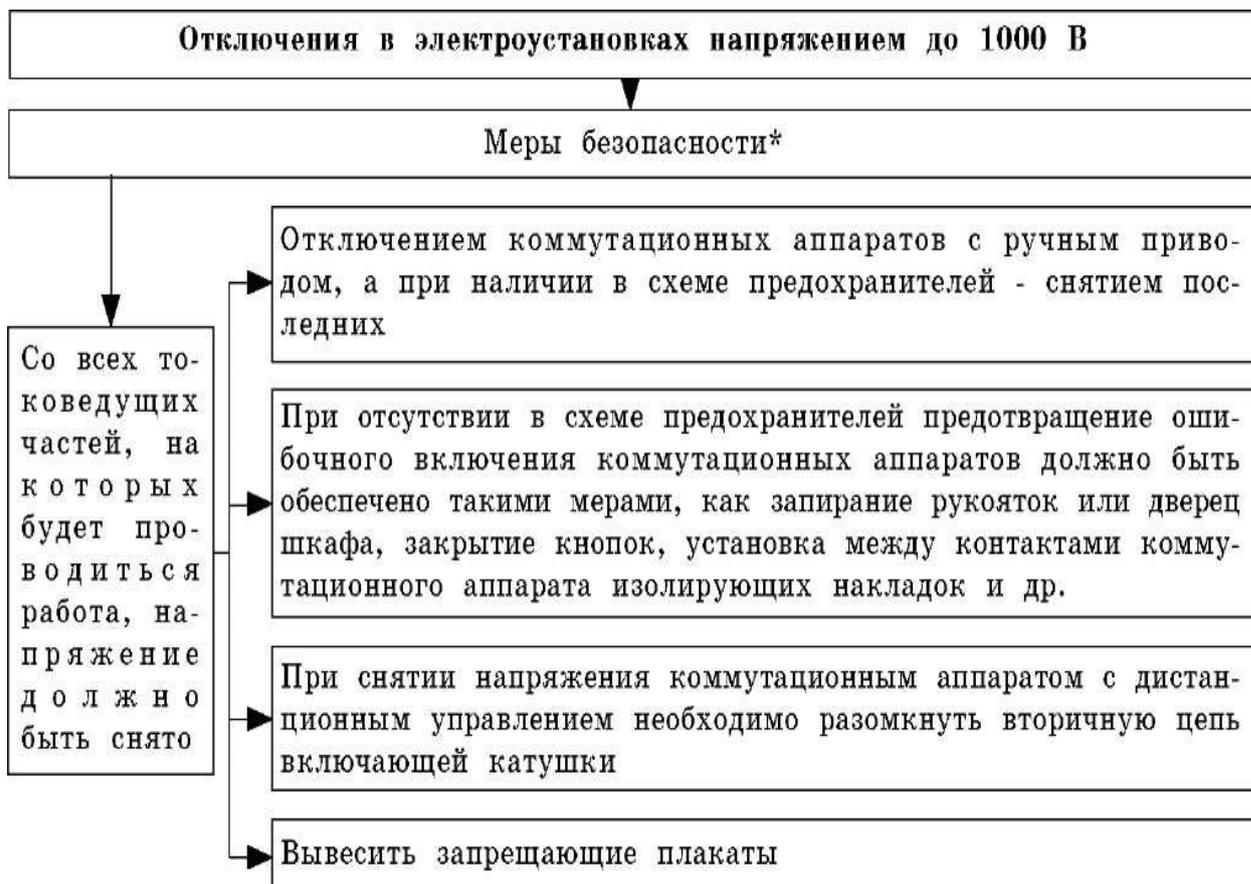


Рисунок 9.2 – Отключения в электроустановках напряжением до 1000 В

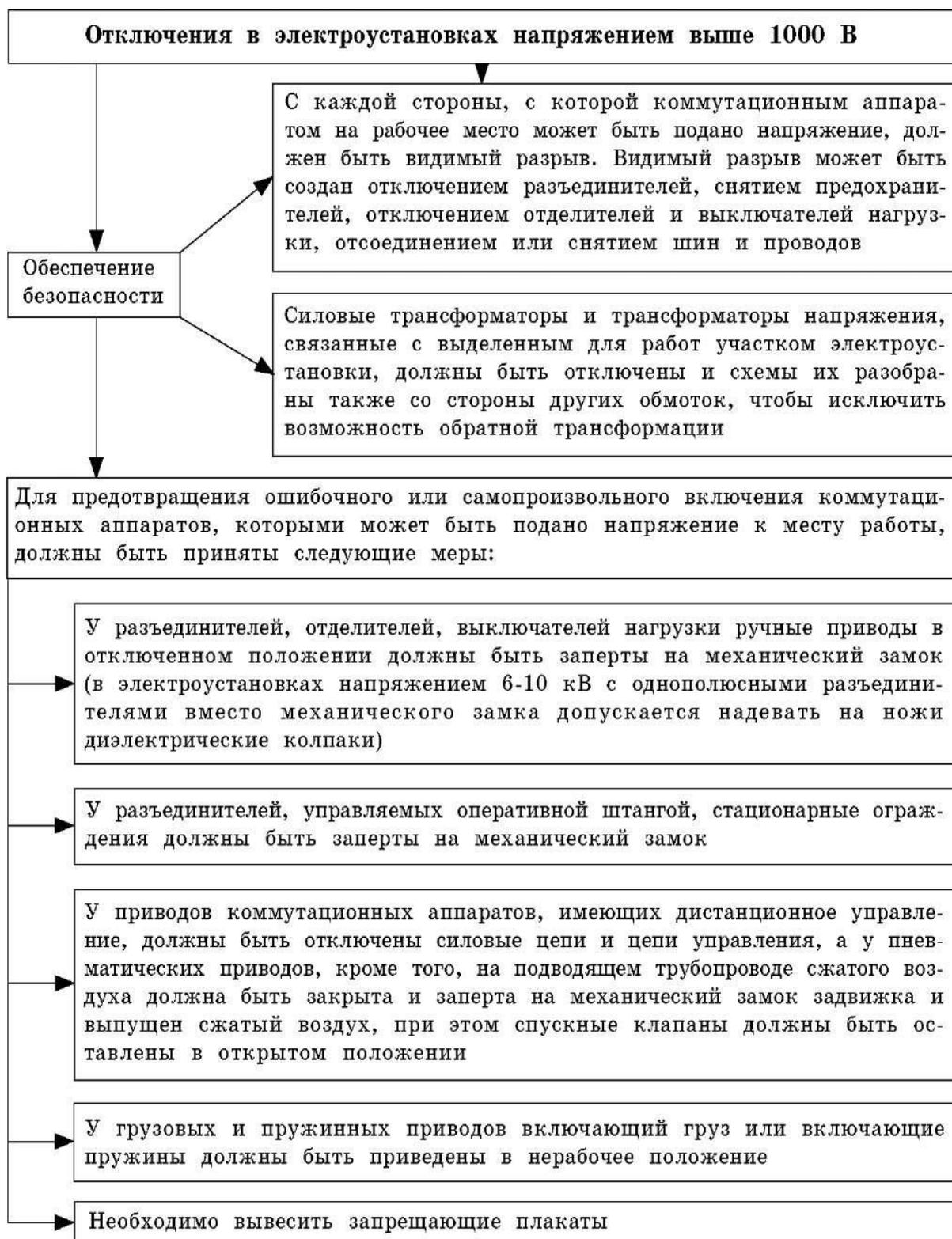


Рисунок 9.3 – Отключения в электроустановках напряжением выше 1000В

Отключение коммутационных аппаратов напряжением до 1000 В с недоступными для осмотра контактами определяется проверкой отсутствия напряжения на их зажимах либо на отходящих шинах, проводах или зажимах

оборудования, включаемого этими коммутационными аппаратами [8].

Операции с коммутационными аппаратами, заземляющими ножами, по наложению и снятию ПЗЗ, устройствами релейной защиты и автоматики, а также проверочные действия должны выполняться в строгой последовательности, обеспечивающей безопасность для лиц, выполняющих переключения, и сохранность оборудования.

Отключение и включение линий электропередачи. Необходимо соблюдать следующую последовательность:

При отключении присоединения линии:

- отключить выключатель и снять с его привода оперативный ток;
- проверить на месте отключенное положение выключателя;
- отключить линейный разъединитель;
- отключить шинный разъединитель.

Последовательность операций при отключении и включении трехобмоточного трансформатора (автотрансформатора).

При отключении следует:

- последовательно отключить выключатели низшего, среднего и высшего напряжений и снять с их приводов оперативный ток;
- после проверки отключенного положения соответствующего выключателя отключить трансформаторные, а затем шинные разъединители низшего, среднего и высшего напряжений.

При включении трансформатора:

- после проверки отключенного положения соответствующих выключателей включить шинные, а затем трансформаторные разъединители высшего, среднего и низшего напряжений;
- последовательно подать оперативный ток на приводы выключателей высшего, среднего и низшего напряжений и включить их.

Операции с выключателями. Отключение и обратное включение под напряжение и нагрузку присоединения, имеющего в своей цепи выключатель, следует производить выключателем и, как правило, дистанционно, при этом ключ управления выключателем (или кнопку) необходимо держать в положении «Отключить» или «Включить» до момента срабатывания сигнализации, указывающей на окончание операции (загорание соответствующей сигнальной лампы, окончание мигания сигнальной лампы и т.п.).

Исполнитель операции в момент отключения или включения выключателя должен следить за показаниями соответствующих измерительных приборов. Если при включении выключателя происходит бросок тока, указывающий на наличие короткого замыкания или несинхронного включения, необходимо немедленно отключить выключатель, не дожидаясь отключения его под действием защиты.

Операции с разъединителями и отделителями. Отключение и включение под напряжение и в работу присоединения, имеющего в своей цепи выключатель, должны выполняться с помощью выключателя.

Разрешается отключение и включение отделителями, разъединителями,

разъемными контактами соединений комплектных распределительных устройств (КРУ), в том числе устройств наружной установки (КРУН):

- нейтралей силовых трансформаторов напряжением 110-220 кВ;
- заземляющих дугогасящих реакторов напряжением 6-35 кВ при отсутствии в сети замыкания на землю;
- намагничивающего тока силовых трансформаторов напряжением 6--220 кВ;
- зарядного тока и тока замыкания на землю воздушных и кабельных линий электропередачи;
- зарядного тока систем шин, а также зарядного тока присоединений с соблюдением требований нормативно-технических документов энерго-снабжающей организации.

10 ЭЛЕКТРОЗАЩИТНЫЕ СРЕДСТВА

10.1 Назначение защитных средств

Защитными средствами называются приборы, аппараты, приспособления и устройства, служащие для защиты работающего в электроустановках персонала от поражения электрическим током, ожогов электрической дугой, механических повреждений, падения с высоты, воздействия электрического поля и т.п. (рис. 10.1).

По назначению защитные средства можно разделить на следующие основные группы:

- инструмент и приспособления для работы под напряжением (изолирующие штанги для оперативной работы, изолирующие клещи, инструменты с изолированными рукоятками);

- приборы и приспособления для обнаружения напряжения и измерений под напряжением (указатели напряжения для проверки его отсутствия и фазировки, измерительные штанги, токоизмерительные клещи и т. п.);

- средства изоляции человека (изолирующие клещи для операций с предохранителями, изолирующие подставки, резиновые диэлектрические перчатки, боты, галоши, коврики);

- переносные заземления и штанги для их наложения;

- предохраняющие средства (временные ограждения, изолирующие накладки и колпаки, защитные очки, костюмы из металлизированной ткани для работы в зоне действия электромагнитного поля, монтерские пояса, каски, предупредительные плакаты и т. п.) [14].

10.2 Группы защитных средств

Все изолирующие защитные средства делятся на основные и дополнительные.

Основными называются такие защитные средства, изоляция которых надежно выдерживает рабочее напряжение электроустановок и при помощи которых можно касаться токоведущих частей, находящихся под напряжением. Поэтому основные защитные средства испытывают напряжением, зависящим от рабочего напряжения электроустановки.

Основные защитные средства изготовляют из материалов с устойчивой диэлектрической характеристикой (пластмассы, бакелита, фарфора, эбонита, гетинакса и т. п.).

Дополнительными называются такие защитные средства, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить защиту от поражения током. Они являются дополнительными средствами для защиты от напряжения прикосновения и шагового напряжения, ожогов дугой и продуктами ее горения.



Рисунок 10.1 - Защитные средства, применяемые в электроустановках

Дополнительные защитные средства испытывают напряжением, не зависящим от напряжения электроустановки, в которой они будут применяться.

10.3 Классификация защитных средств

Классификация основных и дополнительных защитных средств по условиям применения в низковольтных (до 1000 В) и высоковольтных (выше 1000 В) электроустановках приведена в табл. 10.1.

Таблица 10.1 - Классификация электротехнических защитных средств

| Вид защитных средств | Наименование защитных средств при напряжении электроустановки, В | |
|----------------------|--|---|
| | до 1000 | выше 1000 |
| Основные | Изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками, указатели напряжения | Оперативные и измерительные штанги, изолирующие и токоизмерительные клещи, указатели напряжения, изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ: изолирующие лестницы, площадки, изолирующие штанги для оперативной работы, измерений, проверки изоляции, наложения заземлений |
| Дополнительные | Диэлектрические галоши, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки | Диэлектрические перчатки и боты, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки |

10.4 Условия безопасного применения защитных средств

Изолирующие защитные средства должны использоваться в электроустановках не выше того напряжения, на которое они рассчитаны (допустимое напряжение указано в штампе).

Защитные средства следует применять в сухую погоду; использовать их на открытом воздухе во время дождя, снега, тумана, изморози не разрешается. Для этого имеются специальные защитные средства с усиленной изоляцией. Не допускаются к применению защитные средства с истекшим сроком испытаний (указанным в штампе, поставленном лабораторией, производившей испытания).

Перед использованием защитные средства осматривают и проверяют их целостность (на отсутствие внешних повреждений).

Для хранения защитных средств в распределительных устройствах или других

закрытых помещениях отводится специальное место, которое оборудовано крючками для подвешивания штанг, переносных заземлений, предупредительных плакатов; шкафами для размещения перчаток, бот, ковриков, защитных очков, противогазов и указателей напряжения. При хранении и транспортировке защитные средства оберегают от увлажнения, загрязнения и механических повреждений; содержат их отдельно от остального инструмента.

За обеспечение электроустановки испытанными защитными средствами, организацию их учета, правильного хранения, периодических испытаний, замену непригодных средств несут ответственность мастера участков, начальники цехов, служб подстанций, районов электрической цепи, а в целом на предприятии – главный инженер.

Находящиеся в эксплуатации основные и дополнительные защитные средства периодически подвергаются электрическим испытаниям и осмотрам.

Величина испытательного напряжения, допустимая величина тока, сроки испытаний и осмотров регламентируются «Правилами пользования и испытания защитных средств, применяемых в электроустановках» [14].

10.5 Конструкция защитных средств

Изолирующие штанги. Изолирующие штанги используют для оперативной работы, измерений, проверки изоляции, наложения заземлений и т. п.

Универсальная штанга имеет сменные головки, предназначенные для выполнения различных операций. Универсальная измерительная изолирующая штанга (рис. 10.2) состоит из трех основных частей: рабочей, изолирующей и рукоятки.

Рабочая часть штанги – это съемная головка 5 с двумя парами сменных щупов 3, которые с помощью провода 6 подключаются к измерительному прибору 1. Съемная головка представляет собой бакелитовую трубку, закрытую по концам металлическими колпачками 4 с винтами для крепления сменных щупов.

Съемная головка имеет шарнирное пружинящее соединение 2, при помощи которого можно отклонить головку относительно оси держателя до 45°.

Изолирующая часть штанги состоит из трех бакелитовых труб, соединенных муфтами 7. На табличке 8 ставится штамп с техническими данными штанги и датой следующего испытания. Изолирующая часть штанги отделена от рукоятки 10 ограничительным кольцом 9. Размеры изолирующей части и рукоятки регламентированы правилами в зависимости от рабочего напряжения.

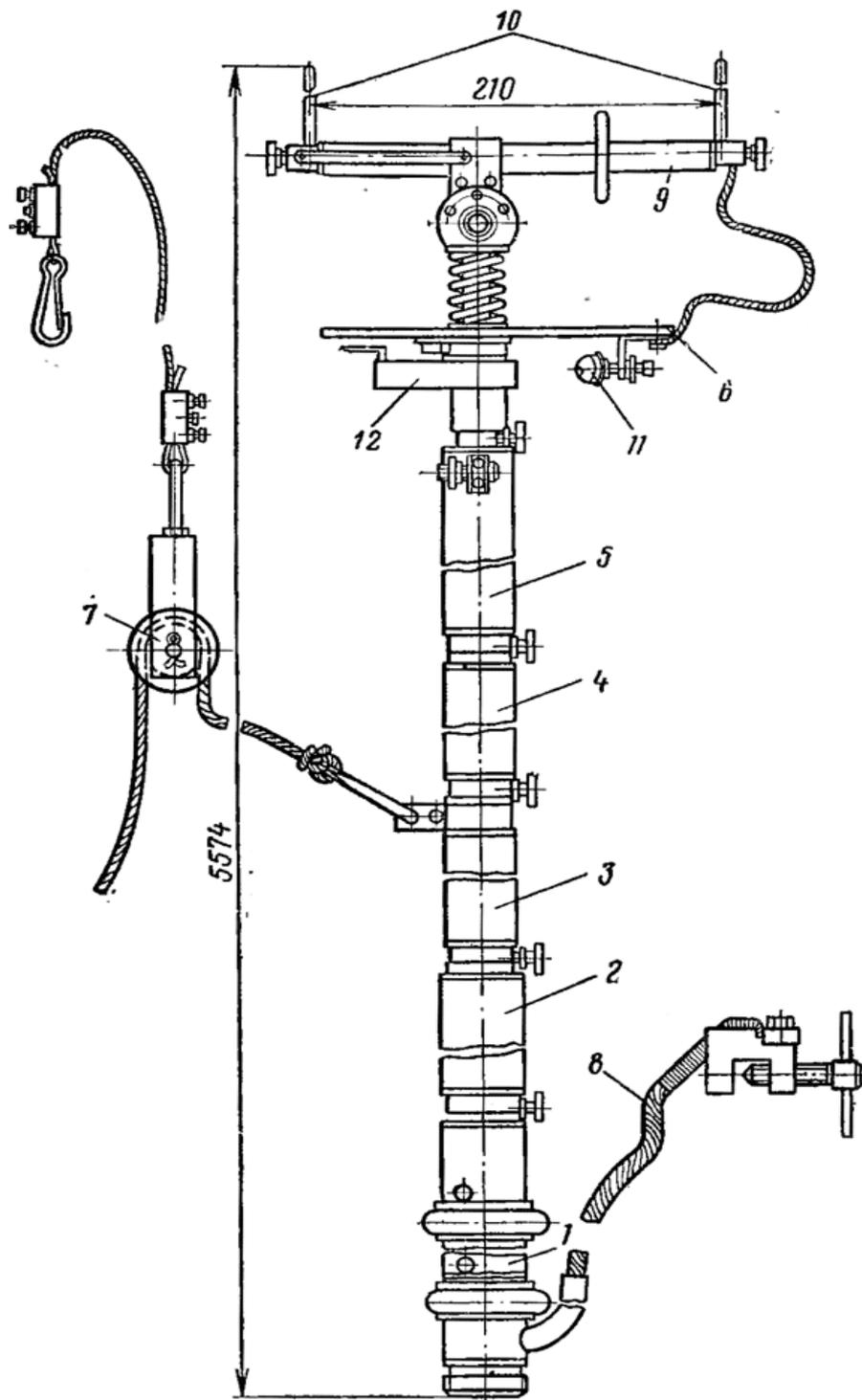


Рисунок 10.2 - Универсальная измерительная штанга с головкой для контроля изоляторов: 1 — рукоятка; 2—5 — изолирующие звенья; 6 — шкала; 7 — подвесной блок с капроновым фалом; 8 — заземляющий проводник со струбциной (только для ВЛ 500 кВ); 9 — коромысло; 10 — щупы; 11 — неподвижный электрод; 12 — подвижный электрод.

Изолирующие и токоизмерительные клещи. Изолирующие клещи (см. рис. 10.3, а) предназначены для замены предохранителей, надевания и снятия изолирующих колпаков и др. Основные части изготавливаются из изоляционного материала. Длина изолирующей части клещей равна 0,45 м

для напряжения до 10 кВ и 0,75 м для напряжения 10–35 кВ.



Рисунок 10.3 – Изолирующие (а) и токоизмерительные (б) клещи

В токоизмерительных клещах (см. рис. 10.3, б), служащих для измерения тока в одиночных проводниках без нарушения их целостности, рабочая часть представляет собой разъемный магнитопровод с обмоткой, к которой подключается укрепленный на рабочей части клещей амперметр. Изолирующая часть и рукоятка изготовляются из изоляционного материала.

Простейшие токоизмерительные клещи переменного тока работают на принципе одновиткового трансформатора тока, первичной обмоткой которого является шина или провод с измеряемым током, а вторичная многовитковая обмотка, к которой подключен амперметр, намотана на разъемный магнитопровод (рис. 10.4, а).

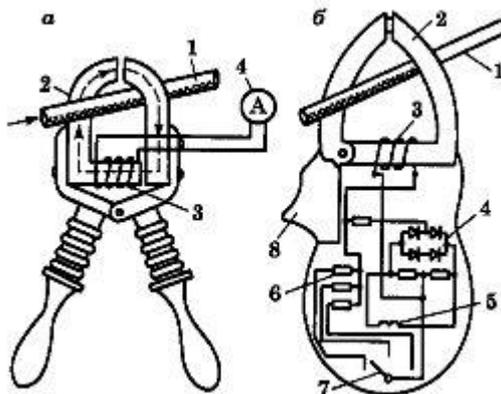


Рисунок 10.4 - Схемы токоизмерительных клещей переменного тока: а - схема простейших клещей с использованием принципа одновиткового трансформатора тока, б - схема, сочетающая одновитковый трансформатор тока с выпрямительным устройством, 1 - проводник с измеряемым током, 2 - разъемный магнитопровод, 3 - вторичная обмотка, 4 - выпрямительный мостик, 5 - рамка измерительного прибора, 6 - шунтирующий резистор, 7 - переключатель пределов измерений, 8 – рычаг.

Для охвата шины магнитопровод раскрывается подобно обычным клещам при воздействии оператора на изолирующие рукоятки или рычаги

клещей.

Токоизмерительными клещами пользуются в электроустановках напряжением до 10 кВ. Измерения производят в диэлектрических перчатках, держа клещи на весу и не нагибаясь к амперметру.

Указатели напряжения. Указатели напряжения выше 1000 В – переносные приборы, действие которых основано на свечении неоновой лампы при протекании через нее емкостного тока. Указатель напряжения УВН-80 (рис. 10.5,б) состоит из трех основных частей: рабочей 5, изолирующей 3 частей и рукоятки 1. Рабочая часть состоит из бакелитовой трубки, в которой установлена сигнальная неоновая лампа 6, соединенная с металлическим щупом 7 и конденсатором 8. На штампе 2 указывают рабочее напряжение указателя и дату следующего испытания.

В электроустановках напряжением до 500 В используют указатели УНН-90, МИН-1 и токоискатель ТИ-2 (см. рис. 10.5,а), работающие по принципу протекания активного тока через неоновую лампу. Величина тока ограничивается резисторами. Лампы, резисторы и щупы, которыми касаются токоведущих частей, встроены в рукоятки, выполненные из изоляционного материала.

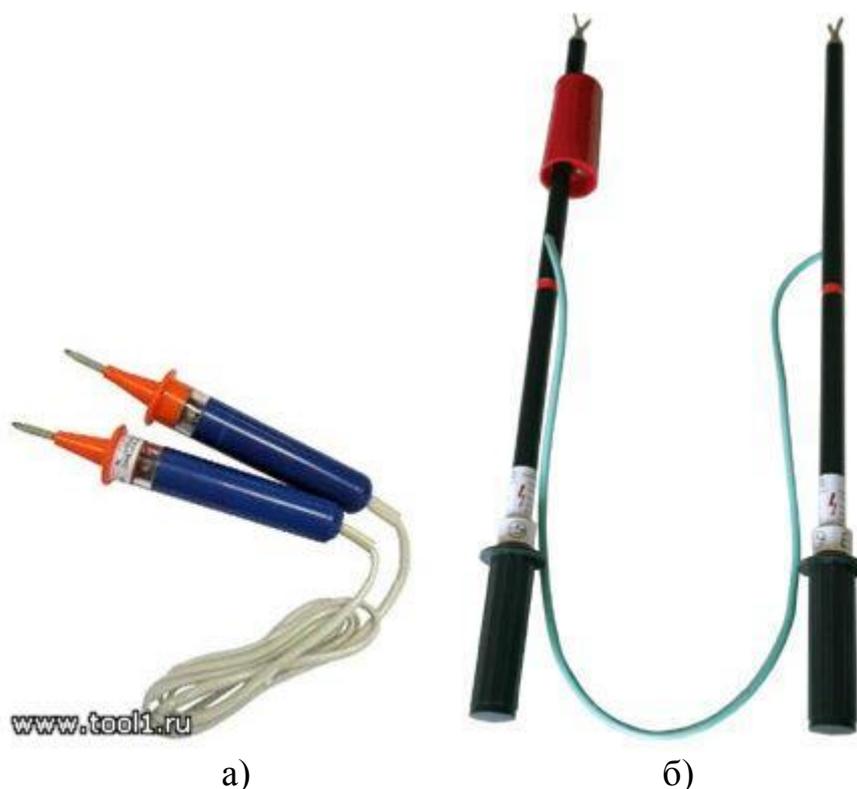


Рисунок 10.5 - Устройства и схемы токоискателя низкого напряжения ТИ-2 (а) указателя высокого напряжения УВН-80 (б).

Инструмент с изолированными рукоятками. Инструмент с изолированными рукоятками как основное средство защиты применяют только в установках напряжением до 1000 В. Рукоятки должны иметь ограничивающий упор, гладкое без трещин и заусенцев изоляционное

покрытие из влагостойкого, нехрупкого изоляционного материала по длине не менее 10 см, которое должно прилегать к металлическим частям, полностью изолируя от металла руку работающего. После изготовления или ремонта инструмент испытывают напряжением 2,0 кВ в течение 1 мин.

Изолирующие подставки. Изолирующие подставки служат для изоляции работающего от земли. Поэтому их используют как дополнительное средство безопасности при операциях с предохранителями, пускателями, приводами разъединителей и выключателей в закрытых электроустановках всех напряжений.

Изолирующая подставка представляет собой настил, укрепленный на опорных изоляторах из фарфора. Высота изоляторов от пола до нижней поверхности настила должна быть не менее 7 см. Подставки испытывают после изготовления напряжением 40 кВ в течение 1 мин и проверяют их механическую прочность нагрузкой 350 кгс/м².

Защитные изделия из диэлектрической резины. Для изоляции человека от земли и от токоведущих частей применяют изделия из диэлектрической резины: перчатки, боты, галоши и коврики.

В отличие от обычной резиновая диэлектрическая обувь не имеет лакированной поверхности. Следует иметь в виду, что диэлектрические свойства резины нестабильны. Они изменяются под действием влаги, света, высокой температуры, массы, бензина, кислот. Поэтому защитные средства из резины должны храниться в закрытых шкафах или ящиках.

Перед использованием эти защитные средства тщательно осматривают, а диэлектрические перчатки проверяют на прочность. Из перчатки, не имеющей проколов, воздух не выходит. Перчатки на рабочее напряжение до 1000 В в установках более высокого напряжения применять не рекомендуется.

Защитные средства для индивидуального пользования. К индивидуальным защитным средствам относят экранирующие защитные комплекты, защитные очки, рукавицы, противогазы, предохранительные пояса и страхующие канаты.

Экранирующие защитные комплекты предохраняют организм человека от воздействия электрического поля. Их применяют при работах в распределительных устройствах и на линиях напряжением выше 500 кВ.

Защитные очки используют при смене предохранителей, при резке кабелей и вскрытии кабельных муфт, во время пайки, сварки жил кабелей, разогрева, переноски мастики и заливки ею кабельных муфт, при работе с электролитом и обслуживании аккумуляторов, при заточке инструмента и т.п.

Применяют очки закрытого типа, с оправой, мягкой по краям и плотно прилегающей к лицу, со стеклами специального состава.

Предохранительные пояса служат для предотвращения падения человека при работе на высоте – на опорах или проводах линии электропередачи и т.п. Изготавливают их из прочного негигроскопичного и нерастягивающегося материала. Затягивают пояс при помощи ремней с

пряжками. Предохранительный пояс и страховочный канат испытывают на механическую прочность 1 раз в полгода усилием 225 кгс в течение 5 мин.

Временные ограждения. Временные ограждения применяют при ремонтных работах для предохранения персонала от случайного приближения к токоведущим частям, находящимся под напряжением и расположенным вблизи места работы. К ним относят переносные щиты (ширмы), изолирующие накладки и колпаки, ограждения, клетки.

Щиты изготавливают из сухого дерева без металлических креплений сплошными или решетчатыми. Они не должны соприкасаться с токоведущими частями, находящимися под напряжением.

Изолирующие накладки применяют в электроустановках напряжением до 15 кВ, когда место работы оградить щитами нельзя.

Резиновые или пластмассовые колпаки служат для изолирования ножей разъединителей, которыми может быть подано напряжение на участок, где производятся работы.

Ограждения и клетки предназначены для защиты персонала при работах на оборудовании, находящемся под напряжением главным образом в камерах масляных выключателей.

В открытых распределительных устройствах место работы ограждают пеньковым или кайроновым канатом.

Переносные заземления. Переносные заземления применяют при отсутствии стационарных заземляющих ножей для защиты от ошибочной подачи напряжения на отключенные для работы части электроустановок и от появления на них наведенного напряжения.



Рисунок 10.6 – Переносной заземлитель

Переносное заземление состоит из трех гибких медных проводов для соединения накоротко токоведущих частей трех фаз электроустановки и одного провода для соединения их с заземляющим устройством.

Заземление накладывается с помощью постоянной или съемной штанги, имеющей изолирующую часть и рукоятку. Все операции по наложению и снятию заземления выполняют в диэлектрических перчатках.

Применение для заземления случайных проводников и соединение заземляющих проводов путем скрутки не разрешается.

Средства предупреждения об опасности. Для предупреждения об опасности служат предупредительные плакаты. В соответствии с назначением их разделяют на 4 группы: предостерегающие, запрещающие, разрешающие и напоминающие.

Постоянные предостерегающие плакаты (рис.10.7,а) укрепляют на оборудовании.

Плакат **«Под напряжением – опасно для жизни!»** предназначается для напряжения до 1000 В. Он укрепляется на наружной стороне распределительных устройств, сборок, щитов.

Плакат **«Высокое напряжение – опасно для жизни!»** предназначен для напряжения выше 1000 В. Его укрепляют на наружной стороне дверей распределительных устройств, камер выключателей и трансформаторных подстанций. Выполняется черными буквами на белом фоне, кайма и стрелы ярко-красные.

Плакат **«Не влезай – убьет!»** вывешивают на опорах воздушных ЛЭП напряжением выше 1000 В. На железобетонных опорах плакат наносится на бетон несмываемой краской.

Плакат **«Опасное электрическое поле - без средств защиты проход запрещен»** вывешивается в местах где проходят большие электрические поля.

Переносные предостерегающие плакаты (рис. 10.7,б) применяют во время работ и испытаний.

Плакат **«Стоять – высокое напряжение!»** используется при напряжении выше 1000 В.

Плакат **«Стоять – опасно для жизни!»** предназначен для установок напряжением до 1000 В.

Оба плаката вывешиваются на ограждениях и конструкциях высоковольтных и низковольтных электроустановок.

Плакат **«Не влезай – убьет!»** укрепляется на конструкциях, соседних с той, которая предназначена для подъема персонала к рабочему месту, расположенному на высоте.

Переносные запрещающие плакаты (рис. 10.8) вывешивают также при

ремонтах.

Плакат «**Не включать – работают люди**» укрепляют на ключах управления, рукоятках, штурвалах выключателей и разъединителей, на щупах и пультах.

Плакат «**Не открывать – работают люди**» вывешивают на штурвалах задвижек и приводах к ним, при ошибочном открывании которых может быть пущено рабочее вещество (пар, вода, масло) под давлением к оборудованию, где работают люди.

Плакат «**Не включать – работа на линии**» вывешивают на ключах управления, рукоятках и штурвалах приводов выключателей и разъединителей, при ошибочном включении которых может быть подано напряжение к месту, где работают люди.

Переносные разрешающие плакаты (рис.10.9) выполняют в виде белого круга на зеленом фоне.



а

б

Рисунок 10.7 - Предостерегающие плакаты: а – постоянные; б – переносные



Рисунок 10.8 - Запрещающие плакаты

Рисунок 10.9 - Разрешающие и напоминающие плакаты

Плакат «**Работать здесь**» вывешивается на рабочем месте. В открытых распреустройствах (ОРУ) при наличии ограждений рабочего места вывешивают в месте прохода за ограждение. Плакат «**Влезать здесь**» устанавливают на конструкции ОРУ, обеспечивающей безопасный подъем к месту работы на высоте. Переносный напоминающий плакат «**Заземление**» вывешивают на ключах управления, рукоятках, штурвалах разъединителей, при ошибочном включении которых может быть подано напряжение на заземленный участок.

Таблица 10.2 - Нормы и сроки электрических испытаний средств защиты в электроустановках напряжением до 1000 В

| Средства защиты | Испытательное напряжение, В | Продолжительность испытаний, мин | Допустимый ток, мА | Периодичность испытаний, мес. |
|--|-----------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| Изолирующие штанги | 40 | 5 | - | 24 |
| Изолирующие электроизмерительные клещи | 2 | 5 | - | 24 |
| Указатели напряжения однополюсные | 0,75 | 1 | 0,6 | 12 |
| Двухполюсные | 0,60 | 1 | 4 | 12 |
| Диэлектрические перчатки | 6 | 1 | 6 | 6 |
| Инструменты с изолирующими рукоятками | 2 | 1 | - | 12 |
| Диэлектр. галоши | 3,5 | 1 | 2 | 12 |

Перед каждым применением средств индивидуальной защиты персонал обязан: очистить и протереть пыль; проверить исправность и отсутствие внешних повреждений; диэлектрические перчатки проверить на отсутствие проколов, а диэлектрические коврики - на отсутствие трещин, пузырей, каверн, заусенцев. Прокол диэлектрических перчаток легко установить закручиванием последних к пальцам. Герметичность проверяют по отсутствию выхода воздуха из перчаток или пузырей при погружении их в воду. Дефекты в диэлектрических ковриках очень легко обнаружить при их перегибах. Необходимо также проверить по штампу, для какого напряжения допустимо применение данного защитного средства и не истек ли срок периодического испытания. Пользоваться средствами индивидуальной защиты, у которых срок эксплуатации истек, категорически запрещается. Диэлектрические перчатки подлежат периодическим испытаниям один раз в 6 мес., диэлектрические коврики - один раз в два года.

При выполнении различных видов работ для соблюдения безопасности обычно применяют переносные заземления. Переносное заземление - надежное средство защиты при работе на отключенных участках, оборудовании или линиях на случай ошибочной подачи напряжения на участок работ. Переносное заземление состоит из гибких медных проводов (для заземления и закорачивания между собой всех трех фаз установки) сечением не менее 25 мм² и зажимов для присоединения закорачивающих проводов к заземляющей шине (полосе) или электроду. Допускается применение отдельного переносного заземления для каждой фазы.

Работы по устройству переносного заземления осуществляются в

следующей последовательности. Вначале присоединяют заземляющий провод к «земле» (очагу заземления), после чего проверяют отсутствие напряжения на заземляемых токоведущих частях. При отсутствии напряжения с помощью штанг или руками в диэлектрических перчатках накладывают зажимы закорачивающих проводов. Снимают заземление в обратном порядке. Все операции по наложению и снятию переносного заземления выполняются в диэлектрических перчатках.

11 СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО. МЕРЫ ЗАЩИТЫ ЛЮДЕЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ ОТ ЗАРЯДОВ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Электрические заряды, накопленные на диэлектриках вследствие трения их друг о друга или о металл, называют статическим электричеством. При трении в местах соприкосновения на поверхности диэлектрика возникает электрический заряд большой плотности, который вследствие малой электропроводности диэлектрика исчезает весьма медленно.

Электризация возникает также посредством индукции. На металле проявляется электрический заряд противоположного знака, который растекается с равномерной плотностью по его поверхности. Явления электризации возникают в самых разных условиях: при движении жидкости по трубопроводам; при сливе, наливе, перекачке и переливании жидкости падающей струей; при движении по трубопроводам и выходе из сопла сжатых и сжиженных газов; при перемешивании веществ в смесителях; при фильтрации воздуха и газа; при работе ременных передач, выполненных из различных непроводящих материалов, при измельчении, обработке и транспортировке материалов на органической или полимерной основе и т.п.

Разность потенциалов при электризации диэлектриков может достигать очень высоких напряжений. Так, например, при перекачивании бензина через трубопровод, имеющий изолированный участок, величина потенциалов между изолированным участком трубопровода и землей колеблется в пределах 1460-14600 В.

Накопившаяся энергия представляет большую опасность и может проявиться в виде искрового разряда. Освободившаяся в виде искры энергия 0,01 Дж способна обусловить возникновение пожара и взрыва. Опасность искрового разряда в воздухе возникает уже при напряжении 300 В. Для выравнивания потенциалов и предотвращения искрения все параллельно идущие трубопроводы, при расстоянии между ними до 100 мм, следует соединить между собой перемычками через 20-25 м. Каждая система оборудования и трубопроводов должна быть заземлена не менее, чем в двух местах. Наличие заземления необходимо проверять мегомметром или тестером не реже jednou раз в шесть месяцев и после каждого ремонта оборудования.

Для снятия электростатических зарядов, возникающих при наливке, перекачке и транспортировке нефтепродукта, все металлические насосы, трубопроводы, цистерны и другие устройства необходимо металлически соединить между собой. Ручные приемники (бочки, бидоны) должны быть хорошо заземлены либо посредством специального соединения, либо плотного контакта с объектом, если конструкция системы, снабжающей нефтепродуктом, сама хорошо заземлена.

При разливе жидкостей-диэлектриков в сосуды из изолирующих материалов (стекла и др.) следует применять воронки из электропроводящего материала, которые заземляются и с помощью медного троса соединяются с

подводящим шлангом. Воронка должна достигать дна сосуда, в противном случае конец заземленного троса необходимо пропустить через воронку до дна сосуда, чтобы жидкость стекала по этому тросу.

При защите жидких и газообразных веществ от статического электричества необходимо знать, что более интенсивная электризация характерна для жидкостей, которые имеют более высокое электрическое сопротивление. При электрической проводимости менее 10⁹ Ом/см жидкости склонны к сильной электризации.

Интенсивность электризации прямо пропорциональна скорости подачи жидкого нефтепродукта. Подача сплошной и плавной струей способствует электризации в меньшей степени, чем при свободно падающей струе с разбрызгиванием. Разность потенциалов при свободном падении струи жидкости в емкость, а также при длительном времени и большой скорости истечения жидкостей достигает 18000-20000 В.

Наибольшая электризация наблюдается в трубопроводах, изготовленных из низкоуглеродистых сталей. Шероховатость поверхности трубопроводов приводит к завихрениям жидкости при ее движении, из-за чего усиливается электризация нефтепродукта.

Электризация жидкости возникает и усиливается лишь в некоторых наиболее благоприятных для электризации местах (клапаны, насосы, изменения сечения трубопровода). На других участках электризованная жидкость или теряет свои заряды, или только сохраняет полученный заряд.

При наполнении емкостей следует загрузочные трубы доводить до днища; загрузку производить через отверстия с большим поперечным сечением, не допуская соприкосновения струи жидкости со стенками емкости и поверхностью жидкости. При загрузке в пустую емкость, а также если выпускаемое отверстие загрузочного патрубка невозможно погрузить в жидкость, заполнение следует производить со скоростью, не превышающей 0,5-0,7 м/с. Введение в состав нефтепродуктов антистатических присадок повышает их электропроводность, а следовательно, ослабляет опасные проявления статической электропроводности.

Сливные резиновые шланги с металлическими наконечниками для налива в бочки должны быть заземлены медной проволокой, обвитой по шлангу снаружи с шагом 0,1 м или пропущенной внутри, с припайкой одного конца к металлическим частям продуктопровода, а другого - к наконечнику шланга. Наконечники шлангов должны быть изготовлены из металла (бронза, алюминий), не дающей искры при ударе. Отбор проб жидкостей из емкостей (резервуаров) во время их заполнения или опорожнения запрещается, следует производить лишь после того, как жидкость придет в спокойное состояние.

Значительное накопление статического электричества может происходить на технологическом оборудовании и представляет опасность для окружающих. Для предупреждения возможности опасных искровых разрядов с поверхности оборудования предусматривают следующие меры:

- заземление всех металлических и электропроводящих частей технологического оборудования;

- уменьшение удельного поверхностного электрического сопротивления материалов-диэлектриков; повышение относительной влажности воздуха до 65 - 70% (если это позволяет условия производства);
- охлаждение электризующих поверхностей до температуры на 10оС ниже температуры окружающей среды;
- нейтрализация разрядов статического электричества путем ионизации воздуха рабочего пространства (воздействие сильного электрического поля или радиоактивного излучения); - применение нейтрализаторов коронного разряда;
- применение гидрофильных добавок при возможности увлажнения продуктов и материалов или применение гидрофобных добавок с высокими электропроводными свойствами;
- изменение режима технологического процесса (ограничение скорости транспортировки, обработки, истечения), замена взрыво- и пожароопасных веществ на менее опасные и т.д.
- применение токопроводящих полов.

Покрытие пола и обувь считаются электропроводящими, если сопротивление между электродом, установленным на полу, и землей или между электродом внутри обуви и наружным электродом не превышает 106 Ом/см².

Заряды статического электричества могут накапливаться на теле человека, особенно при пользовании обувью с непроводящими электричество подошвами, одеждой и бельем из шерсти, шелка и искусственных волокон, при передвижении по непроводящему покрытию пола и при выполнении ряда ручных операций с веществами-диэлектриками.

Высокое поверхностное сопротивление тканей человека затрудняет стечение зарядов, которые накапливаются на теле, и человек длительное время может находиться под большим потенциалом. Потенциал изолированного от земли тела человека может достигать 7000 В и более, а максимальная энергия, освобождающаяся при искровом разряде с него, может составлять 2,5-7,5 мДж. Человек под воздействием электростатических разрядов испытывает неприятные ощущения, удары, теряет равновесие.

При работе со взрывоопасными веществами в стесненных условиях, в помещениях, где возможно образование на теле человека электростатических зарядов, следует избегать ношения одежды из синтетических материалов (нейлона, перлона и т.п.) и шелка, а также не рекомендуется ношение колец, браслетов, на которых аккумулируются заряды статического электричества. При выполнении работ в зоне с возможным накоплением статического электричества рекомендуется его отводить при помощи электропроводной обуви, антистатического халата, электропроводной подушки стула, легко снимаемых электропроводных браслетов, соединенных с землей через сопротивление 105-107 Ом. Хорошими электропроводными свойствами обладают покрытия из бетона, антистатического линолеума, электропроводной резины и т.д.

12 ОСВОБОЖДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА И МЕРЫ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

12.1 Освобождение человека от действия электрического тока

Основными условиями успеха при оказании первой помощи пострадавшим от электрического тока и при других несчастных случаях являются быстрота действия, находчивость и умение оказывающего помощь. Эти качества могут быть выработаны соответствующими тренировочными упражнениями и приобретением навыков. Одного знания настоящего руководства недостаточно.

Спасение пострадавшего от электрического тока в большинстве случаев зависит от быстроты освобождения его от тока, а также от быстроты и правильности оказания пострадавшему первой помощи.

Промедление и длительная подготовка могут повлечь за собой гибель пострадавшего. Никогда не следует отказываться от оказания помощи пострадавшему и считать его мертвым из-за отсутствия дыхания, сердцебиения, пульса. При поражении электрическим током смерть часто бывает кажущейся, вследствие чего решить вопрос о целесообразности или бесполезности дальнейших мероприятий по оживлению пострадавшего и вынести заключение об его смерти имеет право только врач.

Для правильной организации работ по оказанию первой помощи необходимо, чтобы в каждом подразделении были выделены лица, ответственные за систематическое пополнение и состояние приспособлений и средств для оказания первой помощи, хранящихся в аптечках первой помощи.

Помощь пострадавшему, оказываемая неспециалистом, не заменяет собой помощи со стороны медицинского персонала и должна оказываться до прибытия врача; эта помощь должна ограничиваться строго определенными видами (временная остановка кровотечения, перевязка раны и ожога, иммобилизация перелома, оживляющие мероприятия, переноска и перевозка пострадавшего).

Прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением, вызывает в большинстве случаев непроизвольное судорожное сокращение мышц. Вследствие этого пальцы, если пострадавший держит провод руками, могут так сильно сжиматься, что высвободить провод из его рук становится невозможным.

Если пострадавший продолжает соприкасаться с токоведущими частями, необходимо прежде всего быстро освободить его от действия электрического тока. При этом следует иметь в виду, что прикасаться к человеку, находящемуся под током, без применения надлежащих мер предосторожности опасно для жизни оказывающего помощь. Поэтому ***первым действием оказывающего помощь должно быть быстрое отключение той части установки, которой касается пострадавший.***

При этом необходимо учитывать следующее:

- в случае нахождения пострадавшего на высоте отключение установки и освобождение пострадавшего от электрического тока могут привести к падению пострадавшего с высоты – в этом случае должны быть приняты меры, обеспечивающие безопасность падения пострадавшего;

- при отключении установки может одновременно отключиться также и электрическое освещение, в связи с чем следует обеспечить освещение от другого источника (фонарь, факел, свечи, аварийное освещение, аккумуляторные фонари и т. п.), не задерживая, однако, отключения установки и оказания помощи пострадавшему.

Если отключение установки не может быть произведено достаточно быстро, необходимо принять меры к отделению пострадавшего от токоведущих частей, к которым он прикасается.

На напряжении до 1000 Вольт.

Для отделения пострадавшего от токоведущих частей или провода следует воспользоваться сухой одеждой, канатом, палкой, доской или каким-либо другим сухим предметом, не проводящим электрический ток. Использование для этих целей металлических или мокрых предметов не допускается. Для отделения пострадавшего от токоведущих частей можно также взяться за его одежду (если она сухая и отстает от тела пострадавшего), например за полы спецовки или бушлата, избегая при этом прикосновения к окружающим металлическим предметам и частям тела, не прикрытым одеждой. Оттаскивая пострадавшего за ноги, не следует касаться его обуви или одежды без хорошей изоляции своих рук, так как обувь и одежда могут быть сырыми и являться проводниками электрического тока.

Для изоляции рук оказывающий помощь, особенно если необходимо коснуться тела пострадавшего, не прикрытого одеждой, должен надеть диэлектрические перчатки или обмотать себе руки шарфом, надеть на руки суконную кепку, опустить на руку рукав спецовки или бушлата, использовать прорезиненную материю (плащ) или просто сухую материю. Можно также изолировать себя, встав на сухую доску или какую-либо другую не проводящую электрический ток подстилку, сверток одежды и т. п.

При отделении пострадавшего от токоведущих частей рекомендуется действовать по возможности одной рукой.

При затруднении отделения пострадавшего от токоведущих частей следует перерубить или перерезать провода топором с сухой деревянной рукояткой или другим соответствующим изолирующим инструментом. Производить это нужно с должной осторожностью (не касаясь проводов, перерезая каждый провод в отдельности, надев диэлектрические перчатки и галоши).

На напряжении выше 1000 Вольт.

Для отделения пострадавшего от земли или токоведущих частей, находящихся под высоким напряжением, следует надеть диэлектрические перчатки и боты и действовать штангой или клещами, рассчитанными на напряжение данной установки.

На линиях электропередачи, когда освобождение пострадавшего от

тока одним из указанных выше способов достаточно быстро и безопасно невозможно, необходимо прибегнуть к короткому замыканию (наброс и т. п.) всех проводов линии и к надежному предварительному их заземлению (согласно общим правилам техники безопасности). При набросе должны быть приняты меры предосторожности, с тем, чтобы набрасываемый провод не коснулся тела спасающего и пострадавшего.

Кроме того, необходимо иметь в виду следующее:

- если пострадавший находится на высоте, следует предупредить или обезопасить его падение;

- если пострадавший касается одного провода, то часто оказывается достаточным заземление только одного провода;

- провод, применяемый для заземления и закорачивания, следует сперва соединить с землей, а затем набросить на линейные провода, подлежащие заземлению.

Следует также знать, что и после отключения линии на ней в случае большой емкости линии может сохраниться заряд, опасный для жизни, и что обезопасить линию может лишь ее надежное заземление.

12.2 Меры первой помощи пострадавшему от электрического тока

Меры первой помощи зависят от состояния, в котором находится пострадавший после освобождения его от электрического тока.

Для определения этого состояния необходимо немедленно произвести следующие мероприятия:

- уложить пострадавшего на спину на твердую поверхность;
- проверить наличие у пострадавшего дыхания (определяется по подъему грудной клетки или каким-либо другим способом);

- проверить наличие у пострадавшего пульса на лучевой артерий у запястья или на сонной артерии на переднебоковой поверхности шеи;

- выяснить состояние зрачка (узкий или широкий); широкий зрачок указывает на резкое ухудшение кровоснабжения мозга.

Во всех случаях поражения электрическим током вызов врача является обязательным независимо от состояния пострадавшего.

Если пострадавший находится в сознании, но до этого был в состоянии обморока, его следует уложить в удобное положение (подстелить под него и накрыть его сверху чем-либо из одежды) и до прибытия врача обеспечить полный покой, непрерывно наблюдая за дыханием и пульсом. Ни в коем случае нельзя позволять пострадавшему двигаться, а тем более продолжать работу, так как отсутствие тяжелых симптомов после поражения электрическим током не исключает возможности последующего ухудшения состояния пострадавшего. Если врача быстро вызвать невозможно, необходимо срочно доставить пострадавшего в медицинский пункт, обеспечив для этого необходимые транспортные средства или носилки.

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, но с сохранившимся устойчивым дыханием и пульсом, его следует ровно и

удобно уложить, распуścić и расстегнуть одежду, создать приток свежего воздуха, давать нюхать нашатырный спирт, обрызгивать его водой и обеспечить полный покой и постоянное наблюдение. Одновременно следует срочно вызвать врача. Если пострадавший плохо дышит – очень редко и судорожно (как умирающий), ему следует делать искусственное дыхание и массаж сердца.

При отсутствии у пострадавшего признаков жизни (дыхания и пульса) нельзя считать его мертвым, так как смерть часто бывает лишь кажущейся. В таком состоянии пострадавший, если ему не будет оказана немедленная первая помощь в виде искусственного дыхания и наружного (непрямого) массажа сердца, действительно умрет. Искусственное дыхание следует производить непрерывно, как до, так и после прибытия врача. Вопрос о целесообразности или бессмысленности дальнейшего проведения искусственного дыхания решается врачом.

При оказании помощи мнимому умершему бывает дорога каждая ее секунда, поэтому первую помощь следует оказывать немедленно и по возможности на месте происшествия. Переносить пострадавшего в другое место следует только в тех случаях, когда ему или лицу, оказывающему помощь, продолжает угрожать опасность или когда оказание помощи на месте невозможно.

Пораженного электрическим током можно признать мертвым только в случае наличия видимых тяжелых внешних повреждений, например в случае раздробления черепа при падении или при обгорании всего тела. В других случаях констатировать смерть имеет право только врач.

12.3 Основные правила, обязательные при производстве искусственного дыхания

Оживление организма, пораженного электрическим током, может быть произведено несколькими способами. Все они основаны на проведении искусственного дыхания.

Искусственное дыхание следует производить только в том случае, если пострадавший не дышит или дышит очень плохо (редко, судорожно, как бы с всхлипыванием, как умирающий), а также если дыхание пострадавшего постепенно ухудшается.

Начинать искусственное дыхание следует немедленно после освобождения пострадавшего от электрического тока и производить непрерывно до достижения положительного результата или появления бесспорных признаков действительной смерти (появления трупных пятен или трупного окоченения). Наблюдались случаи, когда мнимо умершие после поражения электрическим током были возвращены к жизни через несколько часов.

Во время производства искусственного дыхания необходимо внимательно наблюдать за лицом пострадавшего. Если он пошевелит губами или веками или сделает глотательное движение гортанью (кадыком), нужно проверить, не сделает ли он самостоятельного вдоха. Производить

искусственное дыхание после того, как пострадавший начнет дышать самостоятельно и равномерно, не следует, так как продолжение искусственного дыхания может причинить ему лишь вред.

Если после нескольких мгновений ожидания окажется, что пострадавший не дышит, производство искусственного дыхания следует немедленно возобновить. Прежде чем приступить к производству искусственного дыхания, необходимо:

- быстро, не теряя ни секунды, освободить пострадавшего от стесняющей дыхание одежды – расстегнуть ворот развязать галстук или шарф, снять ремень, расстегнуть брюки и т. п.;

- так же быстро освободить рот пострадавшего от посторонних предметов (удалить вставные челюсти, если они имеются) и слизи;

- если рот пострадавшего крепко стиснут, раскрыть его путем выдвижения нижней челюсти; для этого надо четыре пальца обеих рук поставить позади углов нижней челюсти и, упираясь большими пальцами в ее край, выдвигать нижнюю челюсть вперед так, чтобы нижние зубы стояли впереди верхних (рис. 12.1).

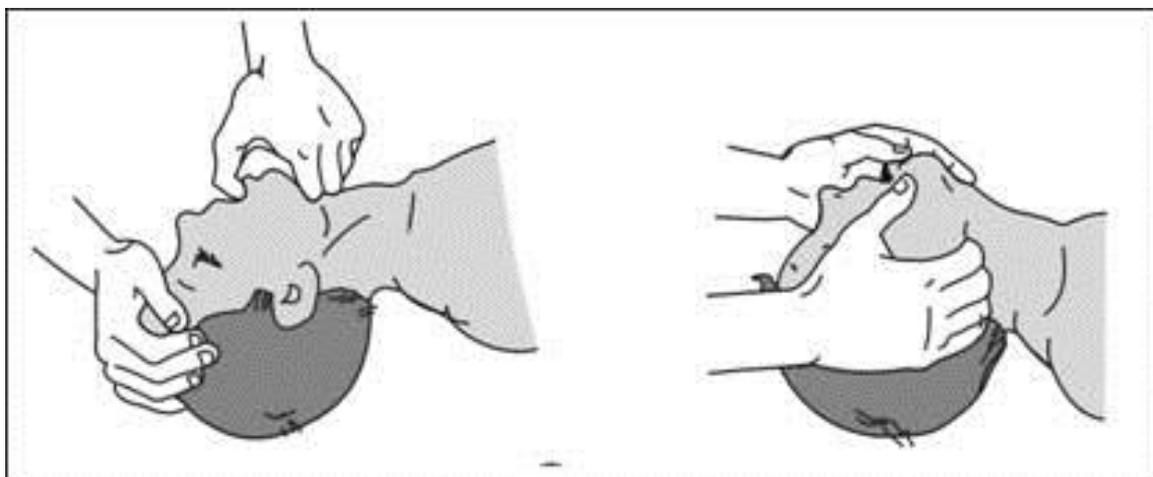


Рисунок 12.1 - Раскрывание рта у пострадавшего

Если таким образом раскрыть рот не удастся, следует у угла рта между задними коренными зубами (но не передними) осторожно, чтобы не сломать зубы, вставить дощечку, металлическую пластинку, ручку ложки или другой подобный предмет и с их помощью разжать зубы.

Наиболее эффективным способом искусственного дыхания является способ «рот в рот». Способ искусственного дыхания «рот в рот» заключается в том, что оказывающий помощь производит выдох из своих легких в легкие пострадавшего через специальное приспособление - трубку или непосредственно в рот или в нос пострадавшего.

Это способ является сравнительно новым и наиболее эффективным, поскольку количество воздуха, поступающего в легкие пострадавшего за один вдох, в 4 раза больше, чем при старых способах искусственного дыхания. Кроме того, при применении данного метода искусственного

дыхания обеспечивается возможность контроля поступления воздуха в легкие пострадавшего по отчетливо видимому расширению грудной клетки после каждого вдуваний воздуха и последующему спаданию грудной клетки после прекращения вдувания в результате пассивного выдоха воздуха через дыхательные пути наружу.

Трубка (воздуховод) для производства искусственного дыхания состоит из двух отрезков резиновой или гибкой пластмассовой трубки 1 и 2 диаметром 8 – 12 мм, длиной 60 и 100 мм, натянутых на металлическую или твердую пластмассовую трубку 3 длиной 40 мм, и овального фланца, вырезанного из плотной резины. Фланец натягивается на стык отрезков трубок 1 и 2, плотно зажимая место их соединения.

Для производства искусственного дыхания пострадавшего следует уложить на спину, раскрыть ему рот и после удаления изо рта посторонних предметов и слизи (платком или концом рубашки) вложить трубку: взрослому – длинным концом, а ребенку (подростку) – коротким концом 2. При этом необходимо следить, чтобы язык пострадавшего не запад назад и не закрыл дыхательного пути, и чтобы вставленная в рот трубка попала в дыхательное горло, а не в пищевод.

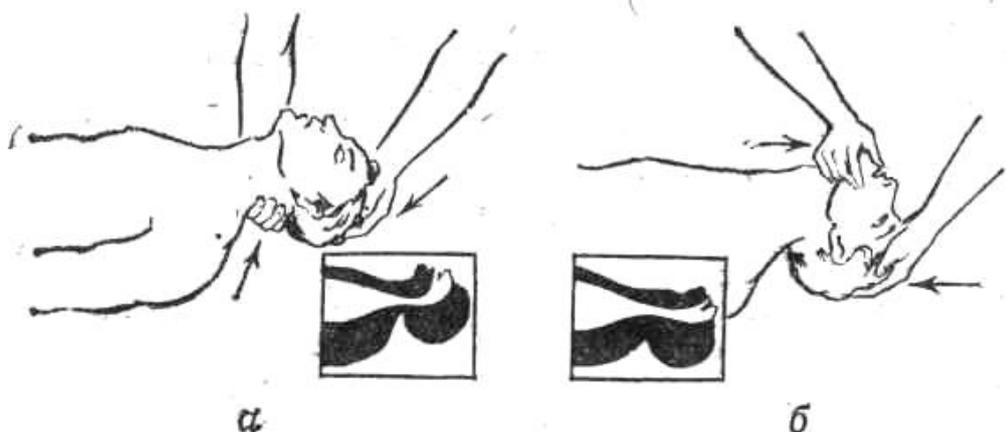


Рисунок 12.2 - Раскрытие гортани у пострадавшего:
а – положение головы; б – положение подбородка.

Для предотвращения западания языка нижняя челюсть пострадавшего должна быть слегка выдвинута вперед.

Для раскрытия гортани следует запрокинуть голову пострадавшему назад, подложив под затылок одну руку, а второй рукой надавить на лоб пострадавшего (рис.12.2, а) так, чтобы подбородок оказался на одной линии с шеей (рис. 12.2, б). При таком положении головы просвет глотки и верхних дыхательных путей значительно расширяется и обеспечивается их полная проходимость; что является основным условием успеха искусственного дыхания по этому методу.



Рисунок 12.3 - Искусственное дыхание с применением трубки (воздуховода).

Для того чтобы выправить трубку во рту и направить ее в дыхательное горло, следует также слегка подвигать вверх и вниз нижнюю челюсть пострадавшего. Затем, встав на колени над головой пострадавшего (рис. 12.3), следует плотно прижать к его губам фланец, а большими пальцами обеих рук зажать пострадавшему нос, с тем, чтобы вдуваемый через трубку воздух не выходил обратно, минуя легкие. Сразу после этого оказывающий помощь делает в трубку несколько сильных выдохов и продолжает их со скоростью около 10 – 12 выдохов в минуту (каждые 5 – 6 секунд) до полного восстановления дыхания пострадавшего или до прибытия врача.

Для обеспечения возможности свободного выхода воздуха из легких пострадавшего оказывающий помощь после каждого вдувания, должен освободить рот и нос пострадавшего (не вынимая при этом изо рта пострадавшего трубки).

При каждом вдувании грудная клетка пострадавшего должна расширяться, а после освобождения рта и носа – самостоятельно опускаться. Для обеспечения более глубокого выдоха можно легким нажимом на грудную клетку помочь выходу воздуха из легких пострадавшего.

В процессе проведения искусственного дыхания оказывающий помощь должен следить за тем, чтобы вдуваемый им воздух попадал в легкие, а не в живот пострадавшего. При попадании воздуха в живот, что может быть обнаружено по отсутствию расширения грудной клетки и вздутию живота, необходимо быстро нажатием на верхнюю часть живота под диафрагмой выпустить воздух и установить дыхательную трубку в нужное положение путем повторного перемещения вверх и вниз нижней челюсти пострадавшего. После этого следует быстро возобновить искусственное дыхание приведенным выше способом.



Рисунок 12.4 - Искусственное дыхание при отсутствии трубки (воздуховода):
а – вдох; б – выдох

При отсутствии на месте происшествия необходимой трубки следует быстро раскрыть у пострадавшего рот (приведенным выше способом), удалить из него посторонние предметы и слизь, запрокинуть ему голову и оттянуть нижнюю челюсть. После этого оказывающий помощь делает глубокий вдох и с силой выдыхает в рот пострадавшего. При вдувании воздуха оказывающий помощь плотно прижимает свой рот к лицу пострадавшего так, чтобы по возможности охватить своим ртом весь рот пострадавшего, а своим лицом зажать ему нос (рис. 12.4). После этого спасающий откидывается назад и делает новый вдох. В этот период грудная клетка пострадавшего опускается и он произвольно делает пассивный выдох (на рисунке справа). Если пострадавший взрослый, выдыхать следует сильнее, а если ребенок - слабее.

При невозможности полного охвата рта пострадавшего вдувать воздух в его легкие следует через нос, плотно закрыв при этом рот пострадавшего. У маленьких детей воздух вдувают одновременно в рот и в нос, охватывая своим ртом и нос пострадавшего. Вдувание воздуха в рот или нос можно производить через марлю, салфетку или носовой платок, следя за тем, чтобы при каждом вдувании происходило достаточное расширение грудной клетки пострадавшего.

При наличии аппарата искусственного дыхания после проведения сеанса искусственного дыхания по способу «рот в рот» или «рот в нос» можно перейти на искусственное дыхание с помощью аппарата.

При возобновлении у пострадавшего самостоятельного дыхания некоторое время следует продолжать искусственное дыхание до полного приведения пострадавшего в сознание или до прибытия врача. В этом случае вдувание воздуха следует производить одновременно с началом собственного вдоха пострадавшего.

При выполнении искусственного дыхания необходимо избегать чрезмерного сдавливания грудной клетки ввиду возможности перелома ребер. При проведении искусственного дыхания нельзя также допускать охлаждения пострадавшего (не оставлять его на сырой земле, каменном,

бетонном или металлическом полу). Под пострадавшего следует подстелить что-нибудь теплое, а сверху укрыть.

12.4 Правила проведения наружного (непрямого) массажа сердца

При отсутствии у пострадавшего пульса возможны следующие нарушения деятельности сердца:

- резкое ослабление или даже полное прекращение сокращений сердца, что бывает следствием длительного нахождения пострадавшего под действием тока, а также отсутствия своевременной помощи в случае первичного поражения дыхания;

- образование под действием электрического тока разрозненных и разновременных (фибриллярных) сокращений отдельных групп волокон сердечной мышцы, которые не могут обеспечить работу сердца в качестве насоса, нагнетающего кровь в сосуды, происходящее под действием переменного тока большой силы даже при непродолжительном нахождении пострадавшего под напряжением; в этом случае дыхание некоторое время после освобождения пострадавшего от действия тока может еще продолжаться, однако работа сердца при этом не эффективна и не способна поддержать жизнь.

Поэтому при отсутствии у пострадавшего пульса для поддержания жизнедеятельности организма (для восстановления кровообращения) необходимо независимо от причины, вызвавшей прекращение работы сердца, одновременно с искусственным дыханием (вдуванием воздуха) проводить наружный массаж сердца. При этом следует иметь в виду, что без правильной и своевременной предварительной помощи пострадавшему до прибытия врача врачебная помощь может оказаться запоздалой и неэффективной.

Наружный (непрямой) массаж производится путем ритмичных сжатий сердца через переднюю стенку грудной клетки при надавливании на относительно подвижную нижнюю часть грудины, позади которой расположено сердце. При этом сердце прижимается к позвоночнику и кровь из его полостей выжимается в кровеносные сосуды. Повторяя надавливание с частотой 66 - 70 раз в минуту, можно обеспечить достаточное кровообращение в организме при отсутствии работы сердца.

Возможность такой имитации работы сердца возникает в результате глубокой потери мышечного тонуса (напряжения) у умирающего, вследствие чего его грудная клетка становится более подвижной и податливой, чем у здорового человека.

Для проведения наружного массажа сердца пострадавшего следует уложить спиной на жесткую поверхность (низкий стол, скамейку или на пол), обнажить у него грудную клетку, снять пояс, подтяжки и другие стесняющие дыхание предметы одежды. Оказывающий помощь должен встать с правой или с левой стороны пострадавшего и занять такое положение, при котором возможен более или менее значительный наклон над пострадавшим. Если

пострадавший уложен на столе, оказывающий помощь должен встать на низкий стул, а при нахождении пострадавшего на полу оказывающий помощь должен встать на колени рядом с пострадавшим.

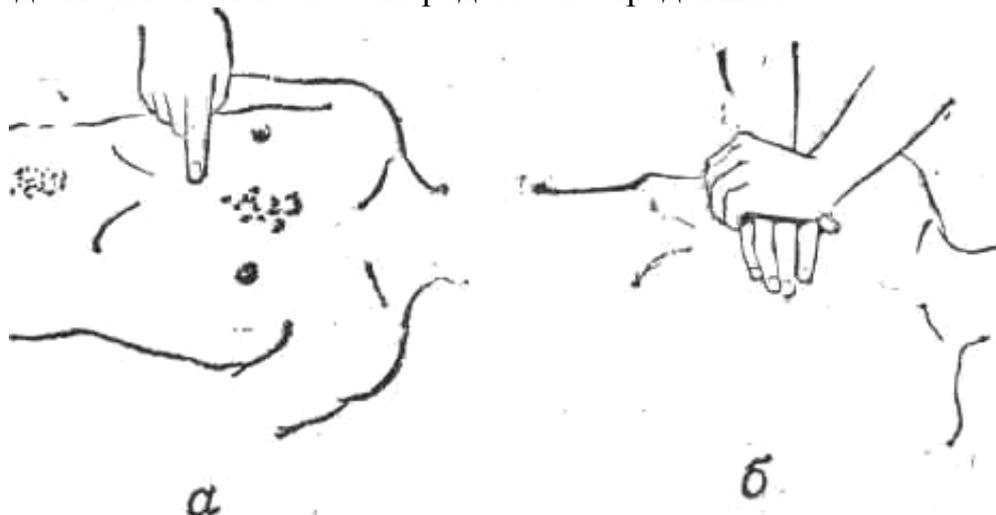


Рисунок 12.5 - Наружный (непрямой) массаж сердца:
а – место нажима на грудную клетку; б – положение рук

Определив положение нижней трети грудины (рис. 12.5,а), оказывающий помощь должен положить на нее верхний край ладони разогнутой до отказа руки, а затем поверх руки положить другую руку (рис. 12.5, б) и надавливать на грудную клетку пострадавшего, слегка помогая при этом наклоном своего корпуса. Надавливание следует производить быстрым толчком так, чтобы продвинуть нижнюю часть грудины вниз в сторону позвоночника на 3 - 4 см, а у полных людей - на 5 - 6 см. Усилие при надавливании следует концентрировать на нижнюю часть грудины, которая благодаря прикреплению ее к хрящевым окончаниям нижних ребер является подвижной. Верхняя часть грудины прикреплена неподвижно к костным ребрам и при надавливании на нее может переломиться. Следует избегать также надавливания на окончание нижних ребер, так как это может привести к их перелому. Ни в коем случае нельзя надавливать ниже края грудной клетки (на мягкие ткани), так как можно повредить расположенные здесь органы, в первую очередь печень.

Надавливание на грудину следует повторять примерно один раз в секунду.

После быстрого толчка руки остаются в достигнутом положении примерно в течение одной трети секунды. После этого руки следует снять, освободив грудную клетку от давления, с тем, чтобы дать возможность ей расправиться. Это благоприятствует присасыванию крови из больших вен в сердце и его заполнению кровью.

При наличии помощника один из оказывающих помощь, менее опытный в этом вопросе, должен проводить искусственное дыхание путем вдувания воздуха как менее сложную процедуру, а второй, более опытный – производить непрямой массаж сердца. Для обеспечения организма достаточным количеством кислорода при отсутствии работы сердца следует

одновременно с массажем сердца проводить и искусственное дыхание способом вдувания воздуха в легкие пострадавшего.

Поскольку надавливание на грудную клетку затрудняет ее расширение при вдохе, вдувание следует производить в промежутках между надавливаниями или же во время специальной паузы, предусматриваемой через каждые 4 - 6 надавливаний на грудную клетку.

В случае если оказывающий помощь не имеет помощника и вынужден проводить искусственное дыхание и наружный массаж сердца один, следует чередовать проведение указанных операций в следующем порядке: после 2 - 3 глубоких вдуваний в рот или в нос пострадавшего делает 15 - 20 надавливаний на грудную клетку, затем снова производит 2 - 3 глубоких вдувания и опять делает 15 - 20 надавливаний в целях массажа сердца и т. д. При этом вдувание воздуха следует приурочить ко времени прекращения надавливания на грудную клетку или прерывая на время вдувания (примерно на 1 секунду) массаж сердца.

При равной квалификации лиц, оказывающих помощь, целесообразно каждому из них проводить искусственное дыхание и наружный массаж сердца, поочередно сменяя друг друга через каждые 5-10 мин. Такое чередование будет менее утомительно, чем непрерывное проведение одной и той же процедуры, особенно массажа сердца.

Эффективность наружного массажа сердца проявляется в первую очередь в том, что каждое надавливание на грудину приводит к появлению у пострадавшего пульсирующего колебания стенок артерий (проверяется другим лицом).

При правильном проведении искусственного дыхания и массажа сердца у пострадавшего появляются следующие признаки оживления:

- улучшение цвета лица, приобретающего розоватый оттенок вместо серо-землистого цвета с синеватым оттенком, который был у пострадавшего до оказания помощи;
- появление самостоятельных дыхательных движений, которые становятся все более равномерными по мере продолжения мероприятий по оказанию помощи (оживлению);
- сужение зрачков.

Степень сужения зрачков может служить наиболее верным показателем эффективности оказываемой помощи. Узкие зрачки у оживляемого указывают на достаточное снабжение мозга кислородом, и наоборот, начинающееся расширение зрачков свидетельствует об ухудшении снабжения мозга кровью и необходимости принятия более эффективных мер по оживлению пострадавшего. Этому может помочь поднятие ног пострадавшего примерно на 0,5 м от пола и оставление их в поднятом положении в течение всего времени наружного массажа сердца. Такое положение ног пострадавшего способствует лучшему притоку крови в сердце из вен нижней части тела. Для поддержания ног в поднятом положении под них следует что-либо подложить.

Искусственное дыхание и наружный массаж сердца следует проводить

до появления самостоятельного дыхания и работы сердца, однако появление слабых вдохов (при наличии пульса) не даёт оснований для прекращения искусственного дыхания.

В этом случае как уже указывалось выше, вдухание воздуха следует приурочить к моменту начала собственного вдоха пострадавшего. О восстановлении деятельности сердца у пострадавшего судят по появлению у него собственного, не поддерживаемого массажем регулярного пульса. Для проверки пульса прерывают массаж на 2 – 3 секунды, и если пульс сохраняется, то это указывает на самостоятельную работу сердца. При отсутствии пульса во время перерыва необходимо немедленно возобновить массаж.

Длительное отсутствие пульса и ритма сердца при самостоятельном дыхании и узких зрачках указывает на фибрилляцию сердца. В этих случаях необходимо продолжение мероприятий по оживлению пострадавшего до прибытия врача или до доставки пострадавшего в лечебное учреждение при непрерывном продолжении мероприятий по оживлению в машине.

Следует помнить, что даже кратковременное прекращение оживляющих мероприятий (1 мин и менее) может привести к непоправимым последствиям.

После появления первых признаков оживления наружный массаж сердца и искусственное дыхание следует продолжать в течение 5 – 10 минут, приурочивая вдухание к моменту собственного вдоха.

12.5 Первая помощь при ожогах

Ожоги бывают трех степеней, начиная от легкого покраснения и до тяжелого омертвления обширных участков кожи, а иногда и более глубоких тканей.

При тяжелых ожогах надо очень осторожно снять с пострадавшего платье и обувь, лучше разрезать их. Рана от ожога, будучи загрязнена, начинает гноиться и долго не заживает. Поэтому нельзя касаться руками обожженного участка кожи или смазывать его какими-либо мазями, маслами, вазелином или растворами. Обожженную поверхность следует перевязать так же, как любую рану, покрыть стерилизованным материалом из пакета или чистой глаженной полотняной тряпкой, сверху положить слой ваты и все закрепить бинтом. После этого пострадавшего следует направить в лечебное учреждение.

Такой способ оказания первой помощи следует применять при всех ожогах, чем бы они ни были вызваны – вольтовой дугой, горячей мастикой, канифолью и т. п. При этом не следует вскрывать пузырей, удалять приставшую к обожженному месту мастику, канифоль или другие смолистые вещества, так как, удаляя их, легко содрать кожу и тем самым создать благоприятные условия для заражения раны микробами с последующим нагноением. Нельзя также отдиравать обгоревшие, приставшие к ране куски одежды; в случае необходимости приставшие куски одежды следует обрезать

острыми ножницами.

При ожогах глаз электрической дугой следует делать холодные примочки из раствора борной кислоты и немедленно направить пострадавшего к врачу.

При ожогах, вызванных крепкими кислотами (серной, азотной, соляной), пораженное место должно быть немедленно тщательно промыто быстротекущей струей воды из-под крана или ведра в течение 10 – 15 мин. Можно также опустить обожженную конечность в бак или ведро с чистой водой и интенсивно двигать ею в воде. После этого пораженное место промывают 5%-ным раствором марганцовокислого калия или 10%-ным раствором пищевой соды (одна чайная ложка соды на стакан воды). После промывания пораженные участки тела следует покрыть марлей, пропитанной смесью растительного масла (льняного или оливкового) и известковой воды в равном соотношении.

При попадании кислоты или ее паров в глаза и в полость рта необходимо произвести промывание или полоскание пострадавших мест 5%-ным раствором пищевой соды, а при попадании кислоты в дыхательные пути – дышать распыленным с помощью пульверизатора 5%-ным раствором пищевой соды.

В случае ожога едкими щелочами (каустической содой, негашеной известью) пораженное место следует тщательно промыть быстротекущей струей воды в течение 10 – 15 мин. После этого пораженное место нужно промыть слабым раствором уксусной кислоты (3 – 6 % по объему) или раствором борной кислоты (одна чайная ложка на стакан воды). После промывания пораженные места следует покрыть марлей, пропитанной 5%-ным раствором уксусной кислоты.

При попадании едкой щелочи или её паров в глаза и в полость рта промывание пораженных мест следует производить 2 %-ным раствором борной кислоты.

При значительных ожогах пострадавшего после оказания первой помощи следует сразу же направить к врачу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. – М.: Энергоатомиздат, 2008. - 448 с.
2. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. - М.: Энергоатомиздат, 1984.- 824 с.
3. Зотов Б.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве : учеб. для вузов / Б.И. Зотов, В.И. Курдюмов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: КолосС, 2006.
4. Инженерные решения по охране труда в строительстве / Под ред. Г.Г. Орлова. - М.: Стройиздат, 1985. - 278 с.
5. Карякин Р.Н. Нормы устройства сетей заземления, изд. 3-е./ Р.Н. Карякин. – М.: Энергосервис, 2002. - 235 с
6. Кисаримов Р.А. Справочник электрика. - М.: КУБК-а, 2007. - 320 с.: ил.
7. Курдюмов В.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности: учеб.пособие для вузов / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. - М.: КолосС, 2005.
8. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. - М.: НЦ ЭНАС, 2013 г. - 211 с
9. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий (РД-153-34.0-03.301-00). - М.: Энергетические технологии, 2000г. - 68с.
10. Правила технической эксплуатации электроустановок Потребителей (ПТЭЭП). - М.: НЦ ЭНАС, 2013 г. - 211 с.
11. Правила устройств электроустановок. –7-е изд. - Спб.: Деан, 2004. - 464 с.
12. Сибикин Ю.Д. Охрана труда и электробезопасность./ Учебное пособие/ Ю.Д. Сибикин. - М.: ИП РадиоСофт, 2007.- 408 с.: ил.
13. СО 153 – 34.21.122 – 2003. Инструкция по молниезащите зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. - М.: Изд-во стандартов, 2003 .- 46с.
14. СО 153-34.03.603-2003. Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках.- М.: Изд-во стандартов, 2003 .- 59с.
15. ГОСТ Р МЭК 61140-2000. Защита от поражения электрическим током. Общие положения по безопасности, обеспечиваемой электрооборудованием и электроустановками в их взаимосвязи. - М.: Изд-во стандартов, 2000 .- 53с
16. ГОСТ 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. - М.: Изд-во стандартов, 2009 .- 9с.
17. ГОСТ Р МЭК 60050-195-2005. Заземление и защита от поражения электрическим током. Термины и определения. - М.: Изд-во стандартов, 2005. - 18 с.
18. ГОСТ Р МЭК 61140-2000. Защита от поражения электрическим

током. Общие положения по безопасности, обеспечиваемой электрооборудованием и электроустановками в их взаимосвязи. - М.: Изд-во стандартов, 2000. - 23с

19. ГОСТ Р 51853-2001 Заземления переносные для электроустановок. Общие технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 2009. - 11 с.

20. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. - М.: Изд-во стандартов, 1982. - 07 с.

21. ГОСТ Р МЭК 60050-826-2009. Установки электрические. Термины и определения. - М.: Изд-во стандартов, 2009. - 23с.

22. ГОСТ Р 50571.3-2009. Электроустановки низковольтные. Ч. 4-41. Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током. - М.: Изд-во стандартов, 2009. - 24с.

23. ГОСТ Р 50571.7.717-2011. Электроустановки низковольтные. Требования к специальным установкам или местам их расположения. Мобильные или транспортируемые модули. - М.: Изд-во стандартов, 2009.- 32с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Журнал учета присвоения I группы по электробезопасности неэлектротехническому персоналу

| № п/п | Фамилия, имя, отчество | Наименование подразделения | Должность (профессия) | Дата предыдущего присвоения | Дата присвоения | Подпись | |
|-------|------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------|--------------|--------------|
| | | | | | | проверяемого | проверяющего |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Председатель комиссии _____

(должность, подпись, фамилия, инициалы)

Члены комиссии _____

(должность, подпись, фамилия, инициалы)

Журнал учета проверки знаний норм и правил работы в электроустановках

| № п/п | Фамилия, имя, отчество, занимаемая должность и стаж работы в этой должности | Дата предыдущей проверки, оценка знаний и группа по электробезопасности | Дата и причина проверки | Общая оценка знаний, группа по электробезопасности и заключение комиссии | Подпись проверяемого работника | Дата следующей проверки |
|-------|---|---|-------------------------|--|--------------------------------|-------------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Председатель комиссии _____

(должность, подпись, фамилия, инициалы)

Члены комиссии _____

(должность, подпись, фамилия, инициалы)

Журнал учета работ в электроустановках по нарядам и распоряжениям

| Номер распоряжения | Номер наряда | Место и наименование работы | Производитель работ, наблюдающий (фамилия, инициалы, группа по электробезопасности) | Члены бригады, (фамилия, инициалы, группа по электробезопасности) | Работник отдавший распоряжение (фамилия, инициалы, группа по электробезопасности) | Технические мероприятия по обеспечению безопасности работ с указанием необходимых отключений, мест установки заземлений. | Подписи работников: проводивших и получивших целевые инструктажи | К работе приступили (дата, время) | Работа закончена (дата, время) |
|--------------------|--------------|-----------------------------|---|---|---|--|--|-----------------------------------|--------------------------------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Примечание: 1. При работах по нарядам оформляется только первичный допуск к работам и указывается номер наряда, место и наименование работы, дата и время начала и полного окончания работы (графы 2,3,9,10).

2. При работах по распоряжению должны быть оформлены все графы журнала за исключением графы 2.

Приложение Г

Начат « ____ » _____ 20 ____ года

Окончен « ____ » _____ 20 ____ года

Журнал учета и содержания средств защиты

Наименование средства защиты, тип

| ИНВ. № № | ДАТА ИСПЫТА- НИЯ | ДАТА СЛЕДУЮ- ЩЕГО ИСПЫТАНИЯ | ДАТА ПЕРИОДИ- ЧЕСКОГО ОСМОТРА | РЕЗУЛЬТАТ ПЕРИОДИ- ЧЕСКОГО ОСМОТРА | ПОДПИСЬ ЛИЦА ПРОИЗВОДИВ- ШЕГО ОСМОТР | МЕСТО НАХОЖ- ДЕНИЯ | ДАТА ВЫДАЧИ В ИНДИВИДУ- АЛЬНОЕ ПОЛЬЗОВА-НИЕ | ПОДПИСЬ ЛИЦА, ПОЛУЧИВШЕГО СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ В ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ПОЛЬЗОВАНИЕ | ПРИМЕ- ЧАНИЕ |
|-------------|------------------------|-----------------------------------|--|---|--|--------------------------|--|--|-----------------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Наименование организации

ЖУРНАЛ

**Регистрации инвентарного учёта, периодической проверки
и ремонта переносных и передвижных электроприёмников*,
вспомогательного оборудования к ним.**

Начат « ____ » _____ 20 ____ года

Окончен « ____ » _____ 20 ____ года

| Наименование электроинструмента | Инвентарный номер | Дата последнего испытания, проверки | Причина испытания, проверки | | Испытание изоляции повышенным напряжением | | Измерение сопротивления изоляции | | Проверка исправности цепи заземления | | Внешний осмотр и проверка работы на холостом ходу | | Дата следующего испытания, проверки | ЛИЦО, ПРОВЕДИВШЕЕ ПРОВЕРКУ, ИСПЫТАНИЕ | |
|------------------------------------|----------------------|--|-----------------------------------|--------------------|--|-----------|--|-----------|---|-----------|---|-----------|--|--|-----------|
| | | | После ремонта | Периоди- ческая | Дата | Результат | Дата | Результат | Дата | Результат | Дата | Результат | | Дата | Результат |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Форма оформления Наряда-допуска

Организация _____

Подразделение _____

Наряд – допуск № _____
для работы в электроустановках

Ответственному руководителю работ _____,
допускающему _____
(фамилия, инициалы)

Производителю работ _____,
наблюдающему _____
(фамилия, инициалы)

с членами бригады _____
(фамилия, инициалы)

_____ (фамилия, инициалы)

Поручается _____

Работу начать: дата _____
время _____

Работу закончить: дата _____
время _____

Меры по подготовке рабочих мест

| Наименование электроустановок, в которых нужно провести отключения и установить заземления | Что должно быть отключено и где заземлено |
|--|---|
| 1 | 2 |
| | |
| | |
| | |
| | |

Отдельные указания _____

Наряд выдал: дата _____
время _____

Подпись _____ Фамилия, инициалы

Наряд продлил по: дата _____
время _____

Подпись _____ Фамилия, инициалы

Регистрация целевого инструктажа,
проводимого выдающим наряд

| Целевой инструктаж провел | | Целевой инструктаж получил | |
|-----------------------------|---|--|---|
| Работник, выдавший наряд | (фамилия, инициалы) (подпись) | Ответственный руководитель работ (производитель работ, наблюдающий) | (фамилия, инициалы) (подпись) |

Разрешение на подготовку рабочих мест
и на допуск к выполнению работ

| Разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск к выполнению работ выдал (должность, фамилия или подпись) | Дата, время | Подпись работника, получившего разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск к выполнению работ |
|---|-------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Рабочие места подготовлены. Под напряжением остались:

Допускающий

(подпись)

Ответственный руководитель работ
(производитель работ или наблюдающий)

(подпись)

Регистрация целевого инструктажа,
Проводимого допускающим при первичном допуске

| | | | |
|---------------------------|---|---|---|
| Целевой инструктаж провел | | Целевой инструктаж получил | |
| допускающий | (фамилия, инициалы) (подпись) | Ответственный руководитель работ (производи- тель работ, наблюдающий) | (фамилия, инициалы) (подпись) |

Ежедневный допуск к работе и время ее окончания

| | | | | | |
|---|----------------|--|---|--------------------------------------|--|
| Бригада получила целевой инструктаж и допущена на подготовленное рабочее место | | | | Работа закончена, бригада удалена | |
| Наименование рабочего места | Дата, время | Подписи (подпись) (фамилия, инициалы) | | Дата, время | Подпись производителя работ (наблюдающего) (подпись) (фамилия, инициалы) |
| | | допуска ющего | Производител я работ (наблюдающе го) | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | | | | | |

Регистрация целевого инструктажа, проводимого ответственным
руководителем
(производителем работ, наблюдающим)

| | | | |
|--|---|----------------------------|---|
| Целевой инструктаж провел | | Целевой инструктаж получил | |
| Ответственный руководитель работ (производитель работ, наблюдающий) | (фамилия, инициалы) (подпись) | Члены бригады | (фамилия, инициалы) (подпись) |

Изменения в составе бригады

| | | | |
|--|--|-------------------------------|---|
| Введен в состав бригады (фамилия, инициалы, группа) | Выведен из состава бригады (фамилия, инициалы, группа) | Дата, время (дата) (время) | Разрешил (подпись) (фамилия, инициалы) |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | | |
| | | | |

Работа полностью закончена, бригада удалена, заземления,
установленные бригадой, сняты, сообщено

(кому) _____

(должность)

(фамилия, инициалы)

Дата _____

время _____

Производитель работ (наблюдающий)

(подпись)

(фамилия, инициалы)

Ответственный руководитель работ

(подпись)

(фамилия, инициалы)

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Лукина Галина Владимировна
Подъячих Сергей Валерьевич
Иванов Дмитрий Александрович
Ланин Александр Владимирович

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

Редактор В.И. Тесля

Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 070444 от 11.03.98 г.
Подписано в печать 30.03.2015 г.
Формат 60x84 1/16. Усл. Печ.л.5,5. Тираж 500 экз.

Издательство Иркутский государственный
аграрный университет
664038, Иркутская обл., Иркутский р-н,
пос. Молодежный