

31.26  
В75

ПРОФТЕХОБРАЗОВАНИЕ



ТЕХНИКА  
БЕЗОПАСНОСТИ

А.А.ВОРОНИНА · Н.Ф.ШИБЕНКО

**ТЕХНИКА  
БЕЗОПАСНОСТИ  
ПРИ РАБОТЕ  
В ЭЛЕКТРО-  
УСТАНОВКАХ**



31.2.6  
В 75

А. А. ВОРОНИНА, Н. Ф. ШИБЕНКО

Э К З Е М П Л Я Р

# ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ,  
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Одобрено Ученым советом Государственного  
комитета СССР  
по профессионально-техническому образованию  
в качестве учебного пособия  
для средних профессионально-технических училищ

323155

Сурхондариё вилоятинин  
«АДИБ» ШИЛТМА КИТАПХОНА  
НАИ. ГОГОЛАВ

ADIB SOBIR TERMIZIY NOMIDAGI  
SURXONDARYO VILOYATI AXBOROT  
KUTUBXONA MARKAZI  
Kel. № 56632  
323155 200 8y.



МОСКВА  
«ВЫСШАЯ ШКОЛА»  
1979

ББК 31.277.1

В 75

Со всеми замечаниями и предложениями просим обращаться по адресу: Москва, К-51, Неглинная ул., 29/14, издательство «Высшая школа».

Воронина А. А.; Шибенко Н. Ф.

В 75 Техника безопасности при работе в электроустановках: Учеб. пособие для средн. проф. техн. уч-щ. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. школа, 1979. — 192 с., ил. — (Профтехобразование. Энергетика).

30 к.

В книге изложены сведения по технике безопасности при монтаже, эксплуатации и ремонте электрооборудования. Рассмотрены причины повышенной опасности работы в электроустановках, требования действующих правил безопасности и мероприятия, обеспечивающие безопасное производство работ.

Третье издание книги приведено в соответствие с действующими правилами техники безопасности.

В  $\frac{30311-114}{052(01)-79}$  56-79

2302050000

ББК 31.277.1

6П2.1.081

© Издательство «Высшая школа», 1974

© Издательство «Высшая школа», 1979, с изменениями

## ВВЕДЕНИЕ

Безопасностью труда принято называть такое состояние условий труда, при котором отсутствует возможность воздействия на работающих опасных факторов. В электроустановках опасным фактором является электрический ток. Система организационных и технических мероприятий и средств, предотвращающих воздействие на работающих опасных производственных факторов, называется *техникой безопасности*.

Техника безопасности в электрических установках направлена прежде всего на предотвращение случаев поражения электрическим током. Установлено, что наибольшее количество несчастных случаев поражения электрическим током происходит в электроустановках напряжением до 1000 В (380/220/127 В). Это можно объяснить доступностью электрооборудования напряжением до 1000 В для широкого круга работающих независимо от их электротехнической подготовки. Вероятность попадания под напряжение усугубляется тем, что опасность электрического тока не ощущается органами чувств человека.

Поражение электрическим током является одной из основных причин несчастных случаев со смертельным исходом. Отсюда ясно, насколько велико социальное значение техники безопасности при работе в электроустановках.

Основные причины несчастных случаев в электроустановках следующие: случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением; замыкание тока на землю или на корпус электрооборудования и появление напряжения на металлических частях, нормально не находящихся под напряжением; ошибочные действия персонала, в том числе с коммутационной аппаратурой, в результате чего может появиться напряжение на отключенных частях, там, где работают люди.

Технические и организационные меры защиты должны обеспечивать недоступность токоведущих частей и невозможность случайного прикосновения к ним; устранять опасность поражения при замыканиях тока на корпус или на землю; предотвращать ошибочные действия персонала в электроустановках. Персонал, работающий в электроустановках, проходит систематическое обучение, подвергается проверке знаний и тренировке по технике безопасности, обязан работать с применением индивидуальных средств защиты. Требования безопасности предъяв-

ляются, таким образом, не только к оборудованию, но и к квалификации и поведению самих работающих.

Техника безопасности в электрических установках включает в себя следующие виды защиты от поражения током: ограждение токоведущих частей или размещение их на недоступных расстояниях, высоте; блокировку; сигнализацию; предупредительные плакаты, надписи; двойную изоляцию корпусов электрооборудования; изоляцию токоведущих частей, контроль ее состояния; компенсацию емкостных токов утечки; применение малых напряжений; защитное разделение питания; заземление; зануление; защитное отключение; индивидуальные защитные средства.

Цель предлагаемого учебного пособия — ознакомить учащихся с опасностью, возникающей при проведении работ в действующих электроустановках, видами защиты от поражения электрическим током, правилами безопасности и приемами выполнения работ в электроустановках, а также правилами оказания первой помощи при несчастных случаях.

В соответствии с учебными программами профессионально-технических учебных заведений материал излагается в объеме, необходимом электромонтеру, имеющему III квалификационную группу по технике безопасности.

В своей работе над учебным пособием авторы использовали «Правила устройства электроустановок», «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок электрических станций и подстанций», «Правила техники безопасности при эксплуатации распределительных электросетей».

Предисловие, главы I, II, § 8, 10, 11, 12, главы III, IV, VIII, IX, X написаны А. А. Ворониной, главы V, VI, VII, § 6, 7, 9, 13, 20 — Н. Ф. Шибенко.

# Глава I

## ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

### § 1. ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ЧЕЛОВЕКА

Электрический ток опасен. Воздействуя непосредственно (в результате прямого прохождения), а также другими видами энергии, в которые превращается при разрядах электричество, ток причиняет организму человека явные и скрытые повреждения, называемые *электрическими травмами*. К ним относятся электрические знаки, появляющиеся на входе тока в тело человека и на выходе из него; ожоги всего тела или отдельных его участков; электрические удары, характерные внутренними повреждениями (обнаруживаются мелкоочечные кровоизлияния, изменение цвета кожи и др.).

*Электрический знак* представляет собой омертвевшую кожу в виде мозоли. С течением времени, иногда весьма длительного (годы), этот знак постепенно проходит.

*Ожоги* причиняет электрическая дуга, температура которой достигает нескольких тысяч градусов, а также электрический ток при непосредственном контакте тела с токоведущей частью. Электрическая дуга появляется при разряде в случаях приближения человека к токоведущим частям, находящимся под высоким напряжением, при коротких замыканиях и т. п. Ожоги электрическим током вызывают ожоговую болезнь, проникают глубоко в ткани и трудно излечиваются.

*Электрический удар* внешне проявляется в виде произвольных судорожных сокращений мышц различной тяжести: без потери сознания; с потерей сознания, но с сохранением дыхания и работы сердца; с потерей сознания и нарушением дыхания или сердечной деятельности; с потерей сознания и одновременным нарушением дыхания и работы сердца. Во всех этих случаях, особенно когда воздействию тока подверглась левая половина тела, возникает угроза поражения сердца, очень чувствительного и наиболее уязвимого для электрического тока. При легких степенях электротравмы пострадавший жалуется на сердцебиение, чувство давления за грудиной, ощущение страха и тоски.

В более тяжелых, но еще обратимых случаях возникают различные нарушения ритма сердечной деятельности, т. е. последовательности, силы и частоты сокращений желудочков

сердца. Может наступить *фибрилляция*, когда волокна (фибриллы) сердечной мышцы, непосредственно осуществляющие ее сокращения, перестают работать нормально. Сердце при этом не может обеспечить движения крови из-за неправильных, хаотичных, учащенных сокращений. Кровообращение и доставка кислорода тканям прекращаются, что приводит к тяжелейшим последствиям. Внешне фибрилляция проявляется в том, что пропадает пульс, появляются синюшность, застой крови и отеки.

После прекращения кровоснабжения практически сразу перестает функционировать кора головного мозга, а гибель ее клеток наступает через 5—6 мин. Выключение функций других органов происходит несколько позже (печени и почек — через 10—20 мин), мышечная система прекращает работу через 20—30 мин. Нарушение функций, а затем гибель тканей вызываются прежде всего кислородным голоданием. Если в течение 5—6 мин после остановки сердца удастся возобновить его деятельность, можно рассчитывать на полное восстановление жизни человека. Поэтому этот период называют *мнимой клинической смертью*. У здоровых людей при внезапном воздействии тока длительность клинической смерти может составлять 7—8 мин. В более поздние сроки патологические изменения в коре головного мозга становятся необратимыми — клетки его уже погибли, поэтому наступает необратимая биологическая смерть. Отсюда ясно, какое важнейшее значение имеет немедленное оказание первой помощи (искусственного дыхания и непрямого массажа сердца) пострадавшему. Констатировать смерть может только врач.

Исход воздействия электрического тока на человека зависит от многих факторов: от рода тока (переменный или постоянный; при переменном токе — от его частоты), значения тока (или напряжения), длительности его протекания и пути прохождения через тело, а также от физического и психического состояния человека.

Наиболее опасным для человека является *переменный ток* с частотой 50—500 Гц. Способность самостоятельного освобождения от тока такой частоты у большинства людей сохраняется при очень малом токе (до 10 мА). *Постоянный ток* тоже опасен, но самостоятельно освободиться от него можно при несколько больших значениях (20—25 мА).

Ток, проходящий через тело человека, зависит от напряжения электроустановки и сопротивления всех элементов цепи, по которой он протекает, в том числе от сопротивления тела человека. Электрическое сопротивление тела человека складывается из сопротивлений кожи и сопротивлений внутренних тканей. Наибольшее сопротивление имеет верхний, роговой, слой кожи, толщина которого составляет доли миллиметра. Если кожа сухая и неповрежденная, сопротивление ее велико и при напряжении 10 В составляет около 100 000 Ом. При наличии повреждений на теле человека его сопротивление снижается до 1000 Ом,

а в некоторых случаях и менее (например, при повреждении кожи в месте контакта тела с токоведущей частью).

Сопrotивление тела человека — величина нелинейная, резко непропорционально уменьшающаяся от десятков тысяч ом до 800 Ом при увеличении приложенного напряжения от 10 до 140 В. Соответственно ток, протекающий через тело, и опасность поражения возрастают. Сопrotивление тела уменьшается, когда увеличивается длительность воздействия, имеется большой и плотный контакт с токоведущей частью, а также при неудовлетворительном физическом и психическом состоянии человека. В расчетах по электробезопасности принимают за наименьшее сопротивление  $R_{\text{чел}}$  тела человека, равное 1000 Ом.

Ток, проходящий через тело человека, условно определяют по закону Ома

$$I_{\text{чел}} = \frac{U_{\text{пр}}}{R_{\text{чел}}}, \quad (1)$$

где  $U_{\text{пр}}$  — падение напряжения на сопротивлении тела человека, В.

Характер воздействия переменного тока на тело человека приведен в табл. 1.

Таблица 1. Воздействие переменного тока на человека

Ток, мА	Характер воздействия
До 1	Не ощущается
1—8	Ощущения безболезненны. Управление мышцами не утрачено. Возможно самостоятельное освобождение от контакта с частями, находящимися под напряжением
8—15	Ощущения болезненны. Управление мышцами еще не утрачено и возможно самостоятельное освобождение
20—50	Ощущения тока очень болезненны. Сильные сокращения мышц. Дыхание затруднено. Невозможно самостоятельно освободиться от действия тока
50—100	Возможна фибрилляция сердца, приводящая к смерти. Паралич дыхания
100—200	Возникает фибрилляция сердца, приводящая к смерти. Паралич дыхания
200 и более	Сильные ожоги. Паралич дыхания

Наибольшей опасности человек подвергается, когда ток проходит по жизненно важным органам (сердцу, легким) или по клеткам центральной нервной системы. Смертельный исход возможен даже при малых напряжениях (36 В) в результате соприкосновения наиболее уязвимых частей тела (тыльной стороны ладони, щеки, шеи, голени, плеча) с токоведущими частями.

*Длительность воздействия* — один из основных факторов, влияющих на исход поражения. Чем меньше время воздействия

тока (менее 1 с), тем меньше вероятность поражения. Продолжительное (несколько секунд) воздействие тока приводит к тяжелому исходу.

Защиту от поражения электрическим током рассчитывают по его предельно допустимому значению. Допустимым следует считать ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи:

Предельно допустимый ток, мА	Длительность воздействия, с
2	Более 10
6	10 и менее

Однако не во всех случаях технически возможно осуществить защиту, за основу расчета которой принят отпускающий ток. Поэтому ряд защитных устройств (заземления и др.) рассчитывают на предельный ток, не вызывающий смертельного поражения (мА):

$$I_{\text{доп}} = 50/t, \quad (2)$$

где  $t \leq 1$  с — длительность воздействия электрического тока.

В момент поражения электрическим током большое значение имеет *физическое и психическое состояние* человека. Если человек голоден, утомлен, опьянен или нездоров, сопротивление организма снижается. При соблюдении правил безопасности, т. е. при внимательной и осторожной работе вероятность поражения электрическим током уменьшается.

Иногда создается обманчивое представление о безопасности прикосновения к токоведущим частям напряжением 220 В и менее. Действительно, человек, прикоснувшись к токоведущим частям, может не пострадать, если он хорошо изолирован от земли или находится в сухом помещении. Но в условиях эксплуатации всегда имеются такие неблагоприятные обстоятельства, которые увеличивают опасность поражения: сырость, высокая температура в помещении, наличие токопроводящих (металлических, земляных, железобетонных, кирпичных) или увлажненных, загрязненных эмульсией с металлической стружкой деревянных полов. Человек может быть смертельно поражен при наличии одного из перечисленных факторов. Статистика показывает, что число несчастных случаев, в том числе со смертельным исходом, при напряжениях 127—380 В составляет около 80% от общего числа случаев при поражении электрическим током.

Каждый работающий должен твердо помнить, что нельзя прикасаться к токоведущим частям независимо от того, под каким напряжением они находятся. При необходимости работы на оборудовании, которое может оказаться под напряжением (металлические конструкции распределительных устройств, опоры линий электропередачи, корпуса оборудования и другие ча-

сти), следует применять требуемые правилами безопасности средства защиты: заземление, изоляцию, индивидуальные изолирующие инструменты.

## **§ 2. ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ПОРАЖЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ**

При поражении электрическим током пострадавшего необходимо быстро освободить от воздействия электрического тока.

Если дыхание и пульс устойчивы, то пострадавшего следует удобно уложить, расстегнуть одежду, снять пояс; необходимо обеспечить полный покой и доступ свежего воздуха; следует непрерывно наблюдать за дыханием и пульсом; рекомендуется дать понюхать нашатырный спирт, обрызгать водой.

Если пострадавший не дышит или дышит судорожно с всхлипываниями, то необходимо делать ему искусственное дыхание; при отсутствии у пострадавшего пульса одновременно с искусственным дыханием надо проводить закрытый (непрямой) массаж сердца. Во всех случаях немедленно вызывают врача.

**Освобождение от электрического тока.** Непроизвольное судорожное сокращение мышц руки бывает настолько сильным, что высвободить токоведущую часть из рук пострадавшего становится почти невозможно. Поэтому необходимо быстро отключить электроустановку с помощью выключателя, рубильника или вывинтить пробку. Если невозможно быстро отключить электроустановку, следует отделить пострадавшего от токоведущей части. Необходимо иметь в виду, что, прикоснувшись к человеку, находившемуся в цепи тока, можно самому попасть под напряжение, поэтому нельзя прикасаться к его телу незащищенными руками.

При напряжении до 1000 В пострадавшего отделяют от токоведущей части сухим канатом, палкой, доской, с помощью одежды, не проводящей ток. На собственные руки надо надеть диэлектрические перчатки (при их отсутствии изолировать руки суконной фуражкой, шарфом, прорезиненной тканью или сухой материей, встать на изолирующую подставку, сухую доску). Если отделить пострадавшего затруднительно, то разрешается перерубить или перерезать провода топором (инструментом) с сухой деревянной рукояткой.

При напряжении выше 1000 В, чтобы освободить пострадавшего от электрического тока, следует надеть диэлектрические перчатки и боты и оттягивать пострадавшего штангой или клещами, предназначенными для данного напряжения. Другими подручными средствами пользоваться недопустимо. На линиях электропередачи можно накоротко замкнуть все провода линии, набросив на них провод. Набрасываемый провод должен быть предварительно соединен с землей.

**Искусственное дыхание** заключается в том, что оказывающий помощь выдыхает воздух (более 1 л) из своих легких в легкие

пострадавшего. Этот воздух содержит количество кислорода, достаточное для оживления.

Перед началом искусственного дыхания необходимо дыхательные пути сделать проходимыми для воздуха. Если рот пострадавшего стиснут, его следует раскрыть. Для этого надо либо выдвинуть нижнюю челюсть так, чтобы нижние зубы оказались

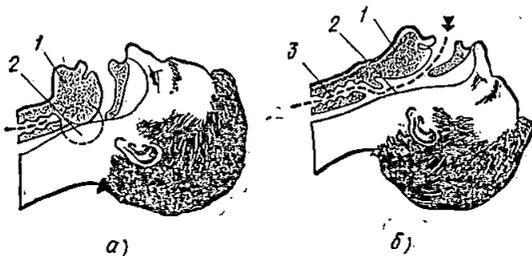


Рис. 1. Положение головы, при котором воздух:

а — не проходит, б — свободно проходит в легкие; 1 — корень языка, 2 — задняя стенка гортани, 3 — воздух

впереди верхних, либо между коренными зубами вставить плоский предмет и с его помощью разжать челюсти. Затем быстро открывают и очищают от слизи рот пострадавшего, съемные челюсти вынимают. Далее запрокидывают голову пострадавшего назад, подкладывая одну руку под шею, а другой надавливая на лоб. Корень языка 1 при этом отходит от задней стенки 2

гортани, открывая свободный доступ воздуха 3 в легкие (рис. 1). Для сохранения достигнутого положения под лопатки пострадавшего подкладывают валик из одежды.

Искусственное дыхание выполняют в следующем порядке. Поддерживая голову в запрокинутом состоянии (рот открыт), зажимают ноздри большим и указательным пальцами той руки, которая лежит на лбу. Затем, глубоко вдохнув воздух, прижимают свой рот к открытому рту пострадавшего (непосред-

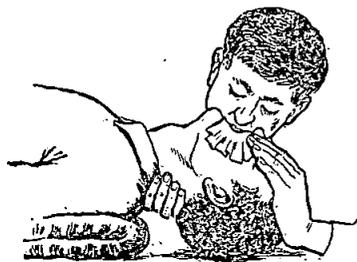


Рис. 2. Вдувание воздуха в рот пострадавшего

ственно или через марлю, платок) и резко выдыхают в него воздух (рис. 2). При этом грудь пострадавшего должна подниматься. Выдох у пострадавшего произойдет самопроизвольно, так как происходит спад грудной клетки. В минуту делают 10—12 вдохов — выдохов. Такой метод искусственного дыхания называется «изо рта в рот».

Во время искусственного дыхания необходимо следить за лицом пострадавшего: если он пошевелит губами, веками, сделает глотательное движение, нужно проверить, не начнет ли он

дышать самостоятельно и равномерно. В этом случае искусственное дыхание следует приостановить. Если же окажется, что пострадавший не дышит, то искусственное дыхание немедленно возобновляют.

При методе «изо рта в нос» воздух вдувают через нос, плотно закрыв рот. Используют этот метод в случае, когда рот пострадавшего невозможно открыть (стиснуты челюсти) или охватить.

**Непрямой массаж сердца** производят для того, чтобы восстановить его работу и кровообращение. Этот массаж называют непрямым, наружным потому, что на сердце воздействуют через грудину. В шоковом состоянии мышцы тела расслаблены. Грудину можно сместить в сторону позвоночника на 4—5 см и сда-

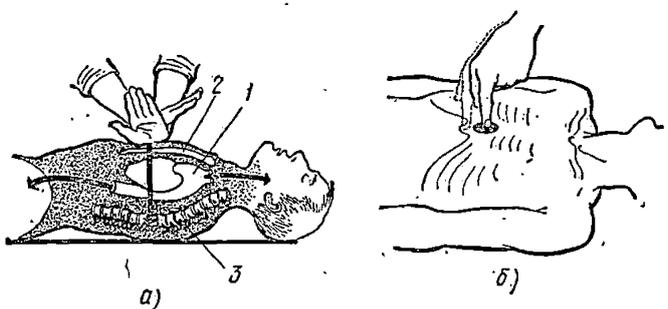


Рис. 3. Непрямой массаж сердца:

*а* — сжатие сердца между грудиной и позвоночником при закрытом массаже сердца, *б* — место нажатия на грудину; *1* — сердце, *2* — грудина, *3* — позвоночник

вить сердце (у здорового человека этого сделать нельзя). Сущность метода заключается в том (рис. 3), что посредством ритмичного сдавливания сердца *1* между грудиной *2* и позвоночником *3* удаётся вытолкнуть кровь в крупные сосуды. Когда давление на грудину прекращается и она выпрямляется, сердце вновь наполняется кровью. Повторяя надавливания с частотой пульса (1 раз в 1 с), можно поддерживать кровообращение в организме при отсутствии работы сердца. Ритмичное сдавливание и опускание грудины стимулирует самостоятельную работу сердца.

Для проведения закрытого (непрямого) массажа сердца пострадавшего укладывают на жесткую (чтобы не было амортизации) скамью или пол и быстро освобождают от стесняющей одежды — расстегивают пояс, воротник, снимают галстук. Оказывающий помощь становится с левой стороны пострадавшего и кладет на нижнюю часть его грудной клетки ладонь вытянутой до отказа руки, а вторую руку для усиления надавливания кладет на первую (рис. 3, *а*).

Важно правильно определить место, на которое необходимо надавливать — на два пальца выше конца грудины (рис. 3, б). Положив на это место нижнюю часть ладони одной руки, вторую надо положить на нее под прямым углом. Пальцы не должны касаться грудной клетки. Надавливать на грудину следует быстрым толчком такой силы, чтобы сместить ее на 4—5 см. После каждого надавливания следует отнимать руки от грудной клетки, чтобы не мешать ее свободному выпрямлению. Это благоприятствует притоку крови из вен в сердце. Нельзя надавливать на верхнюю часть грудины, ребра, мягкие ткани (печень), так как их можно повредить.

Частота надавливания — одно в секунду. Если помощь оказывает один человек, то делается 14—15 надавливаний, а затем 2—3 глубоких вдувания. Если же помощь оказывают двое, то после 4—6 надавливаний делают перерыв на 2 с, во время которого вдувают воздух пострадавшему, затем снова надавливают и т. д. О возобновлении кровообращения можно судить по появлению пульса, который сохраняется, если на 2—3 с прекратить массаж. Процедуру массажа сердца рекомендуется поручать специально обученному работнику.

При правильном оказании помощи у пострадавшего появляются следующие признаки оживления: цвет лица приобретает розовый оттенок вместо серо-землистого с синеватым; появляются устойчивые самостоятельные дыхательные движения; сужаются зрачки, что означает увеличение кровоснабжения мозга. Узкие зрачки указывают на достаточное питание мозга кислородом.

Длительное отсутствие пульса при самостоятельном дыхании и узких зрачках указывает на фибрилляцию сердца. В этих случаях необходимо оживлять пострадавшего непрерывно как до, так и после доставки его в лечебное учреждение или до прибытия врача. Даже кратковременное (менее 1 мин) прекращение помощи по оживлению может иметь нежелательные последствия.

После появления первых признаков оживления наружный массаж сердца и искусственное дыхание следует продолжать еще 5—10 мин, приурочивая вдувание к моменту собственного вдоха.

### **§ 3. КАТЕГОРИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ПО НАПРЯЖЕНИЮ И СХЕМЫ ИХ ПИТАНИЯ**

Поражение человека током возможно в случае прикосновения его к двум точкам, между которыми существует напряжение, например к двум фазам, фазе и земле, к двум местам земли, имеющим разные потенциалы. Ток поражения зависит от рабочего напряжения и схемы питания электроустановки, сопротивления всех элементов электрической цепи, по которой проходит ток.

Условно, в том числе и по соображениям техники безопасности, электроустановки подразделяют на две категории в зависимости от величины рабочего напряжения: до и выше 1000 В.

В электроустановках напряжением выше 1000 В прикосновение к токоведущим частям весьма опасно в любых случаях независимо от схемы питания. Поэтому здесь принимаются все меры для того, чтобы сделать токоведущие части недоступными для случайного прикосновения к ним человека. Их располагают

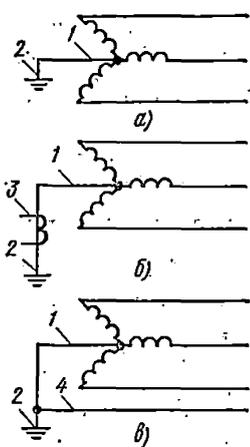


Рис. 4. Сеть с глухозаземленной нейтралью:

*а* — глухое заземление нейтрали, *б* — глухое заземление нейтрали через трансформатор тока, *в* — трехфазная четырехпроводная сеть с заземленным нулевым проводом; 1 — нейтраль, 2 — заземление, 3 — трансформатор тока, 4 — нулевой провод

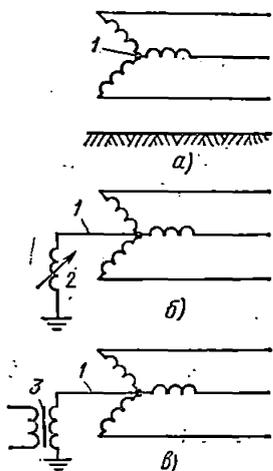


Рис. 5. Сеть с изолированной нейтралью трансформатора:

*а* — полностью изолированная нейтраль, *б* — в нейтраль включена катушка, компенсирующая емкостный ток сети, *в* — в нейтраль включена обмотка трансформатора напряжения; 1 — нейтраль, 2 — компенсирующая катушка, 3 — трансформатор напряжения

на недоступных расстояниях, надежно ограждают, строго регламентируют правила доступа к установке и др.

Электроустановками напряжением до 1000 В оснащены все отрасли народного хозяйства, в том числе и быт. В этих установках относительно велика вероятность случайного прикосновения к токоведущим частям, корпусам электрооборудования, оказавшимся под напряжением при замыкании на них тока.

Электроустановки напряжением до 1000 В в подавляющем большинстве работают от четырехпроводных сетей с глухозаземленной нейтралью\* (рис. 4): нейтрали генераторов и трансформаторов присоединены к заземляющим устройствам непо-

\* Нейтралью называется нейтральная точка источника питания — генератора, трансформатора.

средственно или через малое сопротивление (например, трансформатор тока). Четвертый провод сети подсоединен к заземленной нейтрали трансформатора, поэтому он называется *нулевым*. С помощью нулевого провода включают потребителей на фазное напряжение (например, осветительную нагрузку). Нулевой провод, а также заземление нейтрали являются рабочими элементами схемы.

При повышенных требованиях безопасности питание электроустановок напряжением до 1000 В осуществляется от трехпроводных сетей с нейтралью, изолированной от земли (рис. 5) или связанной с заземляющим устройством через аппараты, имеющие большое сопротивление (например, трансформаторы напряжения, катушки; компенсирующие емкостный ток сети).

#### § 4. ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА НЕЙТРАЛИ СЕТИ И СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ НА УСЛОВИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Рассмотрим ток замыкания в цепи тела человека при случайном прикосновении к токоведущим частям в электроустановках напряжением до 1000 В.

При двухфазном прикосновении непосредственно к токоведущим частям (рис. 6) независимо от того, заземлена нейтраль источника питания или нет, человек окажется под линейным напряжением  $U_{л}$ , что безусловно опасно, так как ток поражения при этом достигает сотен миллиампер

$$I_{чел} = \frac{U_{л}}{R_{чел}} = \frac{380}{1000} = 0,38 \text{ А} = 380 \text{ мА}, \quad (3)$$

а сопротивление изоляции не ограничивает этот ток. Однако такие случаи сравнительно редки.

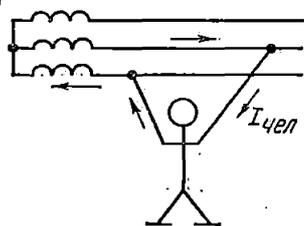


Рис. 6. Схема прохождения тока через тело человека при двухфазном прикосновении

Однофазное прикосновение — наиболее распространенный случай. При этом величина тока, проходящего в цепи тела человека, зависит (при прочих равных условиях) от того, заземлена нейтраль источников питания или нет.

Если нейтраль заземлена, то в случае замыкания фазы на землю ток замыкания подтекает к источникам питания через заземленную нейтраль (рис. 7, а). Его называют *током однофазного короткого замыкания на землю или на корпус*\*. Когда человек прикоснется к голому фазному проводу, он окажется

\* *Замыканием на землю* называется случайное электрическое соединение находящихся под напряжением частей с землей непосредственно или через металлические конструкции. *Замыканием на корпус* — соединение токоведущих частей с заземленным корпусом или другими частями, нормально не находящимися под напряжением.

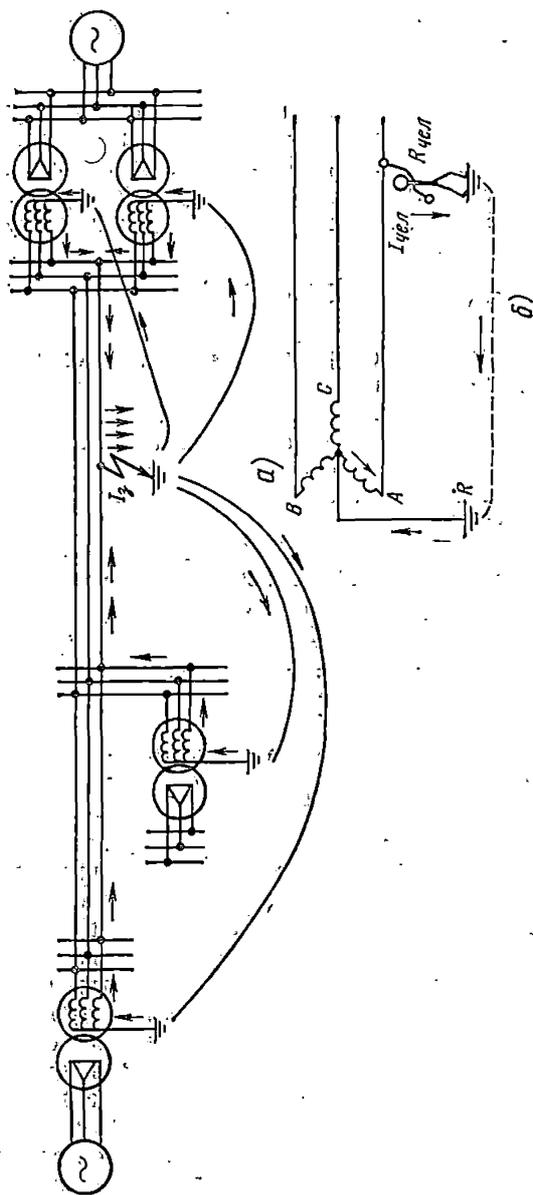


Рис. 7. Схема прохождения токов однофазного короткого замыкания на землю в сети с заземленной нейтралью:  
 а — общая (стрелками показано направление токов), б — при прикосновении человека к фазе А

под фазным напряжением (рис. 7, б). Ток, проходящий через его тело,

$$I_{\text{чел}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{чел}} + R_{\text{п}} + R_0} \approx \frac{U_{\phi}}{R_{\text{чел}}}, \quad (4)$$

где  $R_{\text{п}}$  — сопротивление участка пола; площадь которого равна площади ступней человека;  $R_0$  — сопротивление заземления нейтрали.

Если человек стоит на проводящем полу  $R_{\text{п}} \approx 0$ , а сопротивление заземления нейтрали мало ( $R = 4$  Ом) по сравнению с сопротивлением тела человека ( $R_{\text{чел}} = 1000$  Ом), то почти все фазное напряжение будет приложено к его телу. Ток, проходящий через тело человека, будет не менее опасным, чем при двухфазном прикосновении

$$I_{\text{чел}} = \frac{220}{1000} = 0,22 \text{ А} = 220 \text{ мА}.$$

Этот ток является также смертельно опасным; сопротивление изоляции двух других фаз не ограничивает ток поражения.

В сети с изолированной нейтралью в случае прикосновения человека к голому проводу одной из фаз (рис. 8) сопротивление

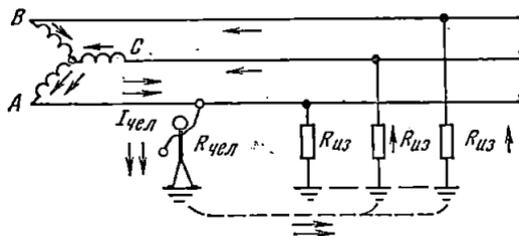


Рис. 8. Схема прохождения тока при прикосновении человека к фазе А в сети с изолированной нейтралью

изоляции двух других фаз оказывает решающее влияние на ток поражения. Это сопротивление является комплексным, имеющим активную и емкостную составляющие. Активное сопротивление  $R_{\text{из}}$  зависит от наличия в изоляции так называемых «путей утечки тока», которые возникают в результате того, что изоляция стареет и портится, в ее структуре появляются проводящие частицы (рис. 9, а), ухудшаются диэлектрические свойства. Емкостное сопротивление  $1/j\omega C$  зависит от емкости провода С относительно земли, которая, в свою очередь, определяется геометрическими размерами и диэлектрической постоянной материала изоляции, ее состоянием. Активное и емкостное сопротивления изоляции распределены вдоль провода. Условно на схемах их обозначают сосредоточенными. Электрическая схема замещения изоляции состоит из двух ветвей (рис. 9, б).

Допустим, что сопротивления изоляции относительно земли всех трех фаз равны между собой. При нормальной работе напряжения фаз относительно земли (т. е. относительно точки  $O$ ) равны фазным напряжениям  $OA$ ,  $OB$ ,  $OC$  (рис. 10, а). Нейтраль источника питания сети с изолированной нейтралью практически не имеет напряжения — трехфазная сеть работает в симметричном режиме.

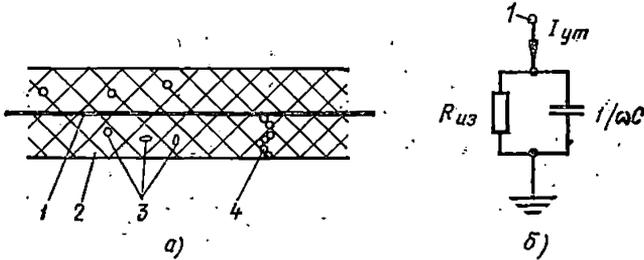


Рис. 9. Структура изоляции с проводящими включениями (а) и схема ее замещения (б):

1 — провод, 2 — изоляция, 3 — проводящие включения, 4 — канал сплошной проводимости

Как только произошло замыкание на землю фазы  $A$  или к ней случайно прикоснулся человек (см: рис. 8), симметрия нарушается. Нейтраль источника питания оказывается под напряжением относительно земли, равным вектору  $OO'$  (диаграмма рис. 10, б). Напряжение фазы  $A$  относительно земли умень-

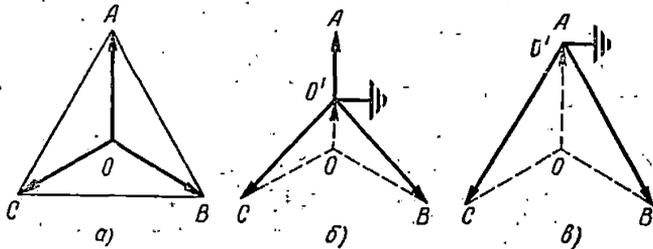


Рис. 10. Векторные диаграммы напряжений фаз относительно земли в сети с изолированной нейтралью:

а — при одинаковом сопротивлении исправной изоляции всех фаз, б — при пониженном сопротивлении изоляции фазы  $A$ , в — при глухом замыкании на землю фазы  $A$

шится до величины, равной вектору  $O'A$ . Под этим напряжением окажется пострадавший. Ток будет проходить по цепи (см. рис. 8): фаза  $A$  — тело человека — земля — проводимость фаз  $C$  и  $B$ . Величина этого тока определяется по формуле

ADIB SOBIR TERMIZIY NOMIDAGI  
SURXONDARYO VILOYATI AXBOROT  
KUTUBXONA MARKAZI  
Kef. № 36637  
323155 2008y.

$$= \frac{3U_{\phi}}{3R_{\text{чел}} + z_{\text{из}}}$$

Электротехника  
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

(5)

где  $U_{\phi}$  — фазное напряжение;  $U_{\phi} = U_{\text{л}}/\sqrt{3} = 380/\sqrt{3} = 220$  В;  
 $R_{\text{чел}}$  — сопротивление тела человека;

$z_{\text{из}} = \frac{1}{1/R_{\text{из}} + j\omega C}$  — полное сопротивление изоляции относительно земли одной фазы.

В электропроводах небольшой протяженности емкость проводов относительно земли мала  $C \rightarrow 0$ . В этом случае  $z_{\text{из}} = R_{\text{из}}$ .

$$I_{\text{чел}} = \frac{3U_{\phi}}{3R_{\text{чел}} + R_{\text{из}}}. \quad (6)$$

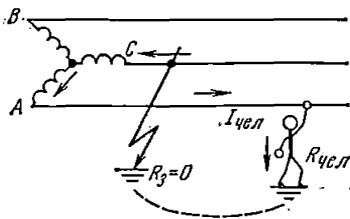
Из уравнения (6) следует, что с увеличением сопротивления изоляции уменьшается ток поражения человека, коснувшегося голого провода фазы. Например, если сопротивление изоляции  $R_{\text{из}} = 3000$  Ом, то

$$I_{\text{чел}} = \frac{3 \cdot 220}{3 \cdot 1000 + 3000} = 0,11 \text{ А} = 110 \text{ мА}.$$

Ток такой величины очень опасен. При большем сопротивлении изоляции сети, например, когда  $R_{\text{из}} = 300\,000$  Ом, опасность значительно уменьшается

$$I_{\text{чел}} = \frac{3 \cdot 220}{3 \cdot 1000 + 300\,000} = 0,002 \text{ А} = 2 \text{ мА}.$$

В Правилах устройства электроустановок нормируется сопротивление изоляции относительно земли на одном участке



фазного провода между отключающими аппаратами. Оно должно быть не менее 500 000 Ом на фазу.

Особенно опасным является двойное замыкание, при котором человек, прикоснувшись к неповрежденной фазе, может оказаться под линейным напряжением. Например, допустим, что на фазе C появилось замыкание на землю. Сопротивление изоляции этой фазы по отношению к земле стало равным нулю (рис. 11). В этом случае человек, прикоснувшись к неповрежденной фазе A, окажется включенным между двумя фазами в электрической цепи: источник питания — фаза A — тело человека — земля — фаза C. Ток, проходящий через тело человека,

Рис. 11. Схема прохождения тока при прикосновении к фазе A в то время, когда фаза C оказалась замкнутой на землю:

$R_3 = 0$  — сопротивление в месте замыкания фазы C, условно принимаемое равным нулю

$$I_{\text{чел}} = \frac{U_{AC}}{R_{\text{чел}}} = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{чел}}},$$

где  $U_{\text{л}}$  — линейное напряжение;  $R_{\text{чел}}$  — сопротивление тела человека.

Например, при  $U_{л} = 380$  В и  $R_{чел} = 1000$  Ом

$$I_{чел} = \frac{380}{1000} = 0,38 \cdot A = 380 \text{ мА.}$$

Этот ток смертельно опасен. Поэтому Правилами устройства электроустановок запрещена длительная работа при наличии замыкания на землю.

### § 5. ВЛИЯНИЕ ЕМКОСТИ СЕТИ НА УСЛОВИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

В кабельных и разветвленных воздушных сетях емкость проводов относительно земли значительна.

Например, емкость одной фазы кабеля напряжением 1000 В по отношению к свинцовой оболочке (земле) составляет (микрофарада на 1 км длины кабеля):

Сечение провода, мм <sup>2</sup> . . .	10	25	50	95	150	240
Емкость, мкФ/км . . . . .	0,15	0,19	0,28	0,33	0,37	0,45

Чем больше емкость, тем меньше емкостное сопротивление. Поэтому ток, проходящий через тело человека, случайно коснувшегося фазы *A* (рис. 12, *a*), может достигать смертельно опас-

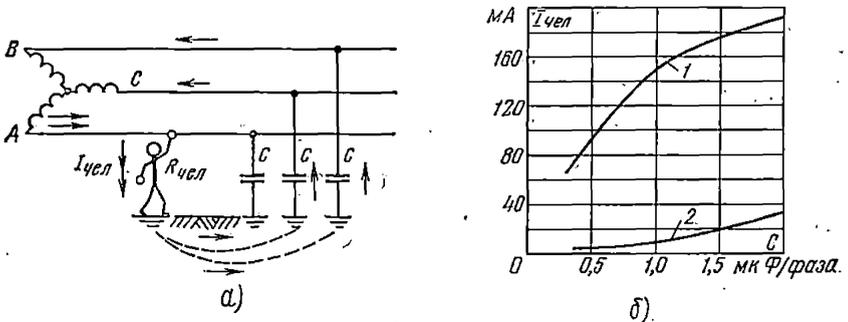


Рис. 12. Прохождение тока при прикосновении человека к фазе *A* в сети с большой емкостью проводов:

*a* — общая схема, *б* — кривые зависимости тока поражения от емкости изоляции электроустановки; 1 — без компенсации емкостной составляющей тока замыкания, 2 — с полной компенсацией

ной величины, несмотря на то, что активное сопротивление изоляции весьма велико ( $R_{из} \rightarrow \infty$ ). В этом случае  $Z_{из} = 1/j\omega C$  и

$$I_{чел} = \frac{3U_{\phi}}{\sqrt{9R_{чел}^2 + (1/\omega C)^2}} \quad (7)$$

С увеличением емкости фаз относительно земли ток поражения возрастает (рис. 12, *б*, кривая 1).

**Пример.** Человек прикасается к корпусу электродвигателя с поврежденной изоляцией. Емкость жил кабеля относительно земли  $C' = 0,2$  мкФ/км;

длина сети  $l=1$  км;  $R_{\text{чел}}=1000$  Ом; номинальное напряжение  $U_{\text{н}}=380$  В; сопротивлением изоляции пренебрегаем.

Ток, проходящий через тело человека, согласно формуле (5)

$$I_{\text{чел}} = \frac{3 \cdot 220}{\sqrt{9 \cdot 1000^2 + (1/314 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6})^2}} = 0,04 \text{ А} = 40 \text{ мА},$$

где  $\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 50 = 314$  рад/с;  $C = C' \cdot l = 0,2 \cdot 10^{-6}$  Ф.

Этот ток опасен.

Если протяженность сети увеличить до 10 км, то

$$I_{\text{чел}} = \frac{3 \cdot 220}{\sqrt{9 \cdot 1000^2 + (1/314 \cdot 2 \cdot 10^{-6})^2}} = 0,19 \text{ А} = 190 \text{ мА},$$

т. е. ток увеличится почти в пять раз и будет смертельно опасным.

Емкостный ток однофазного замыкания на землю компенсируют с помощью индуктивной катушки, включаемой между нулевой точкой источника питания и землей (рис. 13). Результирующий ток в месте замыкания равен сумме активной, емкостной

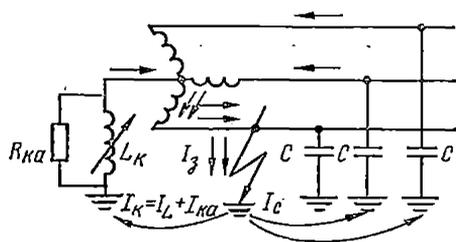


Рис. 13. Схема компенсации емкостного тока индуктивным:

$L_k$  — индуктивность компенсирующей катушки,  $C$  — емкость проводов

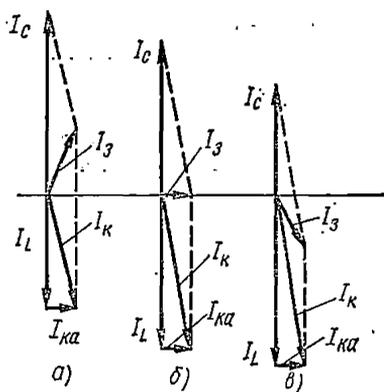


Рис. 14. Векторные диаграммы компенсации емкостного тока в случаях:

а — недокомпенсации, б — идеальной компенсации, в — перекомпенсации;  $I_L$  — индуктивный,  $I_C$  — емкостный,  $I_K$  — компенсирующий ток,  $I_3$  — ток в месте замыкания

и индуктивной составляющих. Когда индуктивность катушки настроена в резонанс с емкостью, индуктивная составляющая тока отстает от емкостной на  $180^\circ$ . Практически они находятся в противофазе и взаимно исключаются. На рис. 14 приведены векторные диаграммы для трех случаев:

1) идеальная компенсация  $I_L = I_C$ ; результирующий ток равен только активной составляющей;

2) недокомпенсация  $I_L < I_C$ : индуктивный ток  $I_L$  меньше емкостного  $I_C$ ;

3) перекомпенсация  $I_L > I_C$ : индуктивный ток больше емкостного.

Величина тока, проходящего через тело человека, случайно коснувшегося фазы сети с полной компенсацией, значительно

меньше, чем в сети без компенсации емкостной составляющей тока замыкания (рис. 12, б, кривая 2). Этот ток определяют по формуле (в случае полной компенсации)

$$I_{\text{чел}} = \frac{U_{\text{ф}} (g_{\text{к}} + 3g_{\text{из}})}{R_{\text{чел}} (g_{\text{к}} + 3g_{\text{из}} + g_{\text{чел}})}, \quad (8)$$

где  $3g_{\text{из}}$  — суммарная активная проводимость изоляции ( $g_{\text{из}} = 1/R_{\text{из}}$ );

$g_{\text{чел}} = 1/R_{\text{чел}}$  — проводимость тела человека;

$g_{\text{к}} = \frac{R_{\text{ка}}}{R_{\text{ка}}^2 + (\omega L_{\text{к}})^2}$  — проводимость компенсирующего устройства;

$R_{\text{ка}}\omega L_{\text{к}}$  — активное и индуктивное сопротивления компенсирующего устройства;  $\omega L_{\text{к}} \approx 1/3\omega C$  в случае полной компенсации;  $1/\omega C$  — емкостное сопротивление изоляции.

Индуктивный ток регулируют изменением числа витков в компенсирующей катушке или автоматически, изменяя индуктивность катушки подмагничивающим током, который в свою очередь изменяется (автоматически) в зависимости от величины емкости проводов относительно земли.

## § 6. КОНТРОЛЬ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

**Задачи профилактики изоляции.** *Профилактикой изоляции* называется система мероприятий, направленных на обеспечение ее надежной работы.

Прежде всего необходимо исключить механические повреждения, увлажнение, химическое воздействие, запыление, перегревы. Но даже в нормальных условиях изоляция постепенно теряет свои первоначальные свойства, стареет. С течением времени развиваются местные дефекты. Сопротивление изоляции начинает резко уменьшаться, а ток утечки непропорционально расти. В месте дефекта появляются частичные разряды тока. Изоляция выгорает. Происходит так называемый пробой изоляции, в результате чего возникает короткое замыкание, которое в свою очередь может привести к пожару или поражению людей током.

Чтобы поддержать диэлектрические свойства изоляции, необходимо систематически выполнять профилактические испытания, осмотры, удалять непригодную изоляцию и заменять ее полноценной. Нормы сопротивления изоляции в электроустановках напряжением до 1000 В указаны в табл. 2.

**Измерение мегомметром.** Для того чтобы убедиться в том, что сопротивление изоляции соответствует норме, его измеряют периодически в установленные сроки, вне очереди (если обнаружены дефекты), после монтажа сети или ее ремонта. Измерения производят между каждым проводом и землей, а также между двумя любыми проводами в отключенной сети по ее участкам, разделенным двумя смежными предохранителями, и за последним предохранителем. При этом в силовых цепях

отключают электроприемники, аппараты, приборы; в осветительных — вывинчивают лампы, а штепсельные розетки, выключатели и групповые щитки оставляют присоединенными.

Т а б л и ц а 2. Нормы сопротивления изоляции

Оборудование электроустановок	Напряжение мегомметра, В	Наименьшее допустимое сопротивление изоляции, МОм
Силовые и осветительные электропроводки, распределительные щиты и токопроводы	1000	0,5
Вторичные цепи управления, защиты, измерения (за исключением шинок)	500—1000	1
Шинки на щите управления (при отсоединенных цепях)	500—1000	10
Катушки контакторов магнитных пускателей и автоматов	500—1000	0,5

Перед началом измерений необходимо убедиться в том, что на исследуемом участке сети или оборудовании никто не работает и оно отключено со всех сторон. Кабели, электрические машины, шины, воздушные линии, конденсаторы «разряжают на землю», т. е. касаются заземленным проводом токоведущих частей каждой фазы, снимая остаточный емкостный заряд.

Величина измеренного сопротивления изоляции должна быть не менее нормы, указанной в табл. 2.

Для измерения используют прибор — мегомметр. Наиболее распространены мегомметры на напряжения 500, 1000, 2500 В с пределами измерений 0—100, 0—1000, 0—10 000 МОм. Прибор имеет три зажима: *Л* (линия), *З* (земля), *Э* (экран). Если сопротивление изоляции измеряют относительно земли, то зажимы *Л* и *З* присоединяют к объекту (например, проводу) и к заземлителю или заземленной части (рис. 15, *а*). При замере сопротивления изоляции между цепями (рис. 15, *б*) оба зажима присоединяют к этим цепям. В тех случаях, когда результат испытаний может быть искажен поверхностными токами по изоляции, на нее накладывают охранный электрод, который присоединяют к зажиму *Э*. Для уменьшения опасности поражения током прибор снабжен проводами с усиленной изоляцией, имеющими наконечники.

Измерение сопротивления изоляции на отдельных участках не позволяет судить об исправности изоляции всей сети, в том числе и потребителей тока. Для этого измеряют сопротивление изоляции всей сети, включая источник и потребителей тока. Результат измерения сравнивают с предыдущим. Если результаты ряда измерений совпадают, значит, изоляция исправна; резкое снижение сопротивления изоляции по сравнению с предыдущим измерением указывает на появление в ней дефектов. Измерения

производят в неотключенной установке под рабочим напряжением (рис. 16, а). При параллельной работе сопротивлений изоляции всех фаз относительно земли прибор покажет их экви-

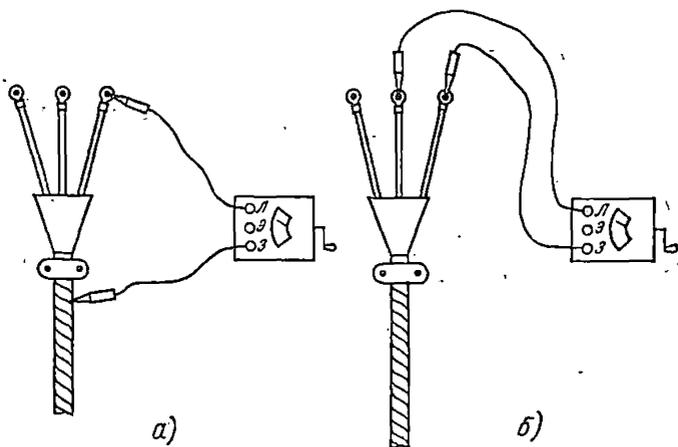


Рис. 15. Схема измерения сопротивления изоляции жил кабеля мегомметром:

а — между проводом и землей, б — между проводами двух фаз

валентное сопротивление (рис. 16, б). Достоинством способа является то, что измеренное сопротивление изоляции соответствует ее действительному состоянию при рабочем напряжении.

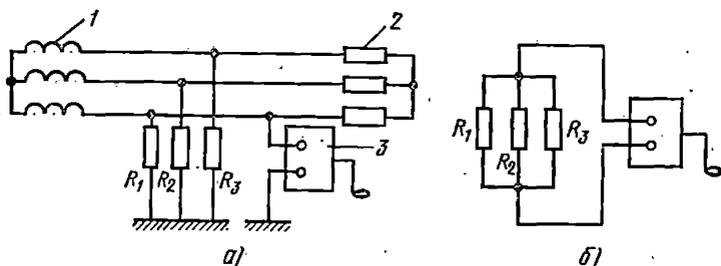


Рис. 16. Схема измерения сопротивления изоляции всей сети в неотключенной электроустановке под рабочим напряжением:

а — общая схема, б — электрическая схема замещения; 1 — источник тока, 2 — нагрузка, 3 — мегомметр,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  — сопротивления изоляции отдельных фаз относительно земли

**Испытание изоляции повышенным напряжением.** Этот метод наиболее эффективен для выявления местных дефектов изоляции и определения ее прочности, т. е. способности длительно выдерживать рабочее напряжение.

Электрические машины и аппараты испытывают током промышленной частоты, как правило, в течение 1 мин. Дальнейшее

воздействие тока может испортить изоляцию. Величина испытательного напряжения зависит от номинального напряжения  $U_{\text{ном}}$  электроустановки, вида изоляции и нормируется правилами технической эксплуатации. Так, обмотку статоров электродвигателей мощностью  $P < 40$  кВт с номинальным напряжением 660 В испытывают повышенным напряжением 1000 В. Если же мощность двигателя  $P \geq 40$  кВт, то испытательное напряжение  $U_{\text{исп}}$  равно следующим величинам:

$U_{\text{ном}}, \text{ В}$	$U_{\text{исп}}, \text{ В}$
400 и менее	1 000
500	1 500
660	1 700
2 000	4 000
3 000	5 000
6 000	10 000
10 000	16 000

Электротехнические защитные средства (штанги, клещи) с поверхностной органической изоляцией испытывают переменным током в течение 5 мин.

Кабели, имеющие большую емкость, испытывают выпрямленным током в продолжение 5 мин; испытательное напряжение для кабелей должно превышать номинальное рабочее напряжение в 5—6 раз при  $U_{\text{ном}} = 2—10$  кВ и в 4—5 раз при  $U_{\text{ном}} = 20—35$  кВ.

Силовые конденсаторы испытывают переменным током в течение 1 мин. Величина испытательного напряжения при испытании на корпус составляет:

$U_{\text{ном}}, \text{ В}$	$U_{\text{исп}}, \text{ В}$
220—660	1 870
1050	3 750
3150	13 500
6300	19 000

Изоляцию аппаратов, вторичных цепей и электропроводок напряжением до 1000 В испытывают напряжением  $U_{\text{исп}} = 1000$  В в течение 1 мин.

Испытания изоляции повышенным напряжением производят при капитальных и текущих ремонтах электрооборудования (у электродвигателей — непосредственно после остановки в ремонт и перед вводом в работу после ремонта), а также в том случае, когда во время работы обнаружен дефект.

Непрерывный контроль состояния изоляции позволяет выявить повреждения, дефекты, не обнаруженные во время профилактических испытаний; предотвратить искрообразование в местах плохих контактов, которое может привести к взрыву или пожару. В сетях с изолированной нейтралью предотвращаются опасные появления замыканий на землю; в сетях с заземленной

нейтралью — аварийные отключения оборудования, наносящие ущерб потребителю.

*Непрерывным* называется контроль изоляции без отключения рабочего напряжения (когда сопротивление изоляции измеряется под напряжением).

Наиболее простым является способ контроля изоляции с помощью вольтметров, включаемых в установках напряжением до 1000 В непосредственно, а в установках выше 1000 В — через измерительный трансформатор (рис. 17). Если изоляция всех фаз имеет одинаковое сопротивление относительно земли, то каждый из вольтметров показывает фазное напряжение. Если сопротивление изоляции одной из фаз резко ухудшится, вольт-

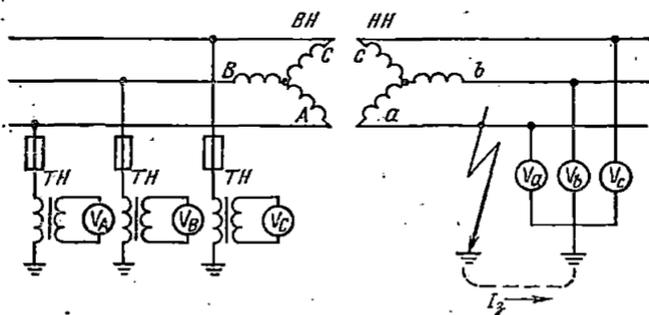


Рис. 17. Схема непрерывного контроля изоляции в сетях с изолированной нейтралью:

со стороны высокого напряжения *ВН* вольтметры контроля изоляции  $V_A$ ,  $V_B$  и  $V_C$  включены через измерительные трансформаторы напряжения *ТН*, со стороны низкого напряжения *НН* вольтметры контроля изоляции включены непосредственно.

метр, подключенный к этой фазе, покажет снижение напряжения, а показания двух других вольтметров увеличатся. При замыкании на землю фазы *A* подключенный к ней вольтметр покажет нуль ( $U_A=0$ ), а вольтметры, подключенные к фазам *B* и *C*, — линейное напряжение.

Основные требования к схемам контроля изоляции следующие: входной сигнал (например, напряжения фаз относительно земли) должен зависеть только от активного сопротивления изоляции;

входное сопротивление схемы должно быть высоким для того, чтобы не снижать сопротивления между фазами и землей (используют электростатические вольтметры с большим внутренним сопротивлением);

схема должна реагировать на симметричные и несимметричные изменения сопротивления фаз относительно земли;

схема должна содержать устройство сигнализации о предельно допустимом снижении сопротивления изоляции фаз.

Недостаток рассмотренной схемы состоит в том, что при симметричном снижении сопротивления изоляции всех фаз вольт-

метры не будут реагировать. Поэтому используются более чувствительные приборы непрерывного контроля изоляции серийного производства: отклонмер О-4, прибор контроля изоляции ПКИ-1, реле контроля изоляции РКЗ-Н51. Мегомметры МКН-380 (разработан ОРГРЭС), М-154, М-164 предназначаются для измерения сопротивления изоляции сетей постоянного тока до 350 В и переменного до 400 В без снятия рабочего напряжения.

В отклонмере сопротивления изоляции (рис. 18) использован принцип наложения постоянного оперативного тока на переменный рабочий. Постоянный ток получают от сети с помощью понижающего трансформатора 1 и выпрямителя В.

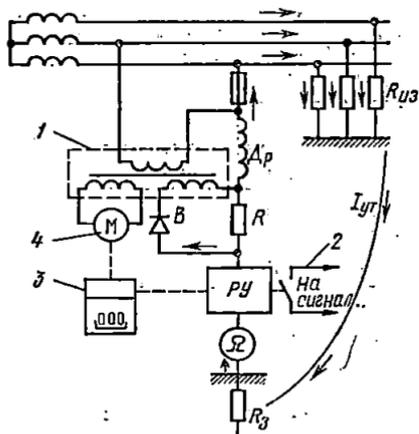


Рис. 18. Схема отклонмера сопротивления изоляции:

1 — понижающий трансформатор, 2 — контакты сигнального устройства, 3 — счетчик, 4 — микродвигатель для привода счетчика

От выпрямителя этот ток проходит по фазным проводам, через пути утечки в изоляции фаз, через заземление  $R_z$  и поступает в измерительную цепь — омметр и обмотку реле утечки РУ. Для ограничения тока в измерительной цепи служат сопротивление  $R$  и дроссель  $Dp$ .

Прибор работает следующим образом. Пока сопротивление изоляции  $R_{из}$  не ниже нормы, ток в измерительной цепи незначителен; омметр показывает сопротивление изоляции в килоомах (десятки кОм). При снижении сопротивления изоляции ниже

10 кОм ток в измерительной цепи возрастет, сработает реле РУ и включит счетчик 3, регистрирующий длительность работы с неисправной изоляцией. Одновременно контрольно-сигнальное устройство подает сигнал о снижении сопротивления изоляции ниже установленной нормы.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие травмы вызывает электрический ток?
2. В чем проявляется электрический удар и от чего зависит его исход?
3. Какова зависимость сопротивления тела человека от приложенного напряжения, длительности протекания тока, частоты и других факторов?
4. Назовите величины отпускающего, длительно допустимого и нефибрилляционного токов в зависимости от длительности воздействия?
5. Каковы причины смертельного исхода при поражении электрическим током?
6. Какова последовательность действий при оказании первой помощи?
7. Расскажите, каков порядок проведения искусственного дыхания и непрямого массажа сердца?

8. Как определить величину тока, проходящего через тело человека, при случайном прикосновении его к одной фазе в сети с изолированной нейтралью?

9. В чем заключается сущность компенсации емкостного тока однофазного замыкания на землю?

10. Как работает схема контроля изоляции с помощью вольтметров?

11. Каковы нормы сопротивления изоляции в электроустановках напряжением до 1000 В?

12. Какие методы и приборы контроля изоляции в установках напряжением до 1000 В вам известны?

## Глава II

# ОСНОВНЫЕ МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

### § 7. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

*Электрическими* называются установки, предназначенные для производства, преобразования, распределения и потребления электроэнергии. Электроустановки сооружают на открытом воздухе или в закрытых помещениях. Помещения закрытых электроустановок подразделяют на следующие классы в зависимости от характера окружающей среды (табл. 3).

Таблица 3. Классификация помещений электроустановок в зависимости от окружающей среды

Класс помещения	Характеристика помещения
Сухие	Относительная влажность не превышает 60%
Влажные	
Сырые	Относительная влажность длительно превышает 75%
Особо сырые	Относительная влажность близка к 100% (стены, пол, потолок покрыты влагой)
Жаркие	Температура воздуха в помещении длительно превышает $+30^{\circ}\text{C}$
Пыльные	Наличие пыли в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов
С химически активной средой	Наличие паров или отложений, разрушающих изоляцию и токоведущие части электрооборудования

Классификация помещений по степени опасности поражения людей электрическим током приведена в табл. 4.

Технические и организационные меры защиты осуществляются в зависимости от класса помещения, напряжения и назначения электроустановки.

Таблица 4. Классификация помещений электроустановок по степени опасности поражения током

Класс помещения	Характеристика помещения
Без повышенной опасности	В помещении отсутствуют условия, создающие повышенную опасность или особую опасность, указанную ниже
С повышенной опасностью	Для помещений характерно наличие одного из следующих условий: сырости или проводящей пыли; токопроводящих полов — металлических, земляных, кирпичных и т. д.; высокой температуры, возможности одновременного прикосновения человека к металлическим частям, имеющим соединение с землей, и к металлическим корпусам электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции
Особо опасные	Помещения характеризуются наличием одного из следующих условий: особой сырости; химически активной среды; одновременно двух или более условий повышенной опасности

### § 8. ОГРАЖДЕНИЯ ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ

Общие требования безопасности к ограждению токоведущих частей. Неизолированные токоведущие части электроустановок при любом напряжении надежно ограждают или располагают

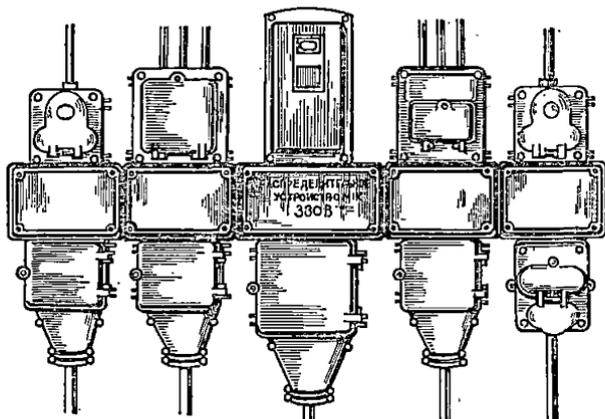


Рис. 19. Распределительное устройство 380 В в кожухах из негорючего материала

на недоступной высоте, чтобы не произошло электротравмы вследствие случайного прикосновения или приближения к этим частям.

В производственных помещениях обязательно ограждение находящихся под напряжением частей электродвигателей, пусковых приспособлений, открытых плавких вставок и т. п.

Ограждения выполняются прочными, негорючими, из сплошных металлических листов или сеток с размером ячеек не более 25×25 мм. Возможны смешанные ограждения — из сетки и сплошного листа. Ограждения устраиваются так, чтобы снять или открыть их было можно только с помощью ключей или инструментов. Ограждения запирают на замок, ключ от которого хранит дежурный по электроустановке.

Ограждения токоведущих частей напряжением до 1000 В. В производственных помещениях, как правило, не разрешается устанавливать распределительные устройства с незащищенными токоведущими частями. Их располагают внутри запирающихся щитов, шкафов, кожухов из несгораемого материала (рис. 19).

При необходимости допускается устанавливать распределительные устройства с открытыми токоведущими частями, но на специально огражденных участках цеха. Эти ограждения выполняются высотой не менее 1,7 м и размещаются на расстоянии не менее 10 см от токоведущих частей (ограждения выполнены из сетки) и 5 см (из сплош-

Таблица 5. Нормируемое расстояние от голых токоведущих частей до стены или оборудования

Напряжение электроустановки	Расстояние, м	
	по одну сторону прохода	по обе стороны прохода
Менее 500 В: длина щита менее 7 м длина щита более 7 м	1 1,2 1,5	— — 2
500 В и выше		

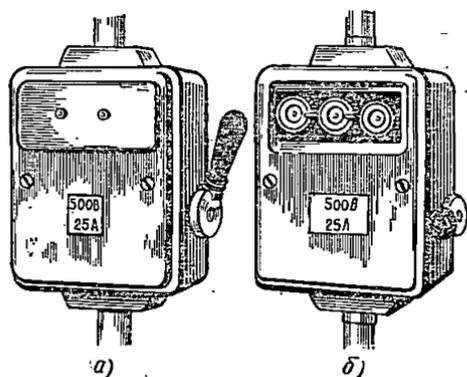


Рис. 20. Закрытая установка предохранителей:

а — полностью, б — частично

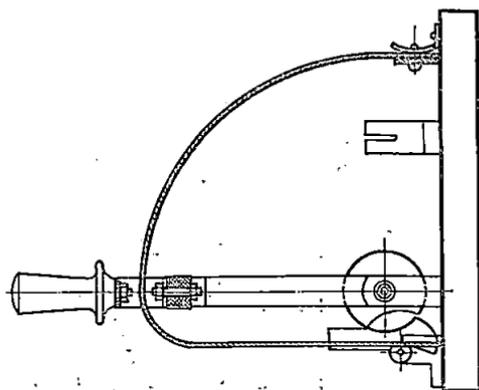


Рис. 21. Рубильник в глухом кожухе

ного листа). В случаях, когда выступающие голые токоведущие части, доступные прикосновению (например, концы отключенных ножей рубильников на высоте менее 2,2 м), оказались открытыми и неогражденными, должны соблюдаться определенные расстояния от этих частей до стены или до оборудования (табл. 5).

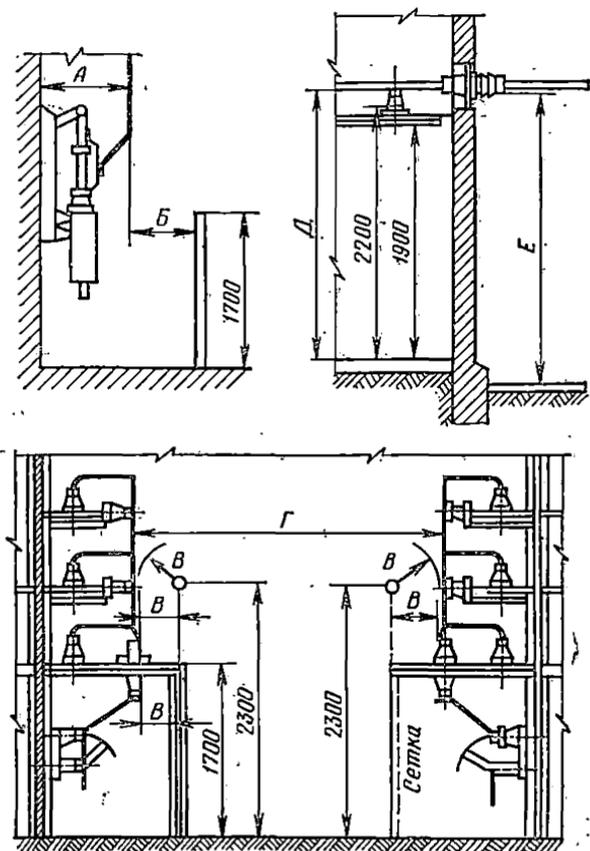


Рис. 22. Нормируемые расстояния до токоведущих частей в распределительных устройствах

Предохранители в открытом исполнении помещают в шкафы или кожух (рис. 20). Провода по возможности вводят в машины, аппараты и приборы. Чтобы возникающие во время переключений искры и дуга (например, при разрыве цепи тока рубильником) не вызвали несчастного случая, аварии, воспламенения, аппаратуру для переключения закрывают кожухами (рис. 21).

**Ограждения токоведущих частей напряжением выше 1000 В.** Эти ограждения выполняют также в соответствии с общими правилами, но к ним предъявляют более жесткие требования. Все токоведущие части как голые, так и изолированные, должны быть расположены на недоступной высоте или надежно ограждены, закрыты сплошными металлическими дверьми, заключены в специальные металлические ящики.

Двери ограждений и камер оборудуют блокировкой, препятствующей входу внутрь ограждения или в камеру до тех пор, пока не будет снято напряжение. Если токоведущие части расположены ниже 2,5 м над полом, то при входе в камеру устанавливают барьер высотой 1,2 м, который служит дополнительным средством ограждения при осмотрах оборудования без снятия напряжения.

Правилами устройства электроустановок нормируются наименьшие допустимые расстояния от токоведущих частей до заземленных конструкций и частей здания (размер *A* на рис. 22), от токоведущих частей до сплошных ограждений (размер *B*), до сетчатых ограждений (размер *B*), между неогражденными токоведущими частями разных цепей (размер *Г*), от неогражденных токоведущих частей до пола (размер *Д*), от неогражденных линейных выводов до земли (размер *Е*). Числовые величины этих расстояний приводятся в соответствующих таблицах этих правил в зависимости от рабочего напряжения.

## § 9. БЛОКИРОВКИ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

*Блокировкой* (от англ. to block — заграждать путь) называются автоматические устройства, с помощью которых заграждается путь в опасную зону или становится невозможным выполнить неправильные, опасные для жизни действия, переключения коммутационной аппаратуры. Рабочим элементом блокировки могут быть механические приспособления — стопоры, защелки, фигурные вырезы (механическая блокировка), блок-контакты, действующие на разрыв электрической цепи (электрическая), электромагнитный ключ, разрешающий или запрещающий включение коммутационной аппаратуры (электромагнитная). Рассмотрим примеры этих видов блокировки.

Для предотвращения подачи напряжения на заземленное оборудование (или ошибочного заземления оборудования, находящегося под напряжением) применяется механическая блокировка линейных разъединителей и заземляющих ножей (рис. 23). Если включен линейный разъединитель *1*, то заземляющий нож *2* включить нельзя, так как фигурный сегмент *3* заземляющего ножа упирается в диск *4*, связанный с линейным разъединителем (рис. 23, *а*). После отключения линейного разъединителя заземляющий нож может быть включен, так как прорез в диске не препятствует повороту сегмента и связанного с ним заземляющего ножа (рис. 23, *б*). Когда заземляющий нож

включен, нельзя включить линейный разъединитель, так как сегмент препятствует повороту диска (рис. 23, в). Линейный разъединитель можно включить только после отключения заземляющего ножа.

Аналогичная блокировка разъединителей и заземляющих ножей может быть выполнена при помощи дисков с фигурными вырезами (рис. 24). Если диск 1

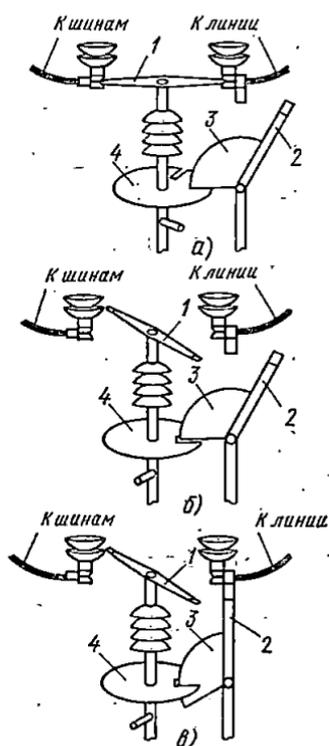


Рис. 23. Схема механической блокировки линейного разъединителя и заземляющего ножа с помощью диска и фигурного сектора:

а — нормальная работа, заземляющий нож включить нельзя, б — линейный разъединитель отключен, можно включить заземляющий нож, в — включен заземляющий нож, нельзя включить линейный разъединитель; 1 — линейный разъединитель, 2 — заземляющий нож, 3 — сегмент, 4 — диск

укреплен на одной оси  $O_1$  с заземляющим ножом, а диск 2 на одной оси  $O_2$  с линейным разъединителем, то заземляющий нож (рис. 24, а) нельзя повернуть, пока не будет отключен линей-

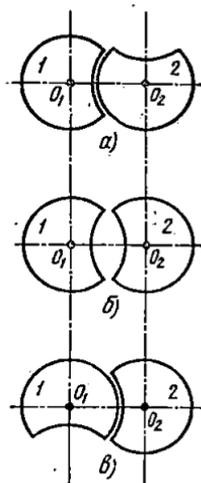


Рис. 24. Схема механической блокировки:

а — нормальная работа, заземляющий нож включить нельзя, б — линейный разъединитель отключен, можно включить заземляющий нож, в — включен заземляющий нож, нельзя включить линейный разъединитель;  $O_1$  — ось диска, жестко связанного с заземляющим ножом,  $O_2$  — ось диска, жестко связанного с линейными разъединителями

ный разъединитель и не повернется диск 2. После отключения линейного разъединителя диски окажутся в положении, указанном на рис. 24, б, и заземляющий нож может быть включен. При этом диски займут положение, указанное на рис. 24, в. После этого включить линейный разъединитель нельзя, пока не будет отключен заземляющий нож.

Для предотвращения ошибочного отключения разъединителей под нагрузкой, а также ошибочной подачи напряжения на заземленное оборудование применяется электромагнитная блокировка: выключатели, шинные и линейные разъединители, заземляющие ножи, оборудованные электромагнитной блокировкой, можно отключать и включать только в определенной последовательности.

Электромагнитная блокировка (рис. 25) состоит из замка 2, укрепленного на приводе 1 шинного разъединителя 14, и электромагнитного ключа 6. Основной частью замка 2 является стальная стержень 13, с помощью которого привод шинного разъединителя запирается либо во включенном положении, если стержень входит в отверстие 15', либо в отключенном, если стержень входит в отверстие 15''.

Рабочей частью электромагнитного ключа 6 является электромагнит 7, с помощью которого стержень вытягивается из отверстий 15' или 15''. Цепь выпрямленного оперативного тока на обмотку электромагнита замыкается через блок-контакт 10, положение которого зависит от того, включен или отключен линейный выключатель 11.

Рассмотрим работу электромагнитной блокировки в случае переключения, например, линии электропередачи, работающей от одиночной системы сборных шин через один шинный разъединитель.

Когда линия включена в работу, шинный разъединитель находится под нагрузкой и его отключать категорически запрещено, так как при отключении образуется электрическая дуга. Замок электромагнитной блокировки запирает привод разъединителя во включенном положении стальным стержнем, который под действием пружины 12 входит в отверстие 15'. На контактных гнездах 5 замка напряжение оперативного тока отсутствует,

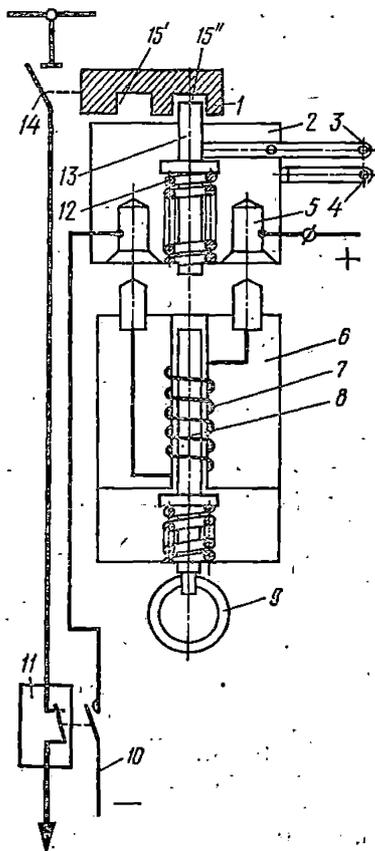


Рис. 25. Схема электромагнитной блокировки:

- 1 — привод, 2 — замок, 3 — штифт, 4 — ушко, 5 — контактные гнезда, 6 — ключ, 7 — электромагнит, 8 — намагничивающийся стержень, 9 — кольцо, 10 — блок-контакт, 11 — линейный выключатель, 12 — пружина, 13 — стальной стержень, 14 — шинный разъединитель, 15' и 15'' — отверстия

так как при включенном линейном выключателе цепь этого тока разомкнута блок-контактом.

Когда же линия выведена из работы и выключатель отключен, разъединитель не находится под нагрузкой и его можно отключать. При отключенном выключателе его блок-контакт замкнут и оперативный ток подается к контактным гнездам. Вставив в эти гнезда ключ, с помощью намагнитившегося стержня 8 вытягивают стержень 13 из замка привода разъединителя за кольцо 9. Разъединитель отключают. Привод разъединителя при этом занимает положение, когда его можно вновь запереть стержнем 13, но уже в отверстие 15". Теперь разъединитель нельзя включить. Он будет находиться в отключенном положении до тех пор, пока его замок не будет открыт, что можно сделать только ключом блокировки при отключенном выключателе.

Для отключения разъединителя без ключа при авариях и неисправностях блокировки служит штифт 3 ручного открывания замка, нормально заплombированного за ушко 4.

## § 10. СРЕДСТВА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБ ОПАСНОСТИ

Несчастные случаи с лицами, обслуживающими электротехнические установки, могут происходить в результате потери ими ориентировки при осмотрах, ремонтах и испытаниях. Поэтому электроустановки проектируют таким образом, чтобы можно было легко распознать все их элементы. Схемы распределительных устройств, подстанций, ячеек разрабатываются простыми и наглядными. Электрооборудование размещается удобно для персонала. Все оборудование обозначается надписями, маркировкой, расцветкой.

Для предупреждения об опасности применяют звуковые, световые и цветные сигнализаторы, устанавливаемые в зонах видимости и слышимости персонала. Части оборудования, представляющие опасность для людей, окрашивают в сигнальные цвета и на них наносят знак безопасности в соответствии с ГОСТ 12.4.026—76 «Цвета сигнальные и знаки безопасности».

Кнопки и рычаги аварийного выключения окрашивают в красный цвет.

Маркировка имеет особое значение при наличии большого числа цепей, различных систем тока и напряжения. Каждую систему снабжают условными обозначениями: цифровыми, символическими или буквенно-смысловыми. Кроме того, применяют отличительную окраску частей установки. Одноименные фазы окрашиваются в одинаковый цвет во всех электроустановках. При этом фазу А окрашивают в желтый, фазу В — в зеленый, фазу С — в красный цвет.

На щитах, ящиках, сборках, пультах ставят их порядковые номера или номер отходящей линии, указывают назначение (см. рис. 19). Кабели, шины и провода либо маркируют изолирован-

ными бирками, либо делают гравировку с указанием их сечения; у предохранителей проставляют номинальный ток нагрузки.

Для безошибочной ориентировки персонала на ключах, кнопках и рукоятках управления надписывают операцию, для которой они предназначены («Включить», «Отключить», «Убавить», «Прибавить»). На сигнальных аппаратах и лампах указывают характер сигнала («Вкл.», «Откл.», «Перегрев»).



*а)*

*б)*

Рис. 26. Предостерегающие плакаты:

*а* — постоянные, *б* — переносные

Для предупреждения об опасности служат предупредительные плакаты. В соответствии с назначением они разделяются на четыре группы: предостерегающие, запрещающие, разрешающие и напоминающие.

Постоянные предостерегающие плакаты (рис. 26, *а*) укрепляют на оборудовании.

Плакат «Под напряжением — опасно для жизни!» предназначен 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 вывешивают на наружной стороне дверей распределительных устройств, камер выключателей и трансформаторных подстанций на сетчатых или

сплошных ограждениях. Выполняется черными буквами на белом фоне, кайма и стрела ярко-красные.

Плакат «Не влезай — убьет!» вывешивают на опорах воздушных ЛЭП напряжением выше 1000 В на высоте 2,5—3 м сбоку опоры поочередно с правой и левой сторон; при переходе через дорогу — в сторону дороги; на железобетонных опорах плакат наносится на бетон несмываемой краской.

Переносные предостерегающие плакаты (рис. 26, б) применяют во время ремонтных работ и испытаний.



Рис. 27. Запрещающие плакаты

Рис. 28. Разрешающие и напоминающие плакаты

Плакат «Стой — высокое напряжение!» используется при напряжении выше 1000 В. Его вывешивают на переносных временных ограждениях в закрытых распределительных устройствах ЗРУ и на постоянных ограждениях ячеек, соседних с местом работы или противоположных, а также в открытых распределительных устройствах на временных веревочных ограждениях и на конструкциях вокруг рабочего места, на временных ограждениях у оголенных участков кабеля и разделанных его концов (например, при испытании повышенным напряжением). Плакаты вывешиваются таким образом, чтобы путь к соседним токоведущим частям был закрыт.

Плакат «Стой — опасно для жизни!» предназначен для установок напряжением до 1000 В и вывешивается на их ограждениях и конструкциях.

Плакат «Не влезай — убьет!» укрепляется на конструкциях ОРУ, соседних с той, где расположено рабочее место.

Переносные запрещающие плакаты (рис. 27) вывешивают также при ремонтах.

Плакат «Не включать — работают люди» укрепляют на ключах управления, рукоятках, штурвалах выключателей и разъединителей, на щитах и пультах.

Плакат «Не открывать — работают люди» вывешивают на штурвалах задвижек и приводах к ним, при ошибочном открытии которых может быть пущено рабочее вещество (мазут, 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. 28) выполняют в виде белого круга на зеленом фоне.

Плакат «Работать здесь» вывешивают в ЗРУ на местах работы; в ОРУ — в том месте, где персонал должен входить в огражденное веревкой пространство; на щитах управления — при работах на панелях.

Плакат «Влезать здесь» устанавливают на конструкции ОРУ, обеспечивающей безопасный подъем к месту работы на высоте.

Переносной напоминающий плакат «Заземлено» вывешивают на ключах управления, рукоятках, штурвалах разъединителей, при ошибочном включении которых может быть подано напряжение на заземленный участок.

## § 11. ДВОЙНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ

*Двойной изоляцией* называется совокупность основной рабочей изоляции токоведущих частей электроприемника и защитной дополнительной изоляции, которая наносится на нетоковедущие части, доступные для прикосновения. Если одна из ступеней изоляции (основная или дополнительная) будет повреждена, то это не приведет к появлению потенциала на доступных для прикосновения частях электрооборудования, так как вторая неповрежденная ступень изоляции воспрепятствует току замыкания. Каждая из ступеней изоляции должна выдерживать номинальное (линейное) напряжение электроустановки.

Двойная изоляция электрооборудования состоит из обычных изоляционных покрытий токоведущих частей, укрытых в металлическом корпусе (рабочая изоляция), и из изоляционного материала или слоя изолирующей краски, пленки, лака, эмали, которыми покрывают металлические корпуса и рукоятки этого электрооборудования или инструмента (защитная, дополнительная изоляция). В переносных лампах, ручном электроинструменте применяют более совершенную двойную изоляцию: первой

ступенью является рабочая изоляция токоведущих частей, а второй ступенью — корпус (в котором эти части укрыты), изготовленный из пластмассы, армированной для жесткости стекловолокном.

## § 12. РАЗДЕЛЬНОЕ ПИТАНИЕ И ПОНИЖЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

*Раздельным* называется питание электроприемника от специального разделяющего трансформатора, который отделяет этот электроприемник от общей сети и возможных в ней токов замыкания на землю, токов утечки и других условий, создающих опасность для людей.

Раздельное питание используют в установках напряжением до 1000 В при испытаниях, работах с переносными электрическими приборами, на стендах и т. п. Коэффициент трансформации разделяющего трансформатора может быть равным 1 : 1.

На рис. 29 показана схема включения прибора через разделяющий трансформатор. Вторичную обмотку разделяющих трансформаторов не заземляют; корпус трансформатора заземляется или зануляется как обычно. При случайном прикосновении к одному из проводов во вторичной цепи не создается опасности, поскольку протяженность вто-

Рис. 29. Схема защиты путем включения электроприборов через разделяющий трансформатор:

а — при замыкании на корпус, б — при замыкании на корпус и землю; 1 — электроприбор, 2 — разделяющий трансформатор, 3 — плавкий предохранитель

ричной сети мала и токи утечки в ней ничтожны (рис. 29, а).

Заземления корпуса электроприемника, присоединенного к разделяющему трансформатору, не требуется, а соединения его с сетью зануления не допускается.

Для каждого электроприемника рекомендуются отдельный трансформатор и короткая электропроводка. Это необходимо для того, чтобы предотвратить двойные замыкания и опасность попадания людей под линейное напряжение (рис. 29, б): если во вторичной сети возникнет замыкание на землю на одной фазе, а на корпус инструмента замкнется другая фаза, то создастся опасность для человека, стоящего непосредственно на земле или проводящем полу. Вероятность таких случаев в короткой сети значительно меньше, чем в протяженной.

Разделяющие трансформаторы изготовляют в надежном исполнении с хорошей изоляцией обмоток, чтобы исключить возможность перехода напряжения с высшей стороны на низшую.

Для этой цели служит экран между обмотками, который не допускает контакта обмоток высшей и низшей сторон.

Область применения разделяющих трансформаторов обширна: в особо опасных помещениях, на строительных площадках, при ремонтах на электростанциях и т. д.

*Пониженным* называется напряжение 12—36 В, которое используется для переносных ламп, паяльников, электрифицированного инструмента. Пониженное напряжение получают от понижающего трансформатора 220/12 (36) или 127/12 (36) В. Вторичные обмотки и корпус понижающих трансформаторов за-

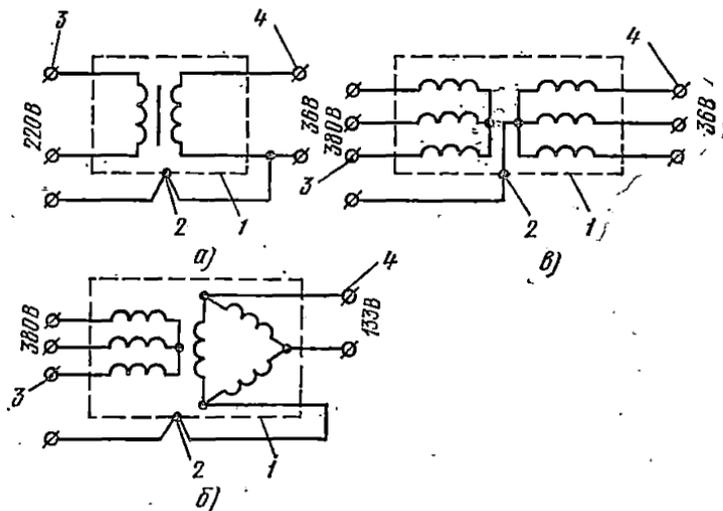


Рис. 30. Схемы включения понижающих трансформаторов в сеть переменного тока 380/220 В:

*а* — однофазного, *б* — трехфазного со схемой  $Y/\Delta$ , *в* — трехфазного со схемой  $Y/Y$ ; 1 — корпус трансформатора, 2 — заземляющий зажим, 3 и 4 — зажимы высокого и низкого напряжения

земляют для защиты от случайного перехода высокого напряжения на обмотку низкого (рис. 30). Для этого в однофазных трансформаторах заземляется один из выводов (рис. 30, *а*), в трехфазных, соединенных в звезду, — нулевая точка (рис. 30, *б*), а при соединении в треугольник — одна из фаз (рис. 30, *в*). Корпус понижающего трансформатора соединяют с заземленным нулевым проводом (четвертым проводом сети с глухозаземленной нейтралью) или подключают к магистрали заземления специальным проводником (в сети с изолированной нейтралью). При работе на металлоконструкциях, внутри металлических резервуаров, в барабанах котлов корпуса трансформаторов и вторичные обмотки соединяют с этими конструкциями. На вторичной стороне понижающих трансформаторов для присоединения оборудования применяют только хорошо изолированные провода.

### § 13. ЗАЩИТНЫЕ СРЕДСТВА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

Основные и дополнительные защитные средства. *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. 31).

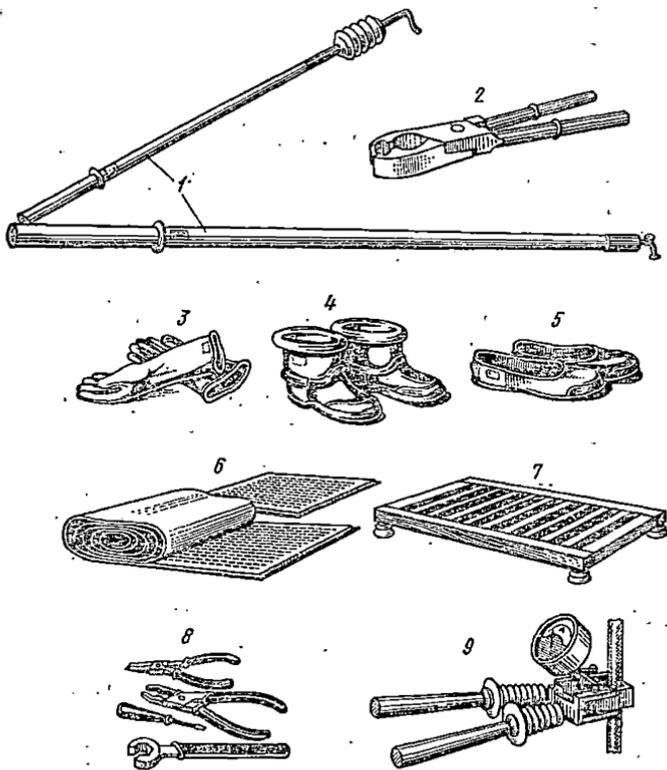


Рис. 31. Защитные средства, применяемые в электроустановках:

1 — изолирующие штанги, 2 — изолирующие клещи, 3 — диэлектрические перчатки, 4 — диэлектрические боты, 5 — диэлектрические галоши, 6 — резиновые коврики и дорожки, 7 — изолирующая подставка, 8 — монтерский инструмент с изолированными рукоятками, 9 — токонмерительные клещи

По назначению защитные средства можно распределить на следующие основные группы:

инструмент и приспособления для работы под напряжением (изолирующие штанги для оперативной работы, изолирующие клещи и тяги, захваты, инструмент 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 лестницы и площадки, резиновые диэлектрические перчатки, боты, галоши, коврики, изолирующие подставки);

переносные заземления и штанги для их наложения;

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

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: оно должно быть не менее трехкратного линейного напряжения или 40 кВ в установках с изолированной или заземленной через компенсирующие аппараты нейтралью и не менее трехкратного фазного напряжения в установках с глухим заземлением нейтрали.

Основные защитные средства изготавливают из материалов с устойчивой диэлектрической характеристикой (пластмассы, бакелита, фарфора, эбонита, гетинакса, древеснослоистых пластиков, пропитанной высыхающим маслом древесины 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.

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

В табл. 6 дана классификация защитных средств.

Изолирующие защитные средства должны использоваться в электроустановках не выше того напряжения, на которое они рассчитаны (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 употреблению защитные средства, срок испытания которых (указанный в штампе, поставленном на защитном средстве лабораторией, производившей испытания) истек. Для работы они непригодны.

Т а б л и ц а 6. 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 электроизмерительные клещи, указатели напряжения, изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ: изолирующие лестницы, площадки, тяги, щитовые габаритники, изолирующие штанги для установки габаритников и укрепления зажимов
Дополнительные	Диэлектрические галоши, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки	Диэлектрические перчатки и боты, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки

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

**Хранение и испытание защитных средств.** 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. Указатели напряжения и электроизмерительные клещи хранят в футлярах, а противогазы — в сумках. 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 осмотров и испытаний, замену непригодных средств несут ответственность мастера участков, начальники цехов, служб подстанций, районов электрической сети, а в целом на предприятии — главный инженер.

Ответственность за наличие, правильное хранение, использование и пригодность защитных средств возложена на персонал, обслуживающий электроустановку. Непригодные и неисправные защитные средства он немедленно убирает из электроустановки. Об этом уведомляется руководящий административно-технический персонал, делается запись в журнале.

Находящиеся в эксплуатации основные и дополнительные защитные средства периодически подвергают электрическим испытаниям и осмотрам. Величина испытательного напряжения, до-

пустимая величина тока через испытуемое изделие, длительность, сроки испытаний и осмотров регламентируются «Правилами пользования и испытания защитных средств, применяемых в электроустановках».

**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 *ШИ* (рис. 32) 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, различающихся по конструкции в зависимости от характера проводимых замеров. Внутри бакелитовой трубки последовательно с измерительным прибором может быть включено добавочное сопротивление, позволяющее расширить пределы измерения.

Съемная головка с держателем имеет шарнирное пружинящее соединение 2, при помощи которого можно проводить замеры при наклоне головки относительно оси держателя до  $45^\circ$ .

Изолирующая часть штанги состоит из трех бакелитовых труб, соединенных стальными муфтами 7. Диаметры труб выбраны с таким расчетом, чтобы одна труба могла входить в другую для предохранения изолирующей части от повреждений при транспортировке и хранении. На одной из бакелитовых труб укреплен табличка 8 или поставлен 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.

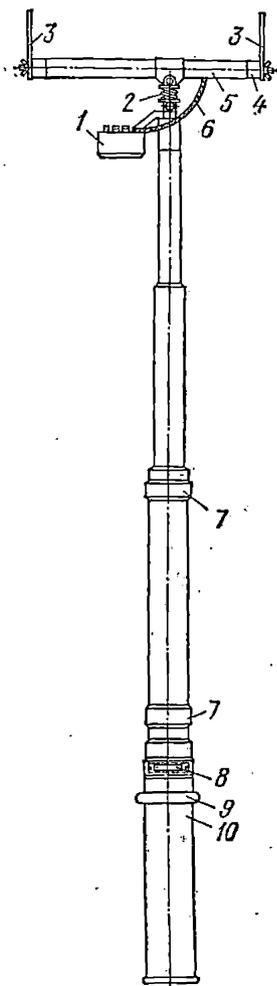


Рис. 32. Универсальная измерительная штанга ШИ:

1 — измерительный прибор, 2 — пружинящее соединение, 3 — сменный щуп, 4 — колпачок, 5 — съемная головка, 6 — провод, 7 — стальная муфта, 8 — табличка, 9 — ограничительное кольцо, 10 — рукоятка

**Изолирующие и токоизмерительные клещи.** Изолирующие клещи (см. рис. 31) предназначены для операций с предохранителями, надевания и снятия изолирующих колпаков и др. Они состоят из трех частей: рабочей части — губок, изолирующей части (от губок до упора) и рукоятки (от упора до конца клещей). Основные части изготавливаются из изоляционного материала. Длина изолирующей части клещей 0,45 м — для напряжения до 10 кВ и 0,75 м — для напряжения 10—35 кВ.

В токоизмерительных клещах, 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 выполняются так же, как и у изолирующих клещей — из изоляционного материала.

Токоизмерительными клещами пользуются в электроустановках напряжением до 10 кВ. Ими можно производить замеры, когда при измерениях исключена возможность электрического пробоя между фазами или на землю. На кабелях напряжением выше 1000 В замеры разрешается производить только при изолированных жилах кабеля и расстоянии между ними более 250 мм.

Измерения производят в диэлектрических перчатках, держа клещи на весу и не нагибаясь к амперметру. Переключение пределов измерений прибора производят, удалив клещи от токоведущих частей.

**Указатели напряжения.** Указатели напряжения выше 1000 В — переносные приборы, действие которых основано на свечении неоновой лампы при протекании через нее емкостного тока. Указатель состоит из трех основных частей: рабочей 5, изолирующей 3 частей и рукоятки 1 (рис. 33). Рабочая часть состоит из бакелитовой трубки, в которую вмонтирована сигнальная неоновая лампа 6, соединенная с металлическим щупом — наконечником 7 и конденсатором 8. На штампе 2 указывают рабочее напряжение указателя и дату следующего испытания. Для сокращения габаритов изолирующая часть отделяется от рабочей части по винтовому разъему 4.

Чтобы проверить, имеется ли напряжение на труднодоступных токоведущих частях в КРУ и КТП напряжением до 35 кВ, используют бесконтактный указатель напряжения УВНБ-35. Он состоит из съемного изолированного металлического стержня, рабочей части указателя, на которой этот стержень закрепляется, и изолирующей штанги. Для зарядки аккумулятора, питающего сигнальную лампу, размещенную в рабочей части, используется специальное зарядное устройство.

Металлический стержень пропускают через сетчатое ограждение токоведущих частей и приближают к ним. Если на токоведущей части есть напряжение, на стержне индуцируется потенциал, зависящий от напряженности электрического поля. При

появлении потенциала достаточной величины сигнальная лампа указателя начинает мигать. Частота миганий увеличивается по мере приближения электрода к токоведущей части.

В электроустановках напряжением до 500 В используют указатели УНН-90, МИН-1, токоискатель ТИ-2 (см. рис. 33), работающие по принципу протекания активного тока через неоновую лампу. Этот ток ограничивается резисторами 9. Лампа, резисто-

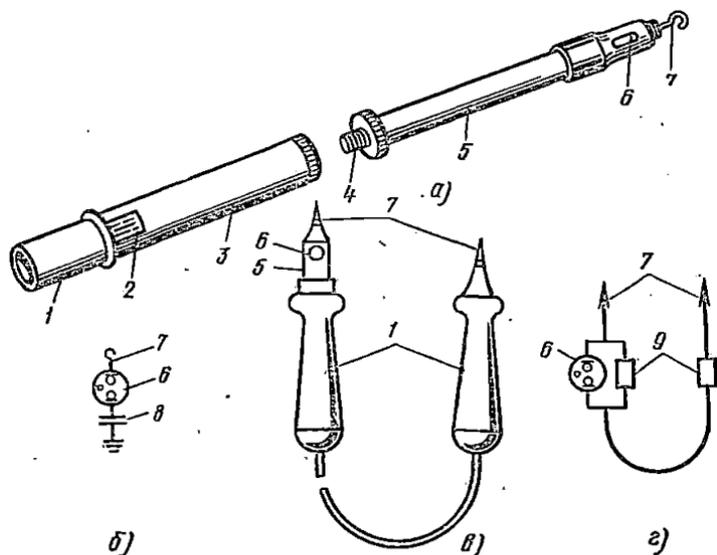


Рис. 33. Устройство и схемы указателя высокого напряжения УНН-80 (а и б) и токоискателя низкого напряжения ТИ-2 (в и г):

1 — рукоятка, 2 — штамп с датой следующего испытания, 3 — изолирующая часть, 4 — винтовой металлический разъем, 5 — рабочая часть, 6 — сигнальная лампа, 7 — металлический шуп (наконечник), 8 — конденсатор, 9 — резистор

ры и щупы 7, которыми касаются токоведущих частей, вмонтированы в рукоятки, выполненные из изоляционного материала. Чтобы проверить, имеется ли напряжение в электроустановках, не разрешается использовать обычные лампы накаливания.

Для фазировки воздушных линий, кабелей и трансформаторов в электроустановках напряжением до 10 кВ применяют обычные указатели напряжения с дополнительной трубкой, состоящей из рабочей и изолирующей частей и рукоятки. В рабочую часть трубки встраиваются токоограничивающие сопротивления, после которых подсоединяется гибкий провод длиной до 1 м с усиленной изоляцией. Этот провод присоединяется к указателю напряжения. Для проверки исправности указателя для фазировки касаются наконечником указателя напряжения находящейся под напряжением токоведущей части, при этом, если есть напряжение, лампа указателя начнет светиться. Затем, не

отнимая указателя напряжения, касаются этой же токоведущей части наконечником дополнительной трубки. Лампа указателя напряжения при этом должна погаснуть, так как разности потенциалов между наконечниками не будет.

**Инструмент с изолированными рукоятками.** Инструмент с изолированными рукоятками как основное средство защиты применяют только в установках напряжением до 1000 В. Рукоятки инструмента должны иметь ограничивающий упор, гладкое без трещин и заусенцев изоляционное покрытие из влагостойкого нехрупкого изоляционного материала по длине не менее 10 см,

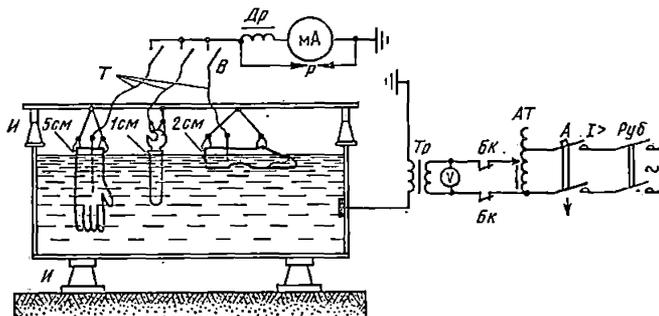


Рис. 34. Принципиальная схема испытания повышенным напряжением защитных средств — перчаток, инструмента с изолированными рукоятками и галаш:

*Руб* — двухполюсный рубильник для включения и отключения установки, *А* — автомат максимального тока для автоматического отключения установки, *АТ* — регулировочный автотрансформатор, *Бк* — блок-контакты двери, ведущей к установке, *В* — вольтметр, *Тр* — повышающий трансформатор, *Р* — разрядник, *мА* — миллиамперметр, *Др* — дроссель, *В* — выключатели, *Т* — токоподводы, *И* — изоляторы

которое должно плотно прилегать к металлическим частям, полностью изолируя от металла руку работающего. После изготовления или ремонта инструмент испытывают напряжением 2,0 кВ в течение 1 мин.

При испытании изолирующие рукоятки погружают в воду так, чтобы изоляционное покрытие выступало над водой на 1 см; от трансформатора подают напряжение на металлическую часть инструмента и в воду (рис. 34). Инструмент считается годным, если изоляционное покрытие выдержало приложенное напряжение.

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

Изолирующая подставка (см. рис. 31) представляет собой настил, укрепленный на опорных изоляторах из фарфора. Вы-

сота изоляторов от пола до нижней поверхности настила должна быть не менее 7 см. Настил размером 50×50 см или более выполняют из деревянных планок с просветом 3 см, без металлических креплений. Подставки испытывают после изготовления напряжением 40 кВ в течение 1 мин и проверяют их механическую прочность нагрузкой 350 кгс/м<sup>2</sup>. В дальнейшем их осматривают один раз в полтора года.

**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 лакировки. Следует иметь в виду, что резина отличается ненадежностью диэлектрических качеств, легко подвергается механическим повреждениям, особенно под влиянием влаги, света, высокой температуры, масел, 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 плотность, скручивая их так, чтобы воздух не мог выходить через отверстие для руки. Из исправной, не имеющей проколов перчатки, воздух не выходит. Перчатки на рабочее напряжение до 1000 В в установках более высокого напряжения применять не разрешается.

При испытании диэлектрические перчатки, боты и галоши заливают водой, а затем погружают в сосуд с водой. Уровень воды изнутри и снаружи должен быть на 5 см ниже верхнего края изделий, а для галош — на 2 см (выступающие края галош должны быть сухими). Напряжение подают от трансформатора через один электрод в воду, вне испытываемого изделия, и на землю, другой электрод опускают внутрь изделия, наполненного водой, и через миллиамперметр соединяют с землей (см. рис. 34). Значения испытательного напряжения, допустимого тока утечки и продолжительность испытания определяются «Правилами пользования и испытания защитных средств».

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

Экранирующие защитные комплекты предохраняют организм человека от воздействия электрического поля. Их применяют в основном при работах в распределительных устройствах и на линиях напряжением выше 500 кВ (см. § 30). Применение разрозненных комплектов или их отдельных частей экранирующего эффекта не дает и поэтому не допускается.

Защитные очки используют при смене предохранителей, при резке кабелей и вскрытии кабельных муфт, во время пайки, сварки, варки, переноски мастики и заливки ею кабельных муфт, при работе с электролитом и обслуживании аккумуляторов, при

проточке и шлифовке колец и коллекторов, при заточке инструмента и т. п. В электроустановках чаще всего применяют очки закрытого типа, без щелей, с оправой, мягкой по краям и плотно прилегающей к лицу, с лентами для крепления на голове, со стеклами специального состава.

Предохранительные пояса служат для предотвращения падения человека при работах на высоте — на конструкциях ОРУ, на опорах или проводах линий электропередачи и т. п. Изго-

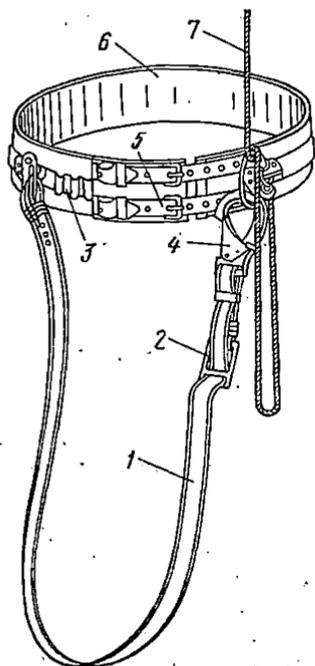


Рис. 35. Монтерский пояс:

- 1 — ремень, 2 — пряжка,
- 3 — гнездо для инструмента,
- 4 — карабин, 5 — ремни
- пояса, 6 — пояс, 7 — страховочный канат

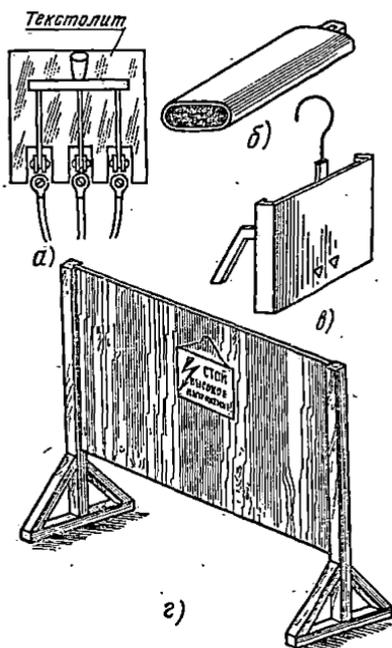


Рис. 36. Временные ограждения:

- а — изолирующая накладка для рубильника из текстолита, гетинакса, б — резиновый колок для надевания на ноги разъединителей, в — подвесная ширма для ограждения изоляторов и проводов, г — переносный щит

товляют их из прочного негигроскопичного и не растягивающегося материала. Затягивают пояс при помощи ремней с пряжками (рис. 35).

Ремень, хлопчатобумажная веревка или капроновый фал, предназначенные для захватывания за опоры или конструкции, соединены с поясом одним концом через полукольцо, а другим — через карабин. Длину ремня можно регулировать. Карабин имеет замок с пружиной и дополнительную защелку для предохранения от самораскрытия. Пояса с цепью могут приме-

няться только при работах вдали от находящихся под напряжением токоведущих частей.

Страховочный канат — дополнительная мера безопасности. Пользоваться им обязательно, когда с помощью ремня или цепи нельзя закрепить за опору.

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 относятся переносные щиты (ширмы), изолирующие накладки и колпаки, ограждения, клетки (рис. 36).

Щиты изготавливают из сухого дерева без металлических креплений сплошными (для ограждения от случайного прикосновения к токоведущим частям) и решетчатыми (для ограждения входа в камеры). Они не должны соприкасаться с токоведущими частями, находящимися под напряжением; расстояния между ними должны выдерживаться согласно правилам техники безопасности.

Изолирующие накладки применяют в электроустановках напряжением до 15 кВ, когда место работ оградить щитами нельзя. Их изготавливают в виде гибких изолирующих матов или жестких пластин такой конструкции, чтобы полностью закрыть токоведущие части, находящиеся под напряжением, и отделить их от отключенных частей.

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

Ограждения и клетка 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 капроновым 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.

Переносное заземление, например ШЗП (рис. 37), состоит из гибких медных проводов 2 для соединения накоротко токоведущих частей всех трех фаз электроустановки, провода 6 для соединения их с заземляющим устройством, зажимов 1 для подключения заземления к оборудованию и струбцины 5 для присоединения заземления к заземляющей шине.

Заземление накладывается с помощью постоянной или съемной штанги, представляющей собой изолирующую часть 3, рукоятка которой ограничивается кольцом 4. Провода делаются

гибкими из медных жил. Сечение их выбирают по термической устойчивости при коротком замыкании; оно должно быть не менее  $25 \text{ мм}^2$  в электроустановках напряжением выше  $1000 \text{ В}$  и не менее  $16 \text{ мм}^2$  — в установках  $1000 \text{ В}$  и ниже. Перед наложением и после каждого воздействия тока короткого замыкания заземление осматривают.

Заземление накладывают в определенной последовательности: проверяют указатель напряжения, с помощью которого

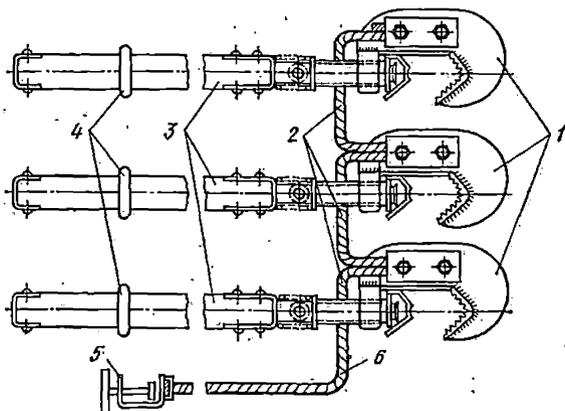


Рис. 37. Переносное заземление со штангами ШЗП:

1 — зажим; накладываемый на провод, 2 — гибкие медные провода, 3 — изолирующая часть штанги, 4 — ограничительное кольцо, 5 — струбина, 6 — заземляющий провод

будут убеждаться в отсутствии напряжения на заземляемой части электроустановки; присоединяют к заземлителю заземляющий провод; проверяют отсутствие напряжения; заземляющей штангой накладывают зажим заземления на токоведущую часть и закрепляют его. Снимают заземление в обратном порядке. Все операции выполняют в диэлектрических перчатках.

Применять для заземления случайные проводники и соединять заземляющие провода путем скрутки не разрешается.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для какой цели применяют разделяющие и понижающие трансформаторы?

2. Как выполняются ограждения токоведущих частей?

3. Между какими частями оборудования и конструкций распределительных устройств нормируют наименьшие расстояния для электробезопасности?

4. В каких случаях используют предупреждающие, запрещающие, разрешающие и напоминающие плакаты?

5. Для какой цели используют блокировки? Как устроены механическая и электромагнитная блокировки?

6. Назовите основные и дополнительные электротехнические средства в электроустановках до и выше  $1000 \text{ В}$ . Из каких основных частей они состоят? При каких работах следует ими пользоваться?

### Глава III

## ЗАЩИТНЫЕ ЗАЗЕМЛЕНИЯ И ОТКЛЮЧЕНИЯ

### § 14. ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Однофазные замыкания тока, которые могут возникнуть в электрических машинах, аппаратах, приборах, на линиях электропередачи, опасны тем, что на корпусах и опорах появляются напряжения, достаточные для поражения человека. Ток замыкания создает опасные напряжения не только на самом оборудовании, но и возле него, растекаясь с оснований и фундаментов. Замыкания опасны и как вероятная причина пожара.

Защиту от поражения электрическим током и возгораний можно осуществить одним из следующих способов: отключить поврежденный участок сети; снизить до безопасной величины напряжения, появляющиеся на оболочках оборудования и вблизи него; выполнить то и другое одновременно.

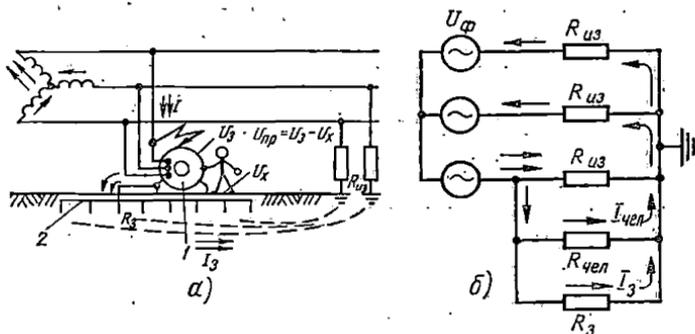


Рис. 38. Схема работы защитного заземления:

а — общая схема, б — схема замещения; 1 — корпус, 2 — заземлитель

В сетях с изолированной нейтралью ток однофазного замыкания недостаточен для надежного отключения аварийного участка. Поэтому применяют защитное заземление, которое работает на принципе снижения напряжений. Оно осуществляется (рис. 38, а) путем соединения с заземлителем 2 металлических частей корпуса 1 оборудования, нормально не находящихся под напряжением. Используется свойство заземленного оборудования принимать напряжение  $U_3$ , равное произведению тока однофазного замыкания  $I_3$ , стекающего с заземлителя, на его сопротивление  $R_3$ .

$$U_3 = I_3 R_3. \quad (9)$$

*Защитное заземление* — это вид защиты от поражения током при однофазных замыканиях путем снижения до безопасной

величины напряжений, появляющихся на конструктивных частях оборудования и возле него, — между корпусом и землей (полом), на поверхности земли (пола).

Сравним напряжения, появляющиеся на корпусах незаземленного и заземленного оборудования при токе однофазного замыкания, равном 1 А. Допустим, сопротивление в месте случайного соединения корпуса с землей составляет 100 Ом. При замыкании на нем появится напряжение, равное 100 В ( $1 \text{ А} \times 100 \text{ Ом}$ ). Опасное напряжение может длительно оставаться незамеченным и неотключенным. Соединив корпус с заземлителем, имеющим сопротивление, например, 4 Ом, можно снизить это напряжение до 6 В ( $1,5 \text{ А} \times 4 \text{ Ом}$ ), что уже безопасно.

Из схемы замещения цепи однофазного тока замыкания (рис. 38, б) следует, что сопротивления тела человека и заземлителя параллельны. Поэтому ток  $I_{\text{чел}}$ , проходящий через тело человека, тем меньше, чем меньше сопротивление заземлителя

$$I_{\text{чел}} = I_z R_z / R_{\text{чел}} \quad (10)$$

Защитное заземление применяется в трехфазных электроустановках напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и выше 1000 В при любом режиме нейтрали. Заземление при напряжении 500 В и выше обязательно во всех случаях; при напряжении выше 36 В переменного и 110 В постоянного тока — только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках; независимо от величины напряжения — во взрывоопасных помещениях.

Заземляют металлические конструктивные части электрических машин, трансформаторов, аппаратов, приборов, светильников, закладных частей электрогирлянд на зданиях и т. п.; приводы, вторичные обмотки измерительных трансформаторов, картеры распределительных щитов и др.

Заземляемое оборудование цеха присоединяется к магистрали заземления, проложенной вдоль стен внутри здания, которая, в свою очередь, подсоединяется к заземлителю с помощью заземляющих проводников. Заземлитель 2 состоит из множества электродов, находящихся в земле и имеющих с нею плотный непосредственный контакт (см. рис. 38, а). Совокупность заземлителя и заземляющих проводников называется *заземляющим устройством* \*.

#### § 15. НОРМИРОВАНИЕ ЗАЗЕМЛЕНИЙ

В электроустановках напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью заземляющие устройства должны иметь сопротивление не более  $R_0 \leq 4 \text{ Ом}$ .

\* Заземляющее устройство сооружают общим для рабочего заземления (см. § 3), защитного (для безопасности людей) и грозозащитного (для отвода токов молнии).

При источниках питания малой мощности (100 кВ·А и менее) допускается сопротивление не более 10 Ом. Ток однофазного замыкания на землю в сети напряжением до 1000 В обычно не превышает 10 А. Следовательно, напряжение на корпусах заземленного оборудования при замыканиях составит не более  $U_3 = 10 \cdot 4 = 40$  В.

В электроустановках напряжением выше 1000 В с изолированной нейтралью с малыми токами замыкания на землю нормируется напряжение на заземлителе: не более 250 В, если заземляющее устройство используется только в электроустановках напряжением выше 1000 В, и не более 125 В, если заземляющее устройство используется в электроустановках напряжением до 1000 и выше 1000 В одновременно. Сопротивление заземляющего устройства не должно превышать:  $R_3 \leq 250/I_3$ , но не более 10 Ом в первом случае;  $R_3 \leq 125/I_3$ , но не более 4 Ом во втором случае; при малой мощности источников питания (100 кВ·А и менее) допускается 10 Ом.

В электроустановках с глухозаземленной нейтралью с большими (более 500 А) токами замыкания на землю, к которым относятся распределительные устройства и сети напряжением 110 кВ и более, сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 0,5 Ом. При токах замыкания в несколько тысяч ампер эта величина сопротивления необходима главным образом для надежного автоматического отключения места замыкания релейной защитой за доли секунды. Пока не отключится поврежденный участок, на всем заземленном оборудовании будет существовать опасное напряжение. Для уменьшения опасности принимают меры для снижения напряжений прикосновения и шага (см. далее § 17).

## § 16. ИСКУССТВЕННЫЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ ЗАЗЕМЛИТЕЛИ

**Характеристики заземлителя.** Основными характеристиками заземлителя являются его потенциал (напряжение)  $U_3$ , сопротивление  $R_3$  и кривая распределения потенциала на поверхности земли вблизи заземлителя  $\varphi_x = f(x)$ . Рассмотрим эти характеристики. Допустим, ток стекает в землю с четырех вертикальных электродов 2, находящихся в земле и соединенных между собой и с опорой 1 линии электропередачи (рис. 39).

При растекании тока в земле создается электрическое поле, а на поверхности образуется зона *растекания тока*, т. е. участок земли, в пределах которого наблюдаются заметные потенциалы, создаваемые растекающимся током.

Линии 3 тока в земле направлены перпендикулярно электродам. Для упрощения заменим действительный заземлитель равнозначным в виде полусферы радиусом  $r$  (рис. 40). Допустим, второй электрод имеет форму концентрической полусферы и удален на большое расстояние. Тогда линии тока, стекающего с полусферы, будут направлены по радиусам. Эквипотенциальные

поверхности (т. е. поверхности равного потенциала) перпендикулярны к линиям тока и образуют concentрические полусферы.

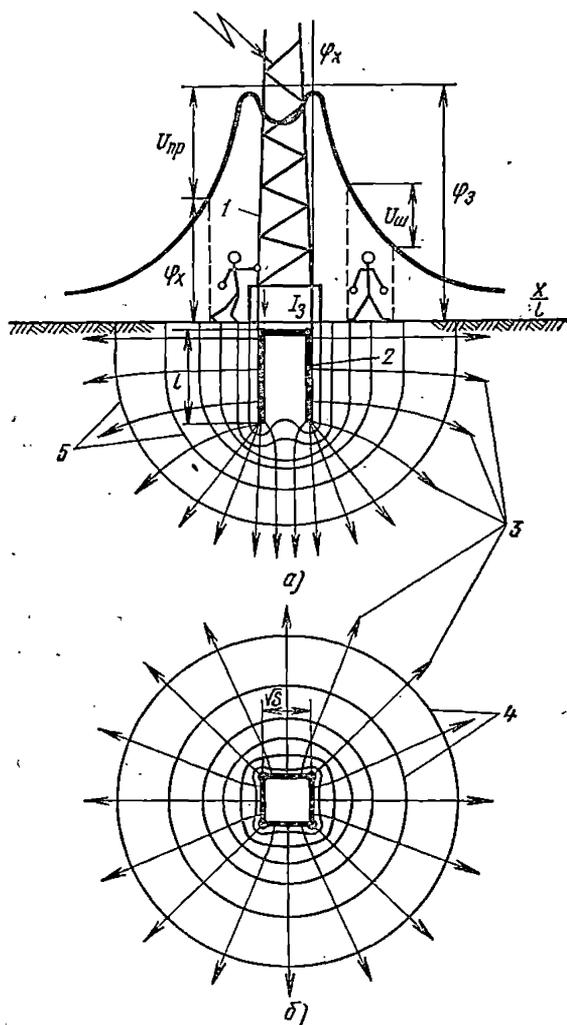


Рис. 39. Кривая распределения потенциала в зоне растекания тока замыкания на землю:

*a* — общий вид, *б* — вид сверху; 1 — опора линии электропередачи, 2 — вертикальные электроды, 3 — направление линий растекания тока, 4 — линии равного потенциала на поверхности земли (эквипотенциальные линии), 5 — линии равного потенциала в земле

Величина потенциалов поверхности земли  $\varphi_x$  определяется по формуле

$$\varphi_x = \frac{I_3 \rho}{2\pi (r+x)}, \quad (11)$$

где  $I_3$  — ток, стекающий с заземлителя, А;  $\rho$  — удельное электрическое сопротивление земли (между гранями куба со стороной в 1 м;  $\rho = R_s/l$  Ом·м<sup>2</sup>/м или Ом·м);  $r$  — радиус полусфериче-

ского заземлителя,  $m$ ;  $x$  — расстояние от края заземлителя до рассматриваемой точки,  $m$ .

*Кривой распределения потенциала* (см. рис. 40) называется графическая зависимость потенциала от расстояния. При  $x \rightarrow \infty$  потенциал  $\varphi_x \rightarrow 0$ . Теоретически зона земли, в которой отсутствует потенциал, находится в бесконечности. Практически зоной нулевого потенциала называется участок земли, где потенциал на поверхности земли становится малозаметным, т. е. находится за пределами зоны растекания.

*Напряжением заземлителя* называется разность между потенциалами заземлителя  $\varphi_3$  и зоной нулевого потенциала, где  $\varphi_x = 0$ . Из формулы (12) следует, что потенциал заземлителя  $\varphi_3 = \varphi_x$  при  $x = 0$ . Отсюда напряжение заземлителя

$$U_3 = \varphi_3 - 0 = \frac{I_3 \rho}{2\pi r}. \quad (12)$$

Напряжение заземлителя соответствует падению напряжения на сопротивление участка земли между заземлителем и зоной нулевого потенциала.

Вблизи заземлителя кривая распределения потенциала имеет крутой спад.

На расстоянии, равном одному диаметру полусферы, происходит основное падение потенциала ( $\approx 68\%$ ); на расстоянии 7—8 диаметров потенциал уже малозаметен.

Сопротивление, которое оказывает току земля, окружающая электрод, называется *сопротивлением растеканию тока* или просто *сопротивлением заземлителя*. Его определяют по закону Ома как отношение напряжения заземлителя  $U_3$  к току  $I_3$ , стекающему с него в землю,

$$R = \frac{U_3}{I_3} = \frac{I_3 \rho}{2\pi r I_3} = \frac{\rho}{2\pi r}. \quad (13)$$

Сопротивление заземлителей прямо пропорционально удельному сопротивлению земли и обратно пропорционально их геометрическим размерам. Его не следует смешивать с сопротивлением заземлителя как проводника, которое очень мало по сравнению с сопротивлением растеканию, т. е. по сравнению с сопротивлением массы земли, окружающей заземлитель.

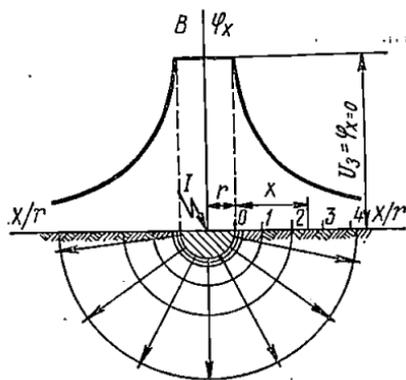


Рис. 40. Картина растекания тока в земле с полусферического заземлителя и кривая распределения потенциала на поверхности земли

**Искусственные заземлители.** В качестве заземлителей используют вертикальные электроды — отрезки труб, стальные стержни диаметром 12—20 мм, которые ввертывают или забивают вертикально в землю, и горизонтальные проводники — стальные полосы сечением 4×40 мм и стержни, укладываемые горизонтально в траншеи на глубину  $t=0,5—0,8$  м от поверхности земли. Сопротивление простейших одиночных заземлителей вычисляется по формулам:

для вертикального электрода длиной  $l$  и диаметром  $d$

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}; \quad (14)$$

для горизонтального проводника длиной  $L$  и диаметром  $d$ , уложенного на глубине  $t$  от поверхности земли,

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{L^2}{dt}. \quad (15)$$

В уравнениях (15) и (16)  $\rho$  — удельное сопротивление однородной земли, Ом·м;  $\ln$  — знак натурального логарифма; число  $\pi=3,14$ .

На практике в большинстве случаев используют не одиночные, а сложные заземлители, состоящие из полосы или сетки, расположенной на глубине 0,5—0,8 м от поверхности земли, с приваренными к ней вертикальными электродами. С помощью сложного заземлителя удается достичь требуемого нормами малого сопротивления заземлителя.

На рис. 41, а показана конструкция заземлителей открытого и закрытого распределительных устройств в виде сетки 2 или контура 3 с приваренными к ним вертикальными электродами 1, образующими общую большую конструкцию с размерами по горизонтали в десятки и даже сотни метров.

Когда заземлитель выполнен в виде контура или сетки с вертикальными электродами, электрическое поле в основном зависит от контурного объема всего заземлителя  $S \cdot (l+t)$ , где  $S$  — площадь, занимаемая заземлителем,  $(l+t)$  — глубина расположения нижних обрезов вертикальных электродов (см. рис. 39 и 41, а). Для вычисления сопротивления растеканию рассматриваемый заземлитель заменяют моделью в виде сплюснутого полуэллипсоида вращения, который вписывается в геометрические размеры заземлителя, а своим основанием опирается на поверхность земли (рис. 41, б). Сопротивление растеканию полуэллипсоида вращения вычисляется по формуле

$$R \approx \frac{0,42\rho}{\sqrt{S+l+t}}. \quad (16)$$

Заземляющие сетки и контуры с вертикальными электродами имеют решетчатую конструкцию, поэтому в формулу (17) добавляется второй член, учитывающий увеличение сопротивления

из-за этой решетчатости

$$R = \frac{0,42\rho}{\sqrt{S} + l + t} + \frac{\rho}{L + nl}, \quad (17)$$

где  $L$  — общая протяженность горизонтальных полос;  $n, l$  — число и длина вертикальных электродов.

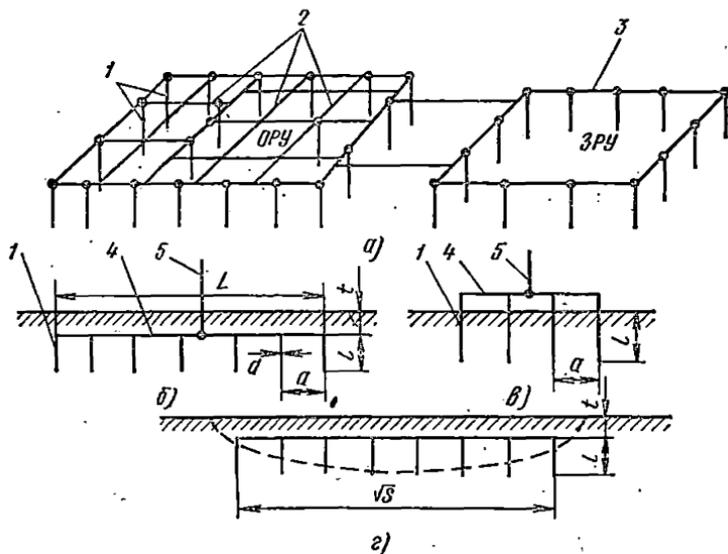


Рис. 41. Виды землепитателей:

$a$  — открытого ОРУ и закрытого ЗРУ распределительных устройств,  $b$  — промышленного предприятия (цеха),  $в$  — передвижной электростанции,  $г$  — схема замещения контура (сетки) с вертикальными электродами сплюснутым полуэллипсом вращения; 1 — вертикальные электроды; 2 — сетка, 3 — контур, 4 — полоса (провод), 5 — заземляющий проводник

По формуле (17) рассчитывают заземляющие сетки с вертикальными электродами и без них ( $l=0, n=0$ ), а также контуры с вертикальными электродами ( $L=P$ , где  $P$  — периметр землепитателя).

На рис. 42 приведены кривые  $R=f(\sqrt{S})$  при длине вертикальных электродов 3—5—10 м, расстояний между ними  $a=l$ , ширине ячейки сетки 5 м на малых площадях и 10 м — на больших;  $\rho=100$  Ом·м. Из кривых следует, что применение коротких электродов особенно при наличии заземляющих сеток большой площади неэффективно, так как не достигается заметного снижения сопротивления. Вертикальные электроды следует выбирать такой длины, чтобы они существенно увеличивали объем электрического поля растекания тока и, кроме того, проникали в нижние хорошо проводящие слои земли, например с грунтовыми водами. Рекомендуются электроды длиной не менее 5 м.

Расстояние между электродами следует принимать  $a = (1 \div 2)l$ . Лишь при относительно длинных электродах можно его уменьшить до  $a = 0,5l$ . Слишком частое размещение электродов неэкономно, требует больших затрат труда и металла, а сопротивление практически не изменится, так как оно при  $a = (1 \div 2)l$

близко к минимально возможному на данной площади (кривая 4, рис. 42).

На промышленных предприятиях применяют заземлители, состоящие из полосы с приваренными к ней вертикальными электродами (см. рис. 41, б). Сопротивление такого заземлителя рассчитывается по формуле

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} k_B \ln \frac{L^2}{dt}. \quad (18)$$

Коэффициент  $k_B$  характеризует уменьшение сопротивления полосы при добавлении вертикальных электродов (табл. 7).

Для заземления передвижных электроустановок используют несколько вертикальных электродов, объединенных медным проводом вне земли (см. рис. 41, в), т. е. без полосы связи в земле.

Длина этих электродов обычно не более 3 м, размещение — в ряд или по контуру. При параллельной работе нескольких вертикальных электродов без полосы связи в земле (например, заземлители передвижных электроустановок) общая проводи-

Таблица 7. Коэффициент  $k_B$  влияния вертикальных электродов на сопротивление полосы

Отношение расстояния между электродами к их длине $a/l$	Коэффициент $k_B$ с учетом отношения длины вертикальных электродов к длине горизонтальной полосы $l/L$					
	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1,0
0,5	0,78	0,66	0,56	0,47	0,34	0,25
1	0,81	0,70	0,61	0,53	0,42	0,35
2	0,84	0,75	0,69	0,61	0,51	—
4	0,89	0,81	0,75	0,69	—	—

мость заземлителя  $1/R_3$  будет равна сумме проводимостей одиночных электродов  $1/R_{в.э}$ , умноженной на коэффициент использования

$$\frac{1}{R_3} = \frac{n}{R_{в.э}} \eta; \quad (19)$$

отсюда

$$R_3 = \frac{R_{в.э}}{n\eta}, \quad (20)$$

где  $R_{в.э}$  — сопротивление одного вертикального электрода, вычисляемое по формуле (15);  $n$  — число вертикальных электродов;  $\eta$  — коэффициент использования (табл. 8).

Таблица 8. Коэффициенты использования вертикальных электродов без полосы связи в земле

Число электродов $n$	Отношение расстояния между электродами к длине одного из них $a/l$	Размещение вертикальных электродов			
		в ряд		по контуру	
		Отношение длины электрода к его диаметру $l/d$			
		50	200	50	200
2 в ряд или 3 по контуру	0,5	0,80	0,84	0,66	0,71
	1	0,85	0,89	0,76	0,80
	2	0,91	0,94	0,83	0,87
	3	0,95	0,98	0,88	0,92
4	0,5	0,64	0,72	0,59	0,66
	1	0,74	0,80	0,70	0,75
	2	0,84	0,88	0,79	0,83
	3	0,90	0,94	0,85	0,88
6	0,5	0,56	0,64	0,51	0,58
	1	0,68	0,72	0,63	0,68
	2	0,80	0,84	0,74	0,78
	3	0,86	0,90	0,81	0,85
10	0,5	0,47	0,55	0,43	0,51
	1	0,60	0,68	0,56	0,62
	2	0,74	0,79	0,69	0,74
	3	0,83	0,88	0,77	0,81
20	0,5	0,34	0,40	0,34	0,43
	1	0,50	0,57	0,48	0,55
	2	0,67	0,72	0,64	0,70
	3	0,76	0,82	0,71	0,76

Коэффициент использования характеризует степень уменьшения суммарной проводимости вертикальных электродов вследствие их взаимного экранирования, так как они работают в общем электрическом поле, создающем сопротивление для свободного растекания тока с каждого из электродов. Из таблицы видно, что коэффициент использования зависит от числа

электродов и относительных размеров каждого из них  $\eta = f\left(\frac{l}{a}, n\right)$ , он всегда меньше единицы.

Удельное сопротивление земли измеряется на месте сооружения заземлителя, но ориентировочные расчеты можно производить по приближенным значениям для: суглинка — 80—150 Ом·м, супеска — 150—400 Ом·м, песка 400—1000 Ом·м.

Сопротивление заземлителя и потенциалы на поверхности земли существенно изменяются в неоднородном грунте. На рис.

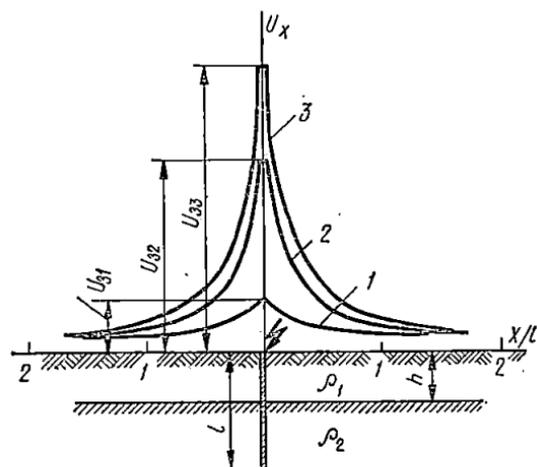


Рис. 43. Кривые распределения потенциала на поверхности земли при растекании тока с вертикального электрода в двухслойной земле

43 показан вертикальный электрод длиной  $l$ , работающий в двухслойном грунте:  $\rho_1$  и  $\rho_2$  — удельные сопротивления верхнего и нижнего слоев,  $h$  — толщина верхнего слоя, нижний слой не ограничен.

Когда верхний слой более проводящий, чем нижний (например, при увлажнении его осадками весной или осенью  $\rho_1 : \rho_2 = 10 : 100$ ), кривая 1 распределения потенциала более пологая, чем в однородном грунте с  $\rho = 100$  Ом·м (кривая 2). На-

оборот, когда верхний слой плохо проводит ток (например, при высыхании летом или промерзании зимой  $\rho_1 : \rho_2 = 1000 : 100$ ), спад потенциала становится более крутым (кривая 3). Величина напряжения заземлителя  $U_{a1}$  (и, следовательно, сопротивления растеканию) значительно меньше при  $\rho_1 < \rho_2$  или больше ( $U_{a3}$ ) при  $\rho_1 > \rho_2$ , чем в однородном грунте ( $U_{a2}$ ) с удельным сопротивлением  $\rho_1 = \rho_2$ .

Влияние неоднородности земли принято учитывать с помощью ее эквивалентного удельного сопротивления  $\rho_{\text{экв}}$ , т. е. такого удельного сопротивления однородной земли, при котором сопротивление рассматриваемого заземлителя имеет ту же величину, что и в реальной многослойной земле.

В расчетные формулы вместо  $\rho$  однородной земли подставляют эквивалентное удельное сопротивление  $\rho_{\text{экв}}$ , которое находят из таблиц.

**Естественные заземлители.** В качестве естественных заземлителей используют находящиеся в земле трубопроводы (за исключением трубопроводов горючих жидкостей или газов), ме-

таллические конструкции и арматуру железобетонных конструкций, обсадные трубы, металлические шпунты гидросооружений, свинцовые оболочки кабелей.

Сопротивление заземления разветвленных водопроводов, обсадных труб (артезианских колодцев, скважин, шурфов и т. п.) не превышает 1 Ом, свинцовых оболочек кабелей — 1,25—1,50 Ом (для двух кабелей), 0,5—0,75 Ом (для пяти кабелей).

**Расчет заземлителей по допустимому сопротивлению растекания.** С учетом естественных заземлителей общая проводимость заземляющего устройства должна быть не менее допустимой по нормам

$$\frac{1}{R_{\text{доп}}} = \frac{1}{R_e} + \frac{1}{R_{\text{и. доп}}}.$$

Отсюда допустимое сопротивление искусственной части заземлителя

$$R_{\text{и. доп}} = \frac{R_e R_{\text{доп}}}{R_e - R_{\text{доп}}}, \quad (21)$$

где  $R_{\text{доп}}$  — допустимое сопротивление всего заземляющего устройства по нормам;  $R_e$  — сопротивление естественных заземлителей.

Расчет заземляющего устройства заключается в подборе такой конструкции искусственного заземлителя, при которой выполнялись бы нормы на допустимое сопротивление при наименьших затратах на его сооружение. Порядок расчета следующий: выбирается конструкция сетки, длина и число вертикальных электродов и вычисляется сопротивление  $R_{\text{расч}}$  по одной из формул (18) — (20). Это сопротивление должно быть не более допустимого

$$R_{\text{расч}} \leq R_{\text{и. доп}}. \quad (22)$$

**Заземлители электроустановок в районах с большими удельными сопротивлениями земли.** Если на территории электроустановки удельное сопротивление земли  $\rho > 200$  Ом·м, то согласно ПУЭ следует сооружать углубленные заземлители, отводящие ток в нижние, более проводящие слои земли; обрабатывать землю солью с целью увеличения проводимости земли; устраивать выносные заземлители, если вблизи есть места с хорошо проводящей землей или водосмы (*выносным* называется заземлитель, помещаемый в хорошо проводящий грунт, или водоем, находящийся не более чем в 1—2 км от объекта).

В районах вечной мерзлоты заземлители помещают в непромерзаемые водоемы, в талые зоны (например, под крупными зданиями).

**Контроль заземляющих устройств.** Каждое заземляющее устройство имеет паспорт, в котором указана его схема, основные расчетные данные, сведения о его ремонте и о замерах сопротивления: после монтажа, в первый год после включения в работу и затем не реже 1 раза в 6 лет в энергосистемах, 1 раза

в 3 года на подстанциях потребителей и ежегодно в цеховых электроустановках. Одновременно с измерением сопротивления проверяют целостность внешних заземляющих проводников, надежность присоединений естественных заземлителей, вскрывают (выборочно) грунт для осмотра электродов: не изъедены ли они коррозией и блуждающими токами.

Существует ряд способов измерения сопротивления заземлителя. На рис. 44, а показана трехэлектродная схема измерения

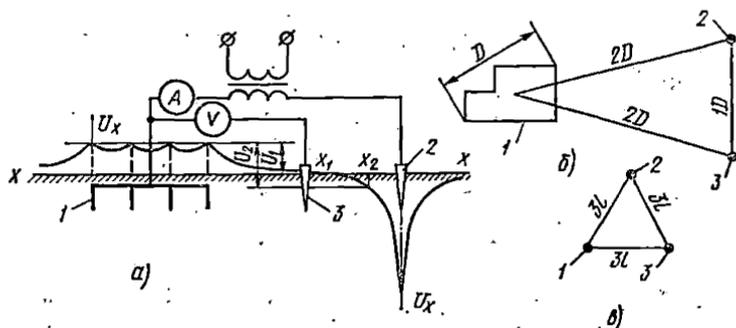


Рис. 44. Схемы измерения сопротивления заземляющих устройств методом амперметра — вольтметра (а) и размещения токового и потенциального зондов относительно сложного заземлителя с наибольшим размером  $D$  по горизонтали (б), или одиночного электрода (в) длиной  $l$ :

1 — исследуемый заземлитель, 2 — вспомогательный токовый заземлитель, 3 — вспомогательный потенциальный зонд

методом амперметра — вольтметра. На заземлитель 1 подается ток  $I_3$  около 10 А, который образует цепь через вспомогательный токовый заземлитель 2. Измеряют падение напряжения  $U_{изм}$  между заземлителем и зоной нулевого потенциала. Для этого включают вольтметр между заземлителем и вспомогательным потенциальным зондом 3.

Сопротивление заземлителя, согласно закону Ома,

$$R = U_{изм} / I_3$$

В качестве токового и потенциального заземлителей используют специальные штыри с заостренным концом длиной 0,7—0,8 м,  $\varnothing$  2 см. Их забивают во влажный или подсолонный грунт (для уменьшения сопротивления).

Правильность замеров зависит от выбора места установки потенциального зонда. Одиночный токовый штырь имеет сопротивление и потенциал, во много раз большие, чем исследуемый заземлитель, выполненный из большого числа электродов. Если потенциальный зонд 3 ошибочно поместить не в зону с нулевым потенциалом (точка  $x_1$  на рис. 44, а), а в точку  $x_2$ , то вольтметр измерит напряжение  $U_2$ , значительно превышающее напряжение  $U_1$  исследуемого заземлителя. Погрешность в сторону увеличения сопротивления заземлителя может достигать

сотен процентов. Чтобы избежать погрешности, рекомендуется применять схемы размещения электродов, изображенные на рис. 44, б и в. Электроды размещают по одно- либо двухлучевой схеме. Расстояния от исследуемого заземлителя  $Z$  до потенциального зонда  $P$  и токового  $T$  принимаются в зависимости от наибольшего линейного размера  $D$  по диагонали заземлителя. В случае замера сопротивления одиночного вертикального электрода эти расстояния указаны на рис. 44, в.

Для измерения сопротивления заземлителей используют специальные приборы МС-07, МС-08 завода «Энергоприбор» с пределами измерений 0—10, 0—100, 0—1000 Ом.

### § 17. НАПРЯЖЕНИЯ ПРИКОСНОВЕНИЯ И ШАГА

**Напряжение прикосновения.** При замыкании тока на землю или на корпус нормально изолированные части окажутся под напряжением. Прикоснувшийся к ним работник попадет под напряжение прикосновения. Оно будет равно разности между полным напряжением  $U_s$  на корпусе, к которому прикасается человек рукой, и потенциалом  $\varphi_x$  поверхности земли

$$U_{\text{пр}} = U_s - \varphi_x. \quad (23)$$

На рис. 39 было показано, как человек, прикоснувшийся к опоре, на которую произошло замыкание, попал под напряжение прикосновения  $U_{\text{пр}}$ .

Пользуясь формулами (12) и (13), можно определить напряжение прикосновения в зоне растекания тока с полусферического заземлителя радиусом  $r$ .

$$U_{\text{пр}} = \frac{I_{30}}{2\pi r} - \frac{I_{30}}{2\pi (r+x)}, \quad (24)$$

где  $x$  — расстояние от края заземлителя до местонахождения человека.

Из формулы (24) следует, что напряжение прикосновения будет минимальным, когда человек находится в непосредственной близости от заземленного оборудования ( $x \rightarrow 0$ ). Если он стоит на заземленной части и рукой касается другого участка заземленного оборудования ( $x=0$ ), напряжение прикосновения будет отсутствовать. В неблагоприятном же случае, когда человек стоит в зоне нулевого потенциала ( $x \rightarrow \infty$ ,  $\varphi_x = 0$ ) и касается заземленного оборудования, напряжение прикосновения окажется максимальным, равным полному потенциалу заземлителя. Это возможно в случае появления напряжения на заземленных металлических конструкциях или на телефонных проводах на дальнем расстоянии от заземлителя.

Напряжение прикосновения, приложенное собственно к телу человека, несколько меньше величины  $U_{\text{пр}}$ , так как падение напряжения происходит не только на сопротивлении тела человека, но и на тех сопротивлениях, которые находятся с ним в послед-

довательном соединении, — контактным сопротивлению руки, сопротивлению обуви, грунта непосредственно под каждой ногой. Пренебрегая контактным сопротивлением руки и сопротивлением обуви, ток, проходящий через тело человека, можно найти по формуле

$$I_{\text{чел}} = \frac{U_{\text{пр}}}{R_c + R_{\text{чел}}} = \frac{U_{\text{пр}}}{2\rho_s + R_{\text{чел}}}, \quad (25)$$

где  $R_c$  — сопротивление растеканию тока в земле в месте опоры ступней обеих ног при их параллельном включении в цепь тока. Оно зависит от удельного сопротивления поверхности земли  $\rho_s$  (Ом·м), эквивалентного диаметра  $d_{\text{экр}}$  ступни и примерно равно  $(\rho_s/2d_{\text{экр}})/2 = 1,5 \div 2\rho_s$  Ом, где  $d_{\text{экр}} = 0,16$  м.

Сопротивление прикосновения увеличится, а ток, проходящий через тело человека, соответственно уменьшится, если работник наденет диэлектрические перчатки, галоши или боты.

**Напряжение шага.** Если человек окажется в зоне растекания тока и будет стоять на поверхности земли, имеющей разные потенциалы в местах, где расположены ступни ног, то на длине шага возникнет напряжение шага, соответствующее разности этих потенциалов (см. рис. 39):

$$U_{\text{ш}} = \varphi_x - \varphi_{x+s},$$

где  $s = 1 - 0,8$  м — длина шага. Так, если человек стоит в зоне растекания тока с полусферического заземлителя, то он окажется под напряжением шага

$$U_{\text{ш}} = \frac{I_3 \rho}{2\pi(r+x)} - \frac{I_3 \rho}{2\pi(r+x+s)}. \quad (26)$$

Из формулы (26) следует, что напряжение шага будет отсутствовать, когда человек стоит в зоне малых (близких к нулевому) потенциалов, на линии равного потенциала или на одной ноге ( $s = 0$ ). При этом выходить из зоны растекания тока рекомендуется, перемещаясь прыжками на одной ноге и располагая ступню вдоль линии равного потенциала.

Максимальным напряжение шага будет в том случае, когда человек одной ногой стоит на заземленной части, а другой на земле ( $x = s$ ).

Через тело человека, попавшего под напряжение шага, проходит ток

$$I_{\text{чел}} = \frac{U_{\text{ш}}}{R_{c-c} + R_{\text{чел}}} = \frac{U_{\text{ш}}}{6\rho_s + R_{\text{чел}}}, \quad (27)$$

где  $R_{c-c}$  — сопротивление растеканию тока в земле в месте опоры ступней ног при их последовательном включении в цепь тока. Оно равно  $(\rho_s/2d_{\text{экр}})2 = 6\rho_s$  Ом, где  $d_{\text{экр}} = 0,16$  м — эквивалентный диаметр одной ступни.

Из формулы (27) следует, что ток, проходящий через тело человека, можно понизить, увеличивая удельное сопротивление

поверхностного слоя земли, на котором стоит человек, например с-помощью гравия, имеющего даже в мокром виде большое удельное сопротивление ( $\rho_s = 6000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ).

В формуле (27) сопротивление обуви не учтено, так как в общем случае оно может быть малым (например, при сырой обуви, наличии в подошвах гвоздей и т. п.). Но если работник надел диэлектрические галоши или боты, то сопротивление этих предметов включается последовательно с сопротивлением его тела; при этом ток, проходящий через тело человека, уменьшается.

При обнаружении замыкания на землю до отключения поврежденного участка запрещается приближаться к месту

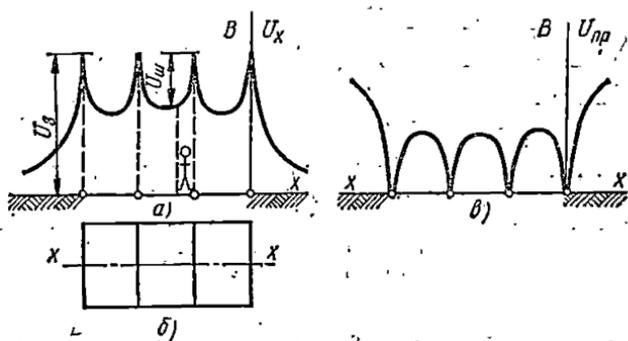


Рис. 45. Распределение напряжений вдоль оси  $xx$  рядовой сетки:

$a$  — кривая потенциалов  $U_x$  на поверхности земли,  $b$  — сетка в плане,  $c$  — кривая напряжений прикосновения  $U_{пр}$ ,  $U_3$  — напряжение сетки,  $U_{ш}$  — напряжение шага

повреждения на расстояние менее 4—5 м в закрытых распределительных устройствах и 8—10 м на открытых подстанциях. Только в крайнем случае для ликвидации аварии или для оказания первой помощи пострадавшему можно приблизиться к месту повреждения на меньшее расстояние. При этом следует использовать защитные средства: боты, галоши, коврики, деревянные лестницы, доски или другие плохо проводящие электрический ток предметы.

**Способы уменьшения напряжений прикосновения и шага.** Физическая картина распределения потенциалов и напряжений прикосновения представлена на рис. 45 в поле рядовой сетки, расположенной на поверхности земли ( $t = 0$ ), а на рис. 46 — в поле частой сетки, уложенной на глубине  $t = 0,5$  м с приваренными к ней вертикальными электродами. Из сравнения следует, что в поле заземлителя, приведенного на рис. 46, кривые распределения потенциала и напряжений прикосновения более пологи, а величины напряжений прикосновения и шага много меньше, чем в поле заземлителя, приведенного на рис. 45. Теоретически напряжение прикосновения может отсутствовать вовсе,

если потенциал поверхности земли, где стоит человек, повысить до потенциала заземленного оборудования ( $\varphi_3 = \varphi_x$ ;  $U_{пр} = \varphi_3 -$

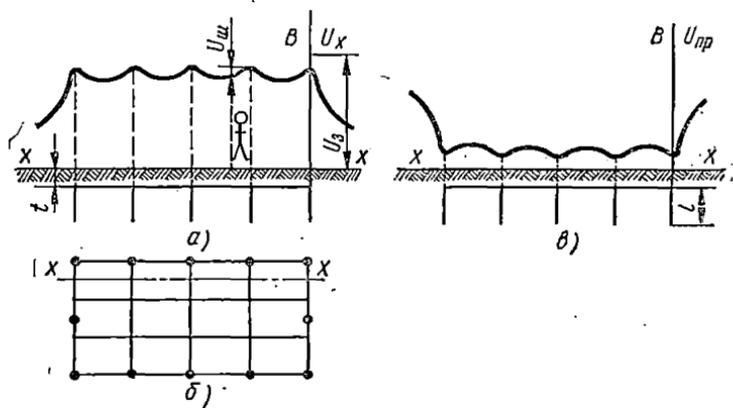


Рис. 46. Распределение напряжений вдоль оси при добавлении к сетке вертикальных электродов:

*a* — кривая потенциалов  $U_x$  на поверхности земли, *б* — сетка в плане, *в* — кривая напряжений прикосновения  $U_{пр}$ . Условные обозначения те же, что на рис. 45

—  $\varphi_x = 0$ ; на рис. 47 кривая 2 при  $b \rightarrow 0$ ) с помощью частой сетки и длинных вертикальных электродов.

**Расчет заземлителей по допустимому напряжению прикосновения.** В ряде случаев (например, при плохо проводящих грунтах, ограниченной площади заземлителя) невозможно выполнить заземлитель, удовлетворяющий нормам на сопротивление растеканию, даже если соорудить очень частую сетку: минимальное сопротивление растеканию на заданной площади все-таки будет превышать допустимое (кривая 1, рис. 47).

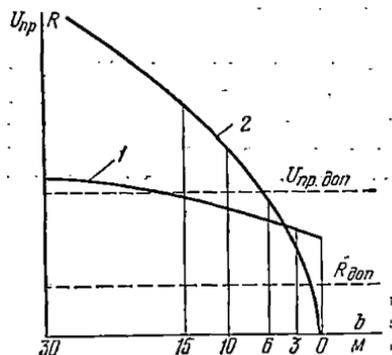


Рис. 47. Кривые зависимости сопротивления заземляющей сетки с вертикальными электродами (1) и напряжений прикосновения (2) от ширины ячейки сетки  $b$

В этих случаях выбирается оптимальный вариант заземлителя, т. е. самый дешевый и удовлетворяющий норме на допустимое напряжение прикосновения (для рассматриваемого на рис. 47 случая оптимальным является заземлитель с шириной ячейки  $b = 6$  м). Так, если заземлители

имеют небольшую площадь ( $\sqrt{S} \leq 40$  м), то ширина ячеек принимается не более 5–6 м, а в местах обслуживания — 2–3 м.

Предварительно на заданной площади намечают конструкцию сетки, ширину ее ячеек с учетом зон обслуживания, длину и число вертикальных электродов. Напряжение прикосновения вычисляют с помощью коэффициента напряжения прикосновения  $\alpha_{\text{пр}} \leq 1$  как долю от полного потенциала заземлителя

$$U_{\text{пр}} = \alpha_{\text{пр}} U_3 = \alpha_{\text{пр}} I_3 R_3,$$

где  $R_3$  — сопротивление заземлителя — формула (18);  $I_3$  — ток, стекающий с заземлителя;

$$\alpha_{\text{пр}} = \left( \frac{b}{\sqrt{S}} \right)^{0,488} \left[ \frac{\lg \sqrt{S} - \lg \sqrt{dt} - 1}{\lg \sqrt{S} - \lg \sqrt{dt} + 0,4} \right] \left[ 1 - 0,35 \lg \frac{8,5l}{a} \lg \frac{64l}{\sqrt{S}} \right], \quad (28)$$

где  $S$  — площадь заземлителя;  $b$  — ширина ячейки сетки;  $l$  — длина каждого из вертикальных электродов;  $a$  — расстояние между электродами;  $d$  — диаметр проводников;  $t$  — глубина заложения сетки в землю; грунт — однородный.

Наибольшие коэффициенты напряжения прикосновения в заземляющих сетках и сетках с вертикальными электродами в однородном грунте при глубине заложения сетки в землю  $t=0,5$  м и диаметре проводников  $d=0,5 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{S}$  приведены в табл. 9.

Таблица 9. Коэффициенты напряжения прикосновения

Относительная длина вертикального электрода $l/\sqrt{S}$	Относительное расстояние между электродами $a/l$	Относительная ширина ячейки сетки $b/\sqrt{S}$ ( $S$ — площадь сетки)					
		0,25	0,125	0,1	0,06	0,03	0,02
0	—	0,24	0,19	0,18	0,14	0,10	0,07
0,1	2	0,21	0,18	0,16	0,13	0,085	0,055
	1	0,19	0,17	0,15	0,12	0,070	0,045
0,2	2	0,20	0,175	0,14	0,11	0,054	0,035
	1	0,18	0,15	0,13	0,10	0,046	0,030
	0,5	0,16	0,13	0,12	0,085	0,042	0,025
0,4	1	0,16	0,12	0,11	0,08	0,038	0,022
	0,5	0,13	0,10	0,09	0,07	0,032	0,018

Проектирование заземлителя по допустимому напряжению прикосновения заключается в подборе его конструктивных размеров таким образом, чтобы выполнялось неравенство

$$\alpha_{\text{пр}} I_3 R_3 \leq U_{\text{пр. доп}}, \quad (29)$$

где  $U_{\text{пр. доп}}$  — допустимое по нормам напряжение прикосновения, принимаемое в зависимости от длительности  $t$  прохождения

однофазного тока замыкания; так, при напряжении сети 0,38—35 кВ допустимое напряжение прикосновения будет равно:

$t, c$	0,1	0,2	0,5	0,7	1,0	3—10
$U$ пр. доп, В	500	250	100	70	50	36

Весьма большое влияние на напряжения прикосновения и шага оказывает верхний слой грунта (рис. 48). Когда верхний слой более проводящий, чем нижний, то напряжения прикосновения в случае перемещения человека вдоль оси  $x-x$  изменяются незначительно (кривая 1—полога). По величине же эти напряжения меньше, чем в однородном грунте с удельным сопротивлением нижнего слоя (если сравнить кривые 1 и 2). Наоборот, если верхний слой менее проводящий, чем нижний, то напряжения прикосновения резко возрастают, особенно когда человек находится над серединой ячейки сетки (кривая 3).

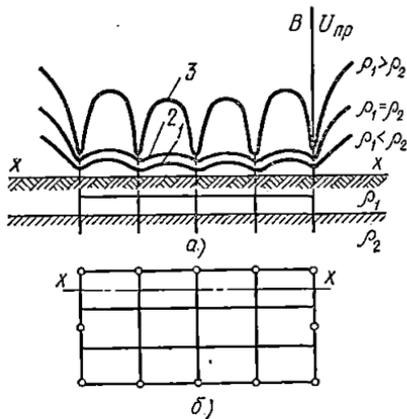


Рис. 48. Распределение напряжений прикосновения по оси  $xx$  в зависимости от вида двухслойного грунта:  
 а — кривые напряжений прикосновения, б — сетка с вертикальными электродами в плане; 1 — верхний слой более проводящий, чем нижний, 2 — однородный грунт с удельным сопротивлением нижнего слоя, 3 — верхний слой, менее проводящий, чем нижний

Слады кривой 3 над проводниками сетки становятся крутыми и, следовательно, напряжения шага на этих участках земли также возрастают.

### § 18. ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕХОДА НАПРЯЖЕНИЯ ВЫШЕ 1000 В В СЕТЬ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

При повреждении изоляции между обмотками высокого и низкого напряжений трансформатора возникает опасность перехода напряжения и, как следствие, опасность поражения человека, возникновения загораний и пожаров. Способы защиты зависят от режима нейтрали.

Сети напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью, связанные через трансформатор с сетями напряжением выше 1000 В с изолированной нейтралью, должны быть защищены пробивным предохранителем, установленным в нейтрали или фазе на стороне низкого напряжения трансформатора (рис. 49). Тогда в случае повреждения изоляции между обмотками высо-

кого и низкого напряжений этот предохранитель пробивается и нейтраль или фаза низкого напряжения заземляется. Напряжение нейтрали относительно земли  $U_3 = I_3 R_0$ .

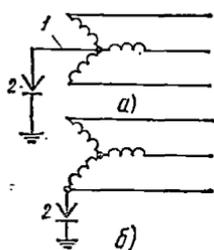


Рис. 49. Схема включения пробивного предохранителя в сети с изолированной нейтралью:

*a* — пробивной предохранитель включен в нейтраль, *б* — пробивной предохранитель включен в фазный провод; 1 — нейтраль, 2 — пробивной предохранитель

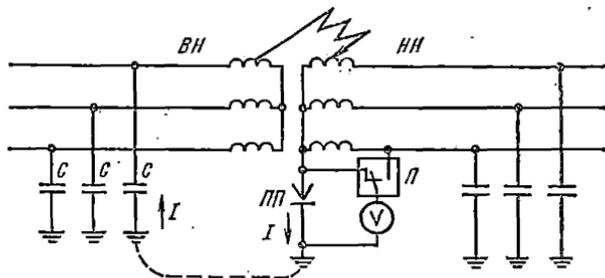


Рис. 50. Схема защиты сети напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью (HN) при переходе на нее напряжения выше 1000 В (VN) и контроль пробивного предохранителя вольтметром V:

*П* — переключатель, *I* — емкостный ток повреждения, *C* — емкость сети VN относительно земли

Мерой защиты является снижение этого напряжения до безопасной величины путем заземления нейтрали с сопротивлением  $R_0 \leq 4$  Ом. Целостность предохранителя контролируют вольтметром: при поврежденном предохранителе вольтметр, подключенный параллельно к нему, покажет нуль (рис. 50).

Если нейтраль сети напряжением выше 1000 В изолирована, а нейтраль сети напряжением до 1000 В заземлена, то аварийный ток замыкается через сопротивление  $R_0$  рабочего заземления низкого напряжения и емкостную проводимость сети высокого напряжения (рис. 51). В этом случае  $R_0 \leq 125/I_3$ , где 125 — наибольшее допустимое напряжение заземления.

Измерительные трансформаторы тока и напряжения, а также переносные трансформаторы с малым вторичным напряжением защищают путем заземления одного из зажимов вторичной обмотки.

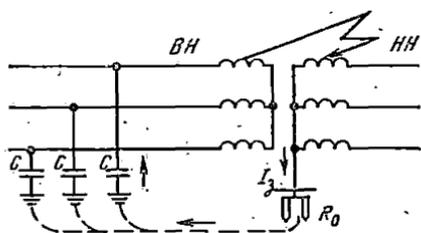


Рис. 51. Схема перехода напряжения выше 1000 В (VN) в сеть напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью (HN):

обозначения те же, что и на рис. 50;  $R_0$  — заземлитель обмотки HN

## § 19. ЗАЩИТНОЕ ЗАНУЛЕНИЕ

**Принцип работы защитного зануления.** Защитное зануление применяют в трехфазных четырехпроводных сетях с глухозаземленной нейтралью напряжением до 1000 В (380/220, 220/127 В). В этих сетях заземление не обеспечивает защиты. Из рис. 52 следует, что при фазном напряжении  $U_{\phi} = 220$  В ток однофазного короткого замыкания

$$I_3 = \frac{U_{\phi}}{R_3 + R_0} = \frac{220}{4 + 4} = 27,5 \text{ А,}$$

а напряжение на заземленном корпусе  $U_3 = I_3 R_3 = 27,5 \cdot 4 = 110$  В.

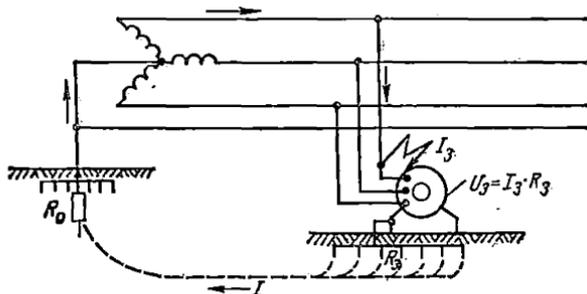


Рис. 52. Схема прохождения тока замыкания в сети с заземленной нейтралью при отсутствии зануления (через заземлители электрооборудования и нейтрали):

$R_0$  — сопротивление заземлителя нейтрали,  $I_3$  — ток замыкания на корпус,  $R_3$  — сопротивление заземлителя электрооборудования,  $U_3$  — напряжение на корпусе при замыкании на него тока

Корпуса оборудования будут находиться под опасным напряжением несмотря на то, что они заземлены. Поэтому для защиты людей используют не заземление, а зануление (рис. 53).

**Зануление** — это вид защиты от поражения током путем автоматического отключения поврежденного участка сети и одновременно снижения напряжения на корпусах оборудования на время, пока не сработает отключающий аппарат. Зануление осуществляют соединением нетоковедущих частей с нейтралью трансформатора с помощью металлических проводников, имеющих весьма малое (доли ома) сопротивление (рис. 53, а). При этом ток короткого замыкания, проходящий по металлической цепи зануления, достигает сотен ампер и достаточен для надежного отключения поврежденного оборудования.

Основное требование безопасности к занулению заключается в уменьшении длительности отключения замыкания (не более долей секунды).

Так как время срабатывания плавких вставок предохранителей и тепловых расцепителей автоматов обратно пропорцио-

нально току, то малое время срабатывания возможно при большом токе. Каждый отключающий аппарат имеет свою заводскую токовременную характеристику. Так, предохранитель срабатывает за 0,1 с, если ток короткого замыкания превысит его уставку по току в 10 раз, за 0,2 с — в 3 раза. Время отключения предохранителя резко возрастет до 9—10 с при небольшом превышении тока (в 1,3 раза), что недопустимо по условиям безопасности.

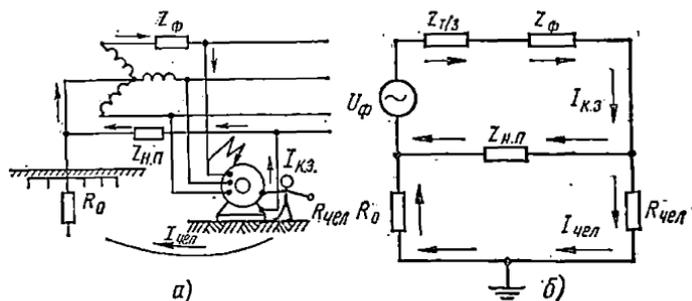


Рис. 53. Схема работы защитного зануления:

а — общая схема, б — однофазная схема замещения,  $R_{н.п.}$  — сопротивление нулевого провода,  $R_{\phi}$  — сопротивление фазного провода,  $R_0$  — сопротивление заземлителя нейтрали,  $R_{чел}$  — сопротивление тела человека, прикоснувшегося к корпусу

Для надежного и быстрого отключения необходимо, чтобы ток короткого замыкания  $I_{к.з.}$  превосходил ток установки отключающего аппарата, т. е. чтобы выдерживалось условие

$$I_{к.з.} \geq \kappa I_{ном}, \quad (30)$$

где  $I_{ном}$  — номинальный ток плавкой вставки или ток уставки автомата;  $\kappa$  — коэффициент, означающий кратность тока короткого замыкания относительно тока уставки; он должен быть равен:

в помещениях с нормальными условиями — не менее 3 при защите предохранителями или автоматами, имеющими тепловой расцепитель с обратно зависимой от тока характеристикой; не менее 1,4 для автоматов до 100 А с электромагнитным расцепителем; 1,25 — для прочих автоматов;

во взрывоопасных помещениях — не менее 4 при защите предохранителями и не менее 6 при защите автоматами с обратно зависимой от тока характеристикой, а при защите автомата с электромагнитным расцепителем — как указано выше.

Способы увеличения тока короткого замыкания. Исходя из однофазной схемы замещения цепи зануления (рис. 53, б), этот ток определяют по формуле

$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{z_{\tau/3} + z_{\phi-н.п.}}, \quad (31)$$

где  $z_T$  — полное сопротивление трансформатора;  $z_{\text{ф-н.п}}$  — полное сопротивление петли фазный — нулевой провод.

Из формулы (32) следует, что ток короткого замыкания можно увеличить, понижая сопротивления трансформатора и петли. Для этого выбирают трансформаторы со схемой треугольник — звезда  $\Delta/\Upsilon$ . Они имеют значительно меньшее полное сопротивление, чем со схемой соединения звезда — звезда  $\Upsilon/\Upsilon$ . Это сопротивление у более мощных трансформаторов мало (табл. 10).

Таблица 10. Полное сопротивление трансформаторов с вторичным напряжением 400—230 В

Схема соединения обмоток	Полное сопротивление $z_T$ при мощности трансформатора $P$ , кВт · А				
	25	40	100	400	1000
$\Delta/\Upsilon$	0,9	0,56	0,23	0,06	0,03
$\Upsilon/\Upsilon$	3,11	1,95	0,78	0,20	0,08

Полное сопротивление петли фазный — нулевой провод образуют активные и индуктивные сопротивления проводов; оно вычисляется по формуле

$$z_{\text{ф-н.п}} = \sqrt{(R_{\text{ф}} + R_{\text{н.п}})^2 + (x_{\text{ф}} + x_{\text{н.п}} + x')^2}. \quad (32)$$

Активные сопротивления фазных  $R_{\text{ф}}$  и нулевых  $R_{\text{н.п}}$  проводов зависят от их длины  $l$  (м), удельного сопротивления материала  $\rho$  (Ом · м), сечения  $s$  (м<sup>2</sup>). Активное сопротивление провода вычисляется по формуле  $R = \rho l/s$ .

Индуктивные сопротивления  $x_{\text{ф}}$  и  $x_{\text{н.п}}$  проводов из меди малы, а из стали весьма значительны. В стальном проводнике оно зависит от плотности тока  $i = I/s$  ( $s$  — площадь сечения) и от профиля проводника. Чем больше плотность тока  $i$  и отношение периметра к площади сечения проводника  $p/s$ , тем меньше индуктивное сопротивление. Сопротивления стальных проводников  $x_{\text{ф}}$  и  $x_{\text{н.п}}$  принимают из таблиц при значениях, соответствующих току короткого замыкания,  $I_{\text{к.з}} = k I_{\text{ном}}$ .

Фазный и нулевой провода образуют двухпроводную линию, которая представляет собой как бы один большой виток, индуктивность которого  $L$  (Г) зависит от расстояния  $a$  (м) между проводами, длины линии  $l$  (м) и диаметра  $d$  (м) проводов. Индуктивное сопротивление (Ом) линии фазный — нулевой провод:

$$x' = \omega L = \frac{\omega \mu l}{\pi} \ln \frac{2a}{d}, \quad (33)$$

где  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Г/м — магнитная проницаемость в вакууме;  $\omega = 2\pi f$  — угловая частота переменного тока, 1/с.

Приняв условно  $a=1$  м,  $d=0,014$  м, получим  $x'=0,6$  Ом/км (ом на один километр длины линии). Эта величина рекомендуется в ПУЭ для расчета зануления.

В качестве нулевого провода используют четвертую жилу кабеля. При ее отсутствии допускается применять стальные полосы и стержни (как более дешевые, чем изделия из меди); стальные трубы, в которых проложена электропроводка; алюминиевую оболочку кабелей (использование свинцовой оболочки запрещено из-за ее большого сопротивления).

Для того чтобы обеспечить малое сопротивление линий зануления, их рекомендуется выполнять короткими и простыми, увеличивать сечение проводников, стальные проводники заменять проводниками из цветных металлов с малым индуктивным сопротивлением. Внешнее индуктивное сопротивление снижают путем прокладки нулевого провода совместно или в непосредственной близости к фазным проводам, всемерно сокращая расстояние между нулевым и фазными проводами. Наибольшая допустимая величина сопротивления нулевого провода не должна превышать удвоенного сопротивления фазного провода

$$z_{н.п} \leq 2z_{ф}. \quad (34)$$

**Повторные заземления нулевого провода.** Кратковременно до срабатывания защиты на всех элементах цепи зануления появится напряжение. Повторные заземления предназначаются для снижения этого напряжения как при исправном (целом), так и при неисправном (имеющем разрыв) нулевом проводе. Рассмотрим эти случаи.

1. Нулевой провод не имеет обрыва (рис. 54). Если повторное заземление нулевого провода отсутствует, напряжение на корпусе поврежденного электрооборудования равно падению напряжения на нулевом проводе (см. эпюру напряжений на рис. 54, а)

$$U_3 = I_{к.з} z_{н.п}. \quad (35)$$

Из формулы (35) следует, что напряжение на корпусе можно снизить путем уменьшения величины  $z_{н.п}$ . Но, кроме того, это напряжение несколько понижается, если заземлить нулевой провод вблизи электроприемника. Тогда напряжение  $U_3$  будет приложено к двум последовательно соединенным сопротивлениям — рабочему  $R_0$  и повторному  $R_{п}$ . Эти сопротивления сработают как делители напряжения. Потенциал на корпусе понизится до величины (см. эпюру напряжений на рис. 54, б)

$$U'_3 = I_3 R_{п} = \frac{I_{к.з} z_{н.п}}{R_0 + R_{п}} R_{п}, \quad (36)$$

где  $I_3$  — ток, проходящий через рабочий и повторный делители.

На практике нулевой провод заземляют не в одном, а в нескольких местах (рис. 55). Напряжение на корпусе повре-

жденного электрооборудования (обозначения на рисунке) будет

$$U_3 = I_3 R_{\Pi} + I_{\text{к.з}} z_{\text{н.п}} \quad (37)$$

Для снижения величины  $U_3$  рекомендуется повторные заземлители приближать к узлам нагрузки, сокращать протяженность зануляющих проводников, уменьшать сопротивление повторных заземлителей. Для этого нулевой провод соединяют со всеми заземленными металлическими конструкциями. Его специально повторно заземляют через каждые 250 м длины линии, а также

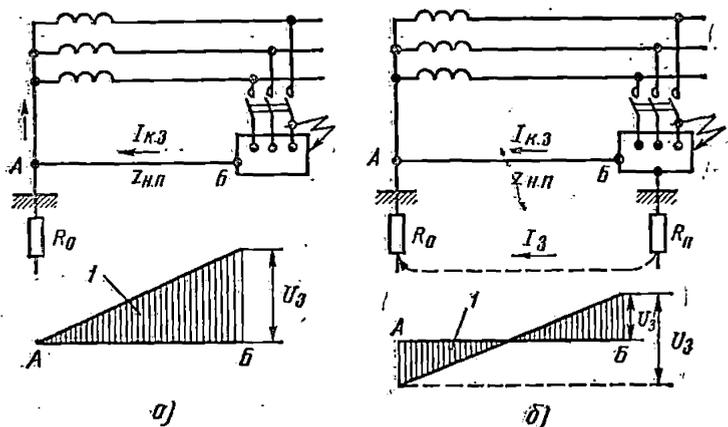


Рис. 54. Схема прохождения токов в цепи зануления:

*a* — без повторного заземлителя, *б* — с повторным заземлителем,  $z_{\text{н.п}}$  — сопротивление нулевого провода,  $R_{\Pi}$ ,  $R_0$  — сопротивления повторного и рабочего заземлителей,  $I_{\text{к.з}}$  — ток короткого замыкания,  $I_3$  — ток, проходящий через повторный заземлитель,  $U_3$  — падение напряжения на нулевом проводе;  $i$  — эпюры распределения этого напряжения вдоль нулевого провода

на концах линий и ответвлений длиной более 200 м. Сопротивление повторных заземлителей согласно ПУЭ не должно превышать 10 Ом. Для установок малой мощности (до 100 кВ·А) допускается сопротивление 30 Ом (при числе повторных заземлителей не менее трех).

2. Нулевой провод неисправен — имеет обрыв (рис. 56). При этом зануленное электрооборудование не отключится и на его корпусах появятся опасные потенциалы.

Повторное заземление нулевого провода не создает полной безопасности, но все же снижает напряжение на корпусах, соединенных с нулевым проводом за местом его обрыва, до величины

$$U_3 = I_{\text{к.з}} R_{\Pi} = \frac{U_{\Phi}}{R_{\Pi} + R_0} R_{\Pi} \quad (38)$$

Напряжение на зануленном оборудовании, находящемся до места обрыва,

$$U_3 = I'_{к.з} R_0 = \frac{U_{ф}}{R_{п} + R_0} R_0. \quad (39)$$

**Исполнение схем зануления.** Нулевой провод проходит от трансформаторной подстанции до общей сборки I ввода в здание

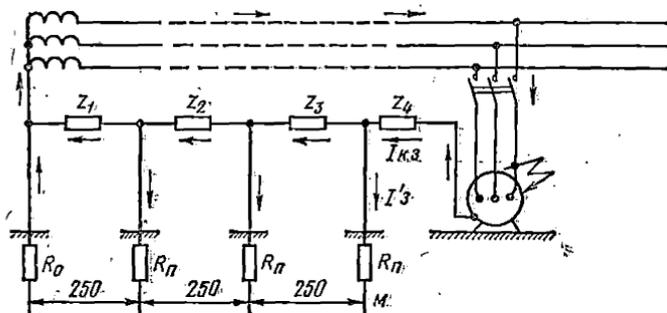


Рис. 55. Схема прохождения токов при многократном заземлении нулевого провода:

$z_1, z_2, z_3, z_4, z_5$  — сопротивления участков нулевого провода,  $R_0, R_{п}$  — сопротивления рабочего и повторных заземлителей,  $I_{к.з}$  — ток короткого замыкания,  $I'_3$  — ток, проходящий через ближайший к оборудованию повторный заземлитель

предприятия (рис. 57). Внутри здания имеется разводка нулевого провода к местным распределительным щиткам 2 и через разъемы к коробке зажимов 3. Зануляющие проводники присоединяют одним концом к клемме «0» нулевого провода, а другим — под болт к корпусу электрооборудования. Светильники, электрифицированный инструмент и другие однофазные потребители, включаемые в сеть двумя проводами — фазным и нулевым, зануляются специальным проводником. В этом случае нулевой рабочий провод нельзя использовать в качестве зануляющего проводника, так как при его обрыве корпус (в случае замыкания на него тока) окажется под фазным напряжением. Повторные заземления сооружены: во-первых, как было указано выше, через каждые 250 м питающей линии; во-вторых, при вводе в здание (заземлен корпус распределительного щита

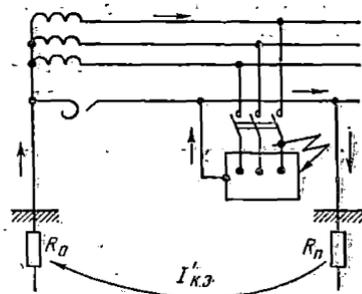


Рис. 56. Схема прохождения тока короткого замыкания  $I_{к.з}$  при обрыве нулевого провода:  $R_0$  и  $R_{п}$  — сопротивления рабочего и повторного заземлителей

общей сборки); в-третьих, на конце ответвления электропроводки внутри здания, так как ее длина превышает 200 м.

**Напряжения прикосновения при защите занулением.** Величина напряжения, под которое попадает человек при однофазных

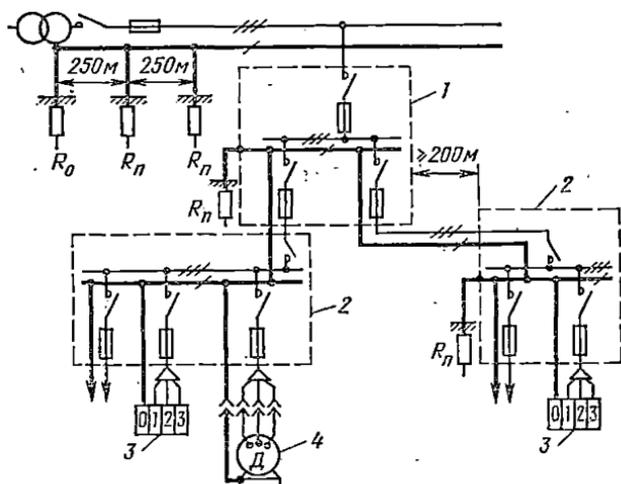


Рис. 57. Схема зануления промышленного предприятия:

1 — общая сборка, 2 — местные распределительные щитки,  
3 — коробка зажимов, 4 — электроприемники

замыканиях на корпус, зависит от того, находится ли это оборудование в зоне растекания тока с повторного заземлителя или нет. Если эта зона удалена и человек стоит на поверхности с нулевым потенциалом  $\varphi_x = 0$ , то напряжение прикосновения равно напряжению на корпусе  $U_3$

$$U_{\text{пр}} = U_3 - \varphi_x = U_3.$$

Напряжение прикосновения можно значительно снизить, повышая потенциал поверхности пола, на котором стоит человек. Для этого рекомендуется соединять с нулевым проводом все заземленные металлоконструкции здания, трубопроводы, металлическую арматуру полов, перекрытий, плит. Тогда напряжение прикосновения уменьшается до величины, примерно равной  $(0,1 \div 0,01) U_3$ .

**Контроль зануления.** Контроль зануления производят после его монтажа и периодически не реже одного раза в 5 лет в процессе эксплуатации. Измеряют полное сопротивление петли фазный — нулевой провод для наиболее удаленных от источника питания, а также наиболее мощных электроприемников.

Кроме того, измеряют сопротивления заземления нейтрали и повторных заземлителей, проверяют целостность зануляющей

сети, снимают характеристику зависимости времени действия автоматов от тока короткого замыкания для наиболее удаленных от источника питания электроприемников.

Сопротивление петли фазный—нулевой провод измеряют с помощью вольтметра—амперметра в отключенной электроустановке (рис. 58). Для этого понижающий трансформатор с вторичным напряжением 36 или 12 В подсоединяют к нулевому и фазному проводам в местах, как можно ближе к силовому трансформатору. Фазный провод соединяют перемычкой с корпусом (короткое замыкание). Включив рубильник в цепи понижающего трансформатора, реостатом устанавливают ток в петле фазный—нулевой провод. Затем измеряют вольтметром напряжение  $U_{изм}$  и амперметром ток  $I_{изм}$ . Полное сопротивление петли фазный—нулевой провод будет

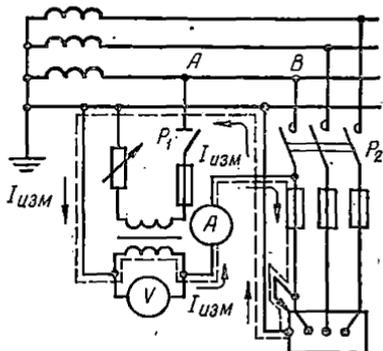


Рис. 58. Схема измерения сопротивления петли фазный—нулевой провод

$$z_{ф-н.п} = (U_{изм}/I_{изм}) + z_T/3, \quad (40)$$

где  $z_T$  — полное сопротивление трансформатора току замыкания на корпус.

Ток однофазного короткого замыкания

$$I_{к.з} = 0,85U_{ф}/z_{ф-н.п}, \quad (41)$$

где 0,85 — коэффициент запаса, учитывающий погрешности измерения.

Существуют схемы контроля зануления без отключения напряжения.

## § 20. ЗАЩИТНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ

*Защитное отключение* — вид защиты от поражения током в электроустановках напряжением до 1000 В путем автоматического отключения всех фаз аварийного участка сети за время, допустимое по безопасности для человека.

Опасность поражения возникает в случаях однофазных замыканий на корпус, снижения сопротивления изоляции ниже допустимого, прикосновения человека к токоведущей части.

Основные требования к защитному отключению следующие.

**Быстродействие.** Длительность отключения поврежденного участка сети должна быть не более 0,2 с или не более величины, определенной из формулы (2). Время отключения складывается из времени работы реле защиты (0,01—0,02 с) и

собственного времени отключающего коммутационного аппарата (0,02 с — для автомата с электромагнитным расцепителем, 0,2 с — в соответствии с ПУЭ для автомата с тепловым расцепителем, имеющим обратно зависимую от тока характеристику).

Надежность, отсутствие отказов, ложных срабатываний. Для этого в схеме должен осуществляться самоконтроль, сигнализирующий о неисправностях; предусматриваются кнопки для периодической проверки исправности схемы.

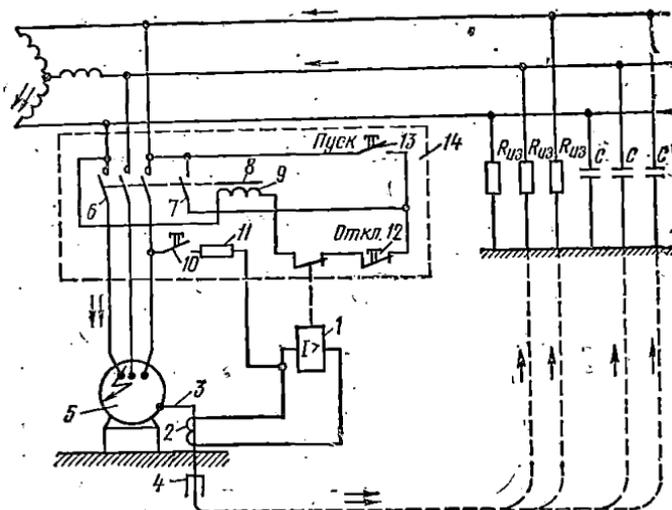


Рис. 59. Принципиальная схема устройства защитного отключения:

1 — реле максимального тока, 2 — трансформатор тока, 3 — заземляющий провод, 4 — заземлитель, 5 — электродвигатель, 6 — контакты пускателя, 7 — блок-контакт, 8 — сердечник пускателя, 9 — рабочая катушка, 10 — кнопка опробования, 11 — вспомогательное сопротивление, 12 и 13 — кнопки останова и включения, 14 — пускатель

Высокая чувствительность. Входной сигнал по току не должен превышать нескольких миллиампер, а по напряжению — нескольких десятков вольт.

Селективность, т. е. избирательность отключения только аварийного участка.

Простота, удобство обслуживания, дешевизна.

Область применения защитного отключения:

единственная мера защиты в передвижных электроустановках напряжением до 1000 В;

дополнение к защитному занулению для отключения электрооборудования, удаленного от источника питания;

дополнение к защитному заземлению или занулению в электрифицированном инструменте;

при невозможности выполнить необходимое заземление в скальных многолетнемерзлых грунтах и т. п.

Принцип построения схем защитного отключения зависит от типа входного сигнала, поступающего на основной элемент схемы — датчик (реле тока или реле напряжения). Замыкание одной фазы электрической сети на землю или снижение сопротивления ее изоляции приводит к несимметрии трехфазной системы

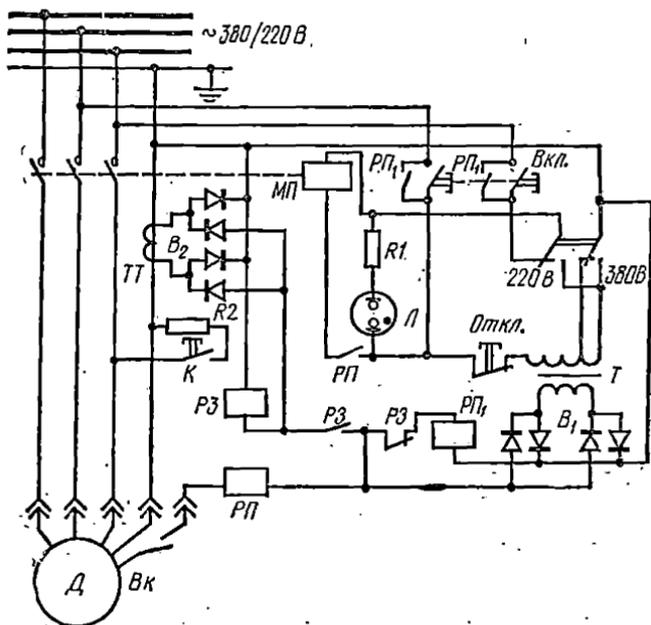


Рис. 60. Устройство защитного отключения С-904:

*Т* — трансформатор, *В<sub>1</sub>* и *В<sub>2</sub>* — выпрямители, *РП* — реле, *Л* — лампа, *Д* — двигатель, *ТТ* — трансформатор тока, *МП* — магнитный пускатель, *РЗ* — реле защиты, *К* — кнопка, *Р<sub>1</sub>* и *Р<sub>2</sub>* — сопротивления

токов и напряжений электроустановки. На корпусе поврежденного элемента появляется напряжение относительно земли. В месте замыкания проходит ток, величина которого определяется рабочим напряжением, режимом нейтрали, сопротивлением заземлителя, переходным сопротивлением в месте замыкания. Эти токи, напряжения или их несимметрия воздействуют на датчики и вызывают срабатывание устройств защитного отключения.

Рассмотрим принцип действия защитного отключения (рис. 59) с помощью реле максимального тока *I*. Катушка этого реле с нормально замкнутыми контактами подключается через

трансформатор тока 2 или непосредственно в рассечку проводника 3, идущего к отдельному вспомогательному или общему заземлителю 4.

Электродвигатель 5 включается в работу нажатием кнопки 13 «Пуск». При этом подается напряжение на катушку 9, сердечник пускателя 8 втягивается, контакты 6 замыкаются и включают электродвигатель в сеть. Одновременно замыкается блок-контакт 7, через который катушка остается под напряжением, хотя кнопка «Пуск» нормально находится в отключенном положении.

При замыкании на корпус одной из фаз образуется цепь тока: место повреждения — корпус — заземляющий провод 3 — трансформатор тока 2 — земля — емкость и сопротивление изоляции проводов неповрежденных фаз — источник питания — место повреждения. Если величина тока достигнет уставки срабатывания токового реле 1, реле сработает (т. е. его нормально замкнутый контакт разомкнется) и разорвет цепь катушки магнитного пускателя. Сердечник этой катушки освободится, и пускатель отключится.

Для проверки исправности и надежности действия защитного отключения предусмотрена кнопка 10, при нажатии которой устройство срабатывает. Вспомогательное сопротивление 11 ограничивает ток замыкания до необходимой величины. Кнопки 12 и 13 служат для включения и отключения пускателя.

На этом принципе выполнено, например, выпускаемое промышленностью устройство защитного отключения С-904 (рис. 60), применяемое для электрифицированного ручного инструмента с двойной защитой (занулением корпуса и с защитным отключением).

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется защитным заземлением?
2. Что называется сопротивлением заземлителя?
3. Как определяют сопротивление вертикального электрода, полосы, сетки с вертикальными электродами?
4. Какое оборудование надлежит заземлять?
5. Каковы нормы на сопротивление заземлителей?
6. Как измерить сопротивление заземлителя?
7. Что называется напряжением прикосновения и шага?
8. В чем заключается принцип работы защитного зануления и чем оно отличается от защитного заземления?
9. Перечислите требования ПУЭ к устройству зануления.
10. Объясните способы повышения эффективности защитного зануления.
11. В чем состоит назначение повторных заземлений нулевого провода? Как они нормируются?
12. Что называется защитным отключением и в каких случаях оно используется?

## Глава IV

### МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТЫ В ДЕЙСТВУЮЩИХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

#### § 21. ЗАДАЧИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА, ЕГО ПОДГОТОВКА, ОБЯЗАННОСТИ И ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Электротехнический персонал должен ясно представлять технологические особенности своего предприятия и его значение для народного хозяйства.

Задачей электротехнического персонала является всемерное укрепление и строгое соблюдение государственной, трудовой и технологической дисциплины, твердое знание и добросовестное выполнение правил технической эксплуатации, техники безопасности, относящихся к его рабочему месту, а также знание и выполнение правил пожарной безопасности, действующих на обслуживаемом предприятии, участке.

Электротехнический персонал осуществляет монтаж, оперативное обслуживание, ремонт и наладку оборудования в электроустановках.

Оперативное обслуживание электроустановок заключается в том, что персонал выполняет осмотры и оперативные переключения электрооборудования, подготовку рабочих мест для монтажных и ремонтных работ и допуск ремонтного персонала к этим работам, а также некоторые другие работы и осмотры. Оперативное обслуживание осуществляет оперативный (дежурный) и оперативно-ремонтный персонал. На промышленном предприятии к оперативному персоналу относятся работники, обслуживающие по сменам электроустановки и допущенные к оперативным переключениям. При обслуживании нескольких подстанций или электроустановок дежурный персонал называют оперативно-выездным, так как он с места дежурства выезжает к месту работ.

Текущие и капитальные ремонты, наладку оборудования выполняет ремонтный и наладочный персонал. Лицам из числа ремонтного и наладочного персонала, прошедшим специальное обучение, стажировку на рабочих местах и проверку знаний оперативной работы, могут быть присвоены права оперативного персонала. В этом случае они считаются оперативно-ремонтным персоналом.

К работе в электроустановках допускаются лица в возрасте не моложе 18 лет. Практикантам технических и ремесленных училищ, не достигшим 18-летнего возраста, разрешается пребывание в помещении электроустановок ограниченное время и под надзором опытного работника; их нельзя допускать к самостоятельной работе и присваивать им III и выше квалификационные группы по технике безопасности (см. далее).

Лица, работающие в электроустановках, проходят медицинское освидетельствование в соответствии со списком производств и профессий, утвержденных приказом Министра здравоохранения СССР.

**Обучение персонала.** До назначения на самостоятельную работу дежурный и оперативно-ремонтный персонал проходит теоретическую подготовку, обучается на рабочем месте, осваивает правила технической эксплуатации (ПТЭ) и правила техники безопасности (ПТБ) в объеме, необходимом для его рабочего места, правила Госгортехнадзора (при необходимости), инструкции. Обучение контролирует начальник цеха или лицо, ответственное за эксплуатацию установки.

По окончании обучения специальная квалификационная комиссия проверяет знания правил техники безопасности у нового работника и присваивает ему квалификационную группу. Для персонала, работающего в электрических установках, введено пять квалификационных групп. Самой высокой является V группа. Квалификационная характеристика и требования к персоналу, обслуживающему электроустановки, для всех пяти групп следующие.

**V группа.** Необходимо знать схемы и оборудование своего участка, правила безопасности как в общей, так и в специальной частях. Уметь организовать безопасное выполнение работы и вести надзор. Знать правила первой помощи пострадавшему от электрического тока и уметь ее оказать. Уметь обучить персонал правилам техники безопасности и оказания первой помощи. К этой группе относятся мастера, техники, инженеры в возрасте не моложе 19 лет с законченным специальным образованием и стажем работы в электроустановках не менее полугода, а также электромонтеры, электрослесари, инженеры-практики в возрасте не моложе 20 лет с большим стажем работы в электроустановках.

**IV группа.** Необходимо знать электротехнику в объеме специализированного профтехучилища, правила первой помощи, все разделы правил техники безопасности, электроустановку настолько, чтобы свободно производить переключения. Вести надзор за работающими членами бригады, организовать безопасное проведение работы в электроустановках напряжением до и выше 1000 В. К этой группе относятся начинающие инженеры и техники, оперативный и оперативно-ремонтный персонал со стажем работы в электроустановках не менее 1 года.

**III группа.** Требования к этой группе те же, что и к IV, но достаточны элементарные познания в электротехнике. Стаж работы требуется не менее 6 мес.

**II группа.** Необходимо элементарное знакомство с электроустановкой, представление об опасности электрического тока. Следует знать основные меры предосторожности и правила первой помощи. К этой группе относятся монтеры со стажем 1 мес, актиканты-электрики.

I группа. К этой группе относятся лица, связанные с обслуживанием электроустановок, но не имеющие электротехнических знаний, отчетливого представления об опасности электрического тока, не проходившие проверку знаний правил техники безопасности\*.

После проверки знаний оперативный и оперативно-ремонтный работник проходит стажировку от двух до четырех недель в зависимости от сложности работы. В это время он исполняет обязанности дублера — работает под руководством опытного основного дежурного. При этом как дублер, так и лицо, его контролирующее, в равной степени отвечают за работу оборудования. Лишь после стажировки новый работник может быть допущен к самостоятельной оперативной работе.

Допуск к стажировке и самостоятельной работе оформляется специальным распоряжением с обязательным указанием о том, что работник прошел проверку знаний правил техники безопасности. Во время стажировки на рабочем месте ответственность за соблюдение техники безопасности возлагается как на стажера, так и на лицо, его контролирующее.

В процессе текущей работы персонал проходит систематическое производственное обучение и обучение безопасным методам работы.

Для оперативного и оперативно-ремонтного персонала установлены следующие обязательные формы обучения: а) инструктаж на рабочем месте (только для рабочих) по ПТЭ, ПТБ и инструкциям не менее одного раза в месяц; б) противоаварийные тренировки не менее одного раза в квартал; в) курсовое без отрыва от производства обучение во внеслужебное время или с отрывом от производства; продолжительность и периодичность курсового обучения устанавливается руководством предприятия.

Для ремонтных рабочих обязательны инструктаж на рабочем месте (в том числе противопожарный) и курсовое обучение. Для высококвалифицированных рабочих организуются тематические лекции. Инструктаж проводят руководители цехов, районов, подстанций, лабораторий, смен, участков и мастера в рабочее время. Цель инструктажа — обучить каждого рабочего безопасным методам работы, уходу за оборудованием, применению инструкций и правил в рабочей обстановке. Одновременно контролируются знания персоналом ПТЭ и ПТБ.

Знания рабочих по технике безопасности проверяют: перед допуском к дублированию у лиц, вновь поступающих на работу; периодически у работающих; вне очереди — у лиц, нарушивших правила и инструкции, или неудовлетворительно решивших противоаварийную тренировку.

---

\* Требования к персоналу по профессиям, стажу, возрасту, знаниям более подробно см. Л-1, приложение III, или Л-2.

Электротехнический персонал проходит ежегодно проверку знаний правил техники безопасности. Результаты проверки вносятся в журнал. При успешной сдаче экзамена работнику выдается удостоверение о проверке с подписью председателя комиссии. В удостоверении указывается фамилия, инициалы и должность работника, причина проверки знаний, оценка и квалификационная группа, свидетельство на право проведения специальных работ. Во время исполнения служебных обязанностей удостоверение должно быть с собой. При истечении срока очередной проверки удостоверение не действительно.

Согласно правилам пожарной безопасности вновь принимаемые на работу рабочие и служащие проходят противопожарный инструктаж и обучение на рабочем месте. Рабочие, занятые на наиболее опасных в пожарном отношении участках производства (например, на огневых работах), проходят курс пожарно-технического минимума и затем в установленном порядке — проверочные испытания.

В дополнение к квалификационному удостоверению по технике безопасности им выдается талон по технике пожарной безопасности за подписями представителя администрации и пожарной охраны.

**Обязанности оперативного (дежурного) персонала.** Дежурный, придя на работу, обязан принять смену от предыдущего дежурного, а после окончания работы сдать ее последующему. Нельзя уходить с работы, не сдав смены. При приеме смены дежурный знакомится с работой оборудования и его состоянием путем личного осмотра и опроса сдающего смену. Проверяет наличие и исправность первичных средств для тушения пожаров в электроустановках, принимает средства защиты и распоряжения за время, прошедшее с его последнего дежурства. Затем оформляет прием смены записью в журнале и докладывает старшему по смене о вступлении на дежурство. Во время аварии прием и сдача смены не допускаются. При затяжной аварии, неисправном оборудовании или во время пуска и остановки оборудования прием-сдача смены допускаются с разрешения администрации цеха. Нельзя принимать смену, если рабочие места не убраны.

Во время своего дежурства дежурный является лицом, ответственным за безопасное обслуживание и безаварийную работу вверенного ему оборудования. При нарушении режима, повреждении, аварии или несчастном случае дежурный обязан самостоятельно и немедленно принять меры и сообщить старшему по смене дежурному или ответственному за установку лицу. Периодически в течение смены дежурный проверяет исправность действия аппаратов связи, предупредительной и аварийной сигнализации.

**Ответственность за несчастные случаи, происшедшие на производстве.** Обслуживающий и административно-технический пер-

сонал (как непосредственно нарушивший правила безопасности, так и тот, кто не обеспечил выполнения необходимых мер безопасности) несет ответственность за несчастные случаи.

Установлена дисциплинарная, административная, уголовная и материальная ответственность.

К дисциплинарным взысканиям относятся замечания или постановка на вид, выговор, строгий выговор, перевод на нижеоплачиваемую работу сроком до трех месяцев или перевод на тот же срок на низшую должность.

Административная ответственность — это наложение штрафа или передача дела в товарищеский суд.

За нарушение правил техники безопасности, которое привело или могло привести к тяжелому несчастному случаю, виновники привлекаются к судебной ответственности.

Существует и материальная ответственность предприятия в виде возмещения пострадавшему ущерба за увечье или профессиональные заболевания.

## § 22. ВИДЫ РАБОТ В ДЕЙСТВУЮЩИХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ \*

По степени опасности работы в электроустановках делят на следующие четыре группы.

I. *Работа без снятия напряжения, выполняемая вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением.* При этом исключено случайное приближение работающих людей и инструмента, которым они пользуются, к токоведущим частям на опасное расстояние, т. е. исключена вероятность поражения людей током. Поэтому не требуется отключать оборудование или принимать другие технические и организационные меры, например непрерывный надзор.

II. *Работа без снятия напряжения, выполняемая вблизи и на токоведущих частях, находящихся под напряжением.* Возможно прикосновение работающих к токоведущим частям. Поэтому перед работой необходимо выполнять технические и организационные меры защиты. Работа на токоведущих частях проводится с помощью изолирующих средств.

III. *Работа с частичным снятием напряжения.* Напряжение снято только с того присоединения, на котором ведется работа, или оно снято полностью с электроустановки, но открыт доступ в соседнее помещение, где токоведущие части находятся под напряжением.

IV. *Работа с полным снятием напряжения.* Со всех элементов электроустановки напряжение снято; доступ в соседние помещения, где имеются части, находящиеся под напряжением, закрыт.

\* Действующими называются электроустановки, которые находятся под напряжением или на которых напряжения нет, но оно может быть подано путем включения коммутационной аппаратуры: выключателя, разъединителя, отделителя и др.

При работе с частичным или полным снятием напряжения (III и IV) обязательно должны выполняться технические и организационные меры предосторожности. В противном случае возможна либо случайная подача напряжения к месту работы, либо случайное приближение или прикосновение людей к токоведущим частям, оставшимся под напряжением.

### § 23. ОСМОТРЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Электроустановки осматривают без снятия с них напряжения, вдали от токоведущих частей. Дефекты выявляются визуально — осмотром и на слух. Разрешается единолично осматривать электроустановку дежурному, имеющему квалификационную группу не ниже III или административно-техническому работнику, имеющему V (в установках напряжением выше 1000 В) либо IV группу (в установках напряжением до 1000 В).

При осмотрах распределительных устройств напряжением выше 1000 В нельзя проходить за ограждения, снимать их и входить в камеры распределительного устройства. Осматривать камеру следует стоя перед барьером. При необходимости разрешается работнику, имеющему квалификационную группу не ниже IV, войти за ограждение, но при условии, что токоведущие части в проходах недоступны, т. е. нижние фланцы изоляторов находятся от пола на расстоянии более 2,0 м, а неогражденные токоведущие части — на расстоянии более 2,75 м при напряжении 35 кВ и 3,5 м при напряжении 110 кВ.

При меньших расстояниях входить за ограждение можно только в присутствии второго лица, имеющего квалификационную группу не ниже III, и при условии, что токоведущие части находятся на расстоянии, указанном в табл. 11.

Таблица 11. Наименьшие допустимые расстояния от ограждения рабочего места до токоведущих частей

Номинальное напряжение электроустановки, кВ	Допустимое расстояние, м
До 15	0,7
Выше 15 до 35	1,0
» 35 » 110	1,5
154	2,0
220	2,5
330	3,5

Во время осмотра помещение электроустановки запирают, для того чтобы в него не проникли посторонние лица или животные. Для каждого помещения имеется несколько комплектов ключей, которые находятся у дежурного. Одним комплектом ключей пользуется дежурный, обслуживающий данную электроустановку; другой комплект является аварийным;

остальные комплекты ключей дежурный выдает под расписку ответственным руководителям, производителям работ и наблюдающим на время работы. По окончании работы ключи должны быть сданы дежурному.

Оперативному персоналу, обслуживающему электроустановки промышленных предприятий напряжением до 1000 В, разрешено единолично открывать для осмотра дверцы щитов, пусковых устройств, пультов управления, сборок. При этом следует соблюдать осторожность, не касаться токоведущих частей, открытой аппаратуры, не выполнять никаких работ, за исключением тех, перечень которых утверждён главным энергетиком и согласован с инспекцией профсоюза.

При осмотре распределительных устройств запрещается снимать предупредительные плакаты и ограждения, проникать за них, вытирать и чистить оборудование, устранять неисправности.

#### § 24. ОПЕРАТИВНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Изменения схемы электроустановки, а также снятие напряжения производят с помощью коммутационной аппаратуры: выключателей, разъединителей, отделителей, автоматов, рубильников, предохранителей. Операции по переключению коммутационной аппаратуры связаны с повышенной опасностью, а ошибка в переключении приводит к аварии или несчастному случаю. Поэтому необходимо строго соблюдать порядок переключений, регламентируемый правилами безопасности.

Операции с выключателями, имеющими ручной привод, выполняют в диэлектрических перчатках, с изолирующего основания. Включать привод выключателя следует быстро до упора.

Разъединители отключают и включают без нагрузки. Лишь при необходимости допускается отключать разъединителем малые токи (нагрузочный ток трансформаторов малой мощности, зарядный ток воздушных и кабельных линий, ток холостого хода трансформаторов). Разъединители следует включать быстро и до отказа; если вдруг возникнет дуга, то ножи надо довести до конца; в противном случае обратный ход ножа вызовет развитие дуги и может произойти несчастный случай. Отключать разъединители следует, наоборот, медленно, особенно в начальный момент; если появится дуга при отходе ножей от губок, то разъединитель следует быстро включить обратно.

Разъединители отключают (включают) в диэлектрических перчатках, а работы с разъединителями с пофазным управлением и вертикальным расположением ножей проводят, стоя на изолирующем основании, не только в диэлектрических перчатках, но и используя изолирующую штангу.

Персонал, выполняющий переключения, должен твердо знать, что в случае исчезновения напряжения оно может быть подано вновь без предупреждения как в условиях нормальной эксплуатации, так и при авариях.

Отключения и изменения в электрических схемах производят по распоряжению того дежурного, в управлении которого находится данное оборудование. Распоряжения (письменное и устное) фиксируются в специальном журнале. Только при пожарах, несчастных случаях, стихийных бедствиях можно немедленно отключать электрооборудование без согласования с вышестоящим дежурным, но обязательно с последующим его уведомлением.

Лицо, отдающее распоряжение о переключениях, обязано проверить по оперативной схеме последовательность операций и возможность их выполнения. Дежурный, получивший распоряжение о переключениях, обязан повторить его и записать в оперативный журнал. По оперативной схеме или макету этот дежурный намечает порядок операций. Распоряжение о переключениях считается выполненным после того, как дежурный сообщит об этом лично или по телефону лицу, отдавшему это распоряжение. Руководствоваться показаниями приборов, сообщениями других лиц о выполнении распоряжения нельзя.

Все сложные переключения, более чем на одном присоединении\* выполняют два лица по бланкам переключений.

*Бланком переключений* называется письменное распоряжение, указывающее операции о включении и отключении электрооборудования точно в той последовательности, в которой эти операции должны выполняться, например: включение и отключение выключателей и разъединителей, снятие и установка предохранителей, наложение и снятие заземлений и др.

Бланки переключений заполняет и подписывает дежурный, который является непосредственным исполнителем. Старший дежурный, контролирующий выполнение операций, проверяет бланк и также его подписывает.

На месте работы старший дежурный зачитывает содержание операции. Исполнитель повторяет прочитанное и только после этого приступает к выполнению. Старший дежурный контролирует действия исполнителя и сразу отмечает в бланке о выполненном переключении. При сомнении в правильности указанных в бланке операций работа прекращается до выяснения правильного порядка переключений.

Когда дежурный производит переключения по бланку единолично, он предварительно зачитывает последовательность операций по телефону старшему дежурному, отдавшему распоряжение о переключениях. Этот дежурный является контролирующим лицом. Разрешение на переключения исполнитель обязан получить по телефону непосредственно перед их выполнением: При аварии или несчастном случае операции могут выполняться без бланков.

---

\* *Присоединением* называют совокупность элементов электрической цепи, расположенных в пределах данной электроустановки, имеющих одно назначение, название и (за исключением трансформаторов) напряжение.

Простые переключения на одном электрической присоединении и сложные переключения в установках, полностью оборудованных блокировкой разъединителей от неправильных операций, могут производиться без бланков одним лицом из числа оперативного персонала, имеющего квалификационную группу не ниже IV. Однако и при этом проверять отсутствие напряжения, накладывать и снимать переносные заземления разрешается не менее чем двум исполнителям.

В установках напряжением до 1000 В переключения производит единолично работник, имеющий III квалификационную группу.

### **§ 25. ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТ С ЧАСТИЧНЫМ ИЛИ ПОЛНЫМ СНЯТИЕМ НАПРЯЖЕНИЯ**

Целью технических мероприятий является подготовка безопасного рабочего места для монтажных и ремонтных работ с частичным или полным снятием напряжения. Их выполняют в следующем порядке:

- отключают необходимые токоведущие части и принимают меры, исключающие ошибочную подачу напряжения к месту работы;

- на отключенных коммутационных аппаратах вывешивают запрещающие плакаты: «Не включать — работают люди», «Не включать — работа на линии», «Не открывать — работают люди»; при необходимости устанавливают ограждения неотключенных токоведущих частей;

- к заземляющему устройству присоединяют зажим переносного заземления;

- проверяют, нет ли напряжения на отключенной для работы части установки; если его нет, то немедленно накладывают на обесточенные токоведущие части переносное заземление;

- рабочее место ограждают переносными ограждениями и вывешивают предостерегающие и напоминающие плакаты: «Стоять — высокое напряжение!», «Не влезай — убьет!», «Работать здесь», «Влезать здесь».

Эти мероприятия осуществляет оперативный персонал вдвоем: одно лицо с квалификационной группой не ниже IV, второе — не ниже III. Второе лицо может быть и из числа неоперативного персонала или персонала потребителей, при этом оно должно быть специально проинструктировано и ознакомлено с электрической схемой.

При единоличном обслуживании технические мероприятия разрешено выполнять одному лицу, в том числе включение заземляющих ножей. Однако наложение переносных заземлений и в этом случае должны производить два лица.

Рассмотрим каждое из перечисленных технических мероприятий.

**Отключение токоведущих частей.** Отключают оборудование, подлежащее ремонту, и те токоведущие части, к которым при работе можно случайно прикоснуться или приблизиться на опасное расстояние. Опасными считаются расстояния меньше тех, что указаны в табл. 11.

Отключенный участок отделяют со всех сторон от токоведущих частей, от которых может быть подано напряжение. Разрыв должен быть видимым с каждой стороны. Видимый разрыв разрешается создавать отключенными разъединителями и выключателями нагрузки, отделителями (если они не имеют автоматического привода на включение), снятыми предохранителями, отсоединенными перемычками или частями ошиновки.

Приводы разъединителей, отделителей, выключателей нагрузки механически запирают навесным или блокировочным замком, специальным болтом или штифтом для предупреждения их ошибочного или самопроизвольного включения. При дистанционном управлении снимают предохранители обоих полюсов в силовой цепи привода.

В электроустановках напряжением до 1000 В тоже необходим видимый разрыв цепи питания. Для этого отключают рубильники. Чтобы отключенное положение контактов было видно, следует открыть щитки, дверцы, кожухи.

Когда же токоведущие части отключают аппаратами автоматически или дистанционно, принимают меры, устраняющие ошибочное включение контакторов, т. е. снимают предохранители в цепи оперативного тока, отсоединяют концы включающей катушки магнитного пускателя.

При выполнении операций по отключению напряжения соблюдают соответствующие меры безопасности. Плавкие предохранители снимают с помощью изолирующих клещей, в диэлектрических перчатках и предохранительных очках.

**Вывешивание запрещающих плакатов и ограждение неотключенных токоведущих частей.** На ключах управления и приводах, на предохранителях, при помощи которых может быть подано напряжение к месту работы, вывешивают плакаты «Не включать — работают люди».

На приводах с пневматическим управлением запирают вентиль подвода воздуха и вывешивают на нем плакат «Не открывать — работают люди». Из емкостей воздух спускают.

Если расположенные вблизи места работ токоведущие части не могут быть отключены, их надежно ограждают. Расстояние от ограждения до токоведущей части, как правило, должно быть не меньше следующего:

Номинальное напряжение, кВ	Минимальное расстояние, м
До 15 включительно	0,35
Выше 15 до 35	0,6
Выше 35	см. табл. 11

В установках напряжением до 1000 В доступные прикосновению, но по необходимости неотключенные токоведущие части изолируют накладками, колпаками из изоляционных материалов. В установках напряжением 15 кВ и ниже специально проверенное ограждение накладывают в особых случаях непосредственно на токоведущие части с максимальной осторожностью и обязательно в присутствии второго лица.

**Проверка отсутствия напряжения.** После того как напряжение снято, необходимо удостовериться в том, что оно действительно отсутствует, и затем немедленно заземлить отключенные токоведущие части.

Отсутствие напряжения проверяют в следующем порядке. Вывесив плакаты и установив временные ограждения, снимают у места работ постоянные ограждения. Переносное заземление присоединяют одним концом к металлической шине, соединенной с заземляющим устройством (свободные концы с другой стороны переносного заземления будут присоединены к отключенной токоведущей части после того, как удостоверятся в том, что напряжения на ней нет).

Отсутствие напряжения проверяют указателем напряжения. Перед использованием исправность указателя напряжения обязательно проверяют, приближая его щуп к заведомо находящимся под напряжением токоведущим частям на расстояние, достаточное для появления свечения лампы. Если лампа начинает светиться, то указатель исправен.

Если вблизи места работы нет находящихся под напряжением токоведущих частей или специального прибора, то проверить указатель следует заранее в другом месте, например на свече автомашины, после чего надо тщательно охранять его от ударов, тряски, падения. Заземлять указатель не разрешается. Указателем напряжения пользуются в диэлектрических перчатках.

Убедившись в исправности указателя напряжения, начинают проверять отсутствие напряжения на отключенных токоведущих частях между фазами, между каждой фазой и землей, между фазами и нулевым проводом. Для этого указателем напряжения касаются проверяемых частей, например у выключателя — всех шести выводов.

Если при приближении к токоведущей части указатель покажет напряжение, то прикасаться к ней не следует, необходимо установить на место снятые ограждения и выяснить причину появления напряжения.

При проверке отсутствия напряжения с деревянных опор или лестниц на линиях напряжением до 20 кВ емкостный ток недостаточен для свечения лампы. В этом случае допускается заземлять указатель специальным проводником. Применять указатель напряжения в сырую погоду не разрешается.

Делать заключение об отсутствии на установке напряжения по показаниям сигнальных ламп, вольтметра и т. п. ни в коем

случае нельзя, так как они являются только вспомогательными средствами контроля.

**Наложение и снятие заземления.** После того как проверено отсутствие напряжения, отключенные токоведущие части немедленно заземляют с помощью переносного заземления, один конец которого уже присоединен к магистрали заземления.

При этом вначале зажимы переносного заземления накладывают на отключенные токоведущие части с помощью изолирующей штанги, а затем уже закрепляют эти зажимы штангой или вручную. Работать необходимо в диэлектрических перчатках.

Снимают заземление в обратном порядке, т. е. сначала с токоведущих частей, а затем с заземляющей шины (с помощью изолирующей штанги и в диэлектрических перчатках).

Заземления располагают на безопасном расстоянии от остающихся под напряжением токоведущих частей.

Накладывают заземления со всех сторон, откуда может быть подано напряжение так, чтобы отключенный для работы участок или оборудование находилось между ними. Этим обеспечивается наиболее надежная защита работающих от случайного появления напряжения. Например, на трехобмоточном силовом трансформаторе заземления ставят с трех его сторон.

В ячейке отходящего фидера заземления ставят не только со стороны питающих шин, но и на ножах линейных разъединителей. Если работы ведут при полном снятии напряжения, то для сокращения количества устанавливаемых переносных заземлений допускается заземлять шины и только то присоединение, где производится работа, а при переходе на другое — переставлять переносное заземление. Разумеется, работать можно только на том присоединении, на котором установлено заземление.

На воздушных линиях электропередачи в зависимости от рода выполняемых ремонтных работ, на проводах отключенной линии каждая бригада ставит один или два комплекта заземлений.

На токоведущих частях места наложения заземления выделяют двумя черными полосами, промежуток между которыми зачищают до металла. На заземляющей шине для присоединения заземления обычно монтируют специальные барашки.

Заземляющие проводники изготавливают из гибкого медного провода сечением не менее 25 мм<sup>2</sup>, соединения их путем скрутки или заземление случайными проводниками не допускается.

Для точного и правильного учета все комплекты переносных заземлений нумеруют и хранят в определенных местах. Сведения об установленных комплектах заземлений дежурный записывает в оперативном журнале, где указывает номер заземления и место его установки.

**Ограждение рабочего места и вывешивание предостерегающих и напоминающих плакатов.** Вдоль пути от входа в электро-

установку до места ремонтных работ устанавливают временные ограждения или переносные щиты.

На временных ограждениях участка ремонтных работ и на постоянных ограждениях соседних ячеек вывешивают плакат: «Стой — высокое напряжение!» (при напряжении выше 1000 В) или «Стой — опасно для жизни!» (при напряжении до 1000 В).

На открытых подстанциях участок для ремонтных работ выделяют с помощью каната, натягиваемого по периметру участка. На канате закрепляют плакат «Стой — высокое напряжение!», обращая его внутрь, к месту работы.

Если работы ведутся на высоте, то на общих конструкциях, поддерживающих токоведущие части, вывешивают плакат «Стой — высокое напряжение!». На конструкции, по которой поднимаются к месту работы, вывешивают плакат «Влезать здесь», на остальных конструкциях — плакат «Не влезай — убьет!». Плакат «Работать здесь» помещают там, где будут вести работу.

Временные ограждения и плакаты запрещено переставлять или убирать. Вывешивать и снимать плакаты разрешается только оперативному персоналу.

#### **§ 26. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТ С ПОЛНЫМ ИЛИ ЧАСТИЧНЫМ СНЯТИЕМ НАПРЯЖЕНИЯ**

**Общие положения.** Работы в электроустановках проводят по наряду, устному или телефонному распоряжению.

*Нарядом на работу в электроустановках* называется письменное распоряжение, определяющее место, время начала и окончания работы, условия ее безопасного выполнения, состав бригады и лиц, ответственных за безопасность работающих.

Организационные мероприятия при подготовке рабочего места и в период работы следующие: оформление работы нарядом или распоряжением; допуск к работе; надзор во время работы; соблюдение определенного порядка и оформление записью в журнале перерывов в работе, переходов на другое рабочее место, окончания работы.

Ответственными за безопасность являются: лицо, выдавшее наряд или распоряжение; допускающий к работе; ответственный руководитель работ; производитель работы; наблюдающий; члены бригады.

*Лицо, выдавшее наряд или устное распоряжение*, перед тем, как выдать наряд или распоряжение, определяет объем работы и возможность ее безопасного выполнения, назначает ответственного руководителя и производителя работы. Право выдачи нарядов предоставлено лицам, уполномоченным распоряжением по предприятию и имеющим V квалификационную группу, а в установках напряжением до 1000 В — не ниже IV.

*Допускающий* несет ответственность за достаточность мер безопасности, правильное их выполнение на месте работы, правильный допуск и оформление переходов и окончания работы. Допускающий является ответственным лицом из числа оперативного персонала. Он должен иметь квалификационную группу не ниже IV (в установках напряжением до 1000 В — не ниже III).

*Ответственный руководитель* при работах по наряду отвечает за соответствие состава бригады и квалификационной группы работающих выполняемой работе. Принимая рабочее место от допускающего, он наравне с ним ответствен за правильную подготовку рабочего места и достаточность мер безопасности. Ответственным руководителем работы может быть назначен инженер, техник, мастер, имеющие V квалификационную группу. При работах в электроустановках напряжением до 1000 В и по распоряжениям ответственный руководитель не назначается. Состав бригады определяет лицо, отдавшее распоряжение. Функции ответственного руководителя выполняет производитель работы.

*Производитель работы*, принимая рабочее место от допускающего, несет ответственность за правильную подготовку рабочего места и выполнение мер безопасности, за соблюдение правил безопасности им самим и членами бригады, следит за исправностью инструмента и приспособлений. Он внимательно наблюдает за работающими. Производителем работы назначаются бригадир, старший монтер, опытный монтер, имеющие IV, а в установках до 1000 В — III квалификационные группы. Поименный список лиц, назначаемых ответственными руководителями и производителями работ по наряду, утверждается распоряжением по предприятию.

*Наблюдающий* назначается для надзора за бригадами строительных рабочих и лиц неэлектротехнической специальности. Он отвечает за правильную подготовку рабочего места и соблюдение работающими правил безопасности. Следит за тем, чтобы ограждения, плакаты, заземления не снимались и не переставлялись. Наблюдающему запрещается совмещать надзор с другой работой.

*Члены бригады* отвечают за соблюдение ими лично правил безопасности и указаний, полученных при допуске к работе и во время работы.

Разрешается в одном лице совмещать обязанности двух лиц из числа следующих: выдающего наряд, ответственного руководителя и производителя работы. В электроустановках напряжением до 1000 В допускается совмещать обязанности допускающего и производителя работы (с разрешения лица, отдавшего распоряжение).

*Наряд на работу*. По наряду выполняют работы с полным или частичным снятием напряжения, а также работы без снятия напряжения вблизи и на токоведущих частях, находящихся

под напряжением. Наряд вручает допускающий производителю работы после допуска бригады к работам. Его заполняют в двух экземплярах чернилами или химическим карандашом под копирку, четко и ясно. Исправления и перечеркивания в наряде не разрешаются.

Наряд выдается на весь период работы. Срок его действия не ограничивается. При перерывах в работе наряд остается действительным, если не изменялись условия работы, относящиеся к подготовке и состоянию рабочего места. Изменение и расширение рабочего места возможны только в том случае, если будет выписан новый наряд. На удаленные объекты наряд может быть передан по телефону старшим дежурным.

По окончании работы наряд ежедневно сдается дежурному. Когда работа закончена полностью, наряд подписывается (закрывается) ответственным руководителем работы и старшим дежурным.

**Допуск к работе.** Технические мероприятия по подготовке рабочего места дежурный выполняет обычно за 1—2 ч до начала работ. Непосредственно перед началом работы ответственный руководитель, производитель работы и старший дежурный (допускающий) вновь проверяют, выполнены ли все меры безопасности, и только после этого старший дежурный приступает к допуску бригады.

Он проверяет, соответствует ли содержание работы, состав бригады и квалификация ее членов (по именным удостоверениям) записи в наряде; объясняет откуда снято напряжение, где наложены заземления, какие части поблизости остались под напряжением; убеждается, что все, изложенное им, бригадой понято.

Далее допускающий доказывает бригаде, что на отключенных частях напряжение отсутствует: при напряжении выше 35 кВ — путем показа наложенных заземлений; при напряжении 35 кВ и ниже — вначале с помощью указателя напряжения, а затем прикосновением к токоведущим частям рукой. Если заземления установлены непосредственно у места работы, то рукой можно не касаться. Затем допускающий дает разрешение производителю работы начинать работу и вручает ему наряд.

После допуска производитель работы не имеет права отлучиться с рабочего места и оставить бригаду без надзора. Допуск к работе производится ежедневно.

**Надзор во время работы.** В процессе работы производитель работы или наблюдающий обязан предотвращать возможные нарушения правил безопасности членами бригады. Если ему нужно отлучиться, то он должен оставить вместо себя ответственного руководителя или вывести бригаду и запереть вход в электроустановку.

При необходимости члены бригады могут ненадолго отлучаться с места работы. Производитель работы должен проинструктировать их о пути безопасного передвижения.

Во время работ с частичным снятием напряжения работник и даже производитель работы, как правило, не могут оставаться на месте работы одни без присмотра.

**Перерывы в работе.** Если во время работы бригады наступает перерыв, то вся бригада обязана покинуть электроустановку. Вход в неё запирается. Наряд остается у производителя работы или наблюдающего. Без них никому из работающих не разрешается приступать к работе:

После окончания перерыва производитель работы или наблюдающий собирает бригаду, сопровождает ее к месту работы и допускает к работе.

Если перерыв в работе вызван необходимостью пробного включения напряжения, все члены бригады покидают электроустановку. Производитель работы сдает наряд. Дежурный снимает временные ограждения, заземления и плакаты, устанавливает на свое место постоянные ограждения. Бригада допускается к работе после пробного включения заново.

Возможны случаи, когда требуется немедленно включить в работу выведенное в ремонт оборудование. Оперативный персонал может это сделать в отсутствие бригады и без сдачи производителем работы наряда. На участке, где велись ремонтные работы, остается специально работник, который обязан предупредить работавших о том, что оборудование включено под напряжение. Этот работник должен находиться на своем месте до тех пор, пока все члены бригады не будут предупреждены о включении установки, а производитель работы не сдаст наряд.

**Переход на другое рабочее место.** На работу в разных местах или на разных этажах одного электрического присоединения может быть выдан один наряд. В этих случаях старший дежурный подготавливает одновременно все рабочие места, но допускает только на одно рабочее место. При переходе ремонтной бригады на другое рабочее место он каждый раз заново производит допуск и делает об этом пометку в наряде.

**Окончание работ и подготовка оборудования к включению в работу.** Работа считается полностью законченной после уборки рабочих мест. Ответственный руководитель осматривает участок, удаляет бригаду с места работы и сдает наряд дежурному. Дежурный проверяет состояние рабочих мест, после чего закрывает наряд и подготавливает оборудование к включению:

отключает заземляющие ножи, снимает переносные заземления и проверяет по месту хранения, все ли переносные заземления в наличии для того, чтобы на присоединии, предназначенном для включения, не оставить забытых наложенных заземлений;

с помощью мегомметра или от специальной испытательной установки проверяет изоляцию прошедшего ремонт присоединения (если в этом есть необходимость);

снимает плакаты «Работать здесь», «Влезать здесь» и убирает временные ограждения;

устанавливает на место постоянные ограждения и плакаты, запоры и замки; снимает переносные плакаты;

запирает помещение электроустановки или открытое распределительное устройство.

На оборудование может быть подано напряжение по распоряжению дежурного персонала, в ведении которого оно находится. В электрических сетях оборудование включает оперативный персонал после сообщения от всех производителей работ или ответственного руководителя о том, что работы закончены, бригады с линии удалены, заземления сняты. Сообщения могут передаваться с нарочными, по телефону, радио.

#### **§ 27. РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ВБЛИЗИ ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ, И НА НИХ**

Основной мерой безопасности является размещение работающих на безопасных расстояниях от токоведущих частей, находящихся под напряжением. Работать следует с применением основных и дополнительных средств защиты. За работающими устанавливается непрерывный надзор.

Работы вблизи токоведущих частей, находящихся под напряжением, допускаются в том случае, если работающий стоит на полу или на подмостях. Расстояния между работающими и токоведущими частями при работах, проводимых как вблизи, так и на токоведущих частях, указаны в § 25 и табл. 11.

Токоведущие части, находящиеся под напряжением, должны быть расположены впереди работающего в поле зрения или только с одной стороны. Работы запрещаются, если токоведущие части находятся сзади работающего или с обеих его сторон, так как он может случайно их коснуться при внезапных или резких движениях. Также не разрешается работать в согнутом положении, если при выпрямлении работающий окажется на расстоянии от токоведущих частей, меньшем допустимого.

Если невозможно сохранить требуемые расстояния между работающим и токоведущими частями, то работать разрешается при наличии передвижных ограждений, устанавливаемых на указанных выше расстояниях от токоведущих частей. В особо опасных помещениях на неотключенных токоведущих частях работать запрещено.

#### **§ 28. РАБОТЫ ПО РАСПОРЯЖЕНИЯМ**

Большое число работ в электроустановках выполняется не по наряду, а по устному распоряжению непосредственно или по телефону. Устное распоряжение записывают в оперативный журнал: указывают его содержание, кем оно отдано, место и наименование работы; срок ее выполнения, фамилию, инициалы, квалификационную группу производителя работы и членов бригады, отмечают окончание работы. Распоряжение на работу действует в течение суток.

Работы по распоряжениям выполняет оперативный персонал единолично, ремонтный и персонал спецслужб — обязательно вдвоем или под наблюдением оперативного. Квалификационная группа производителя работы должна быть не ниже III, в ряде случаев — не ниже IV.

Рассмотрим перечень работ, выполняемых по распоряжению.

*I. Работы без снятия напряжения вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением.*

1. Монтаж, проверка, регулировка, снятие для ремонта и установка измерительных приборов, устройств релейной защиты, автоматики, телемеханики, связи, работа в приводах коммутационных аппаратов, во вторичных цепях, в цепях электроприводов. Эти работы требуют большей предосторожности и поэтому их выполняет бригада не менее чем из двух человек, один из которых должен иметь IV квалификационную группу; или оперативное лицо с III квалификационной группой — единолично. В помещении электроустановок, в которых ведутся указанные работы, не должно быть доступных прикосновению токоведущих частей, находящихся под напряжением выше 1000 В: они должны располагаться в ячейках или камерах, полностью закрытых постоянными прочными ограждениями или располагаться на недоступной высоте; в открытых распределительных устройствах шкафы релейной защиты, агрегатные шкафы и приводы выключателей должны быть вынесены за сетчатое ограждение.

2. Работы по ремонту строительной части ЗРУ, ремонту фундаментов оборудования, перекрытию кабельных каналов, надзору за сушкой трансформаторов, ремонту маслоочистителей, проверке воздухоосушительных фильтров, замене сорбентов.

3. Уборка и благоустройство территории ОРУ, скашивание травы, расчистка от снега дорог и проходов, транспортировка грузов, их разгрузка и погрузка, уборка коридоров и помещений ЗРУ, уборка за панелями щитов управления; ремонт осветительной аппаратуры и замена ламп, расположенных вне камер; уход за щетками и их замена на электродвигателях; возобновление надписей на кожухах и ограждениях.

Оперативный персонал может выполнять работы, указанные в пп. 2 и 3, единолично в порядке текущей эксплуатации по распоряжению, но без записи в журнал.

*II. Работы с полным или частичным снятием напряжения, выполняемые с наложением заземлений, — небольшие по объему, кратковременные не более 1 ч (отсоединение и присоединение кабеля к отдельному электродвигателю, переключение ответвлений на силовом трансформаторе, подтяжка и зачистка контактов на ошиновках, доливка масла, устранение течи масла).* Эти работы выполняются под наблюдением оперативного персонала с квалификационной группой не ниже IV или им лично. При этом выполняются все технические мероприятия, указанные в § 25, за исключением ограждения рабочего места.

III. Работы без снятия напряжения вблизи токоведущих частей, находящихся под напряжением, и на них (чистка и мелкий ремонт арматуры кожуха, маслоуказательных стекол на баках выключателей, расширителях трансформаторов, присоединение аппаратуры для сушки масла, измерения токоизмерительными клещами тока нагрузки, проверка нагрева контактов штангой, определение штангой места вибрации шин, фазировка, контроль изоляторов и соединителей, доливка и взятие проб масла). Эти работы являются опасными. Они выполняются не менее чем двумя лицами, включая лицо оперативного персонала с квалификационной группой не ниже IV, которое осуществляет непрерывный надзор за работающими с соблюдением необходимых мер безопасности.

IV. Без наряда с записью в оперативный журнал ведутся текущие работы: не требующие снятия напряжения (уборка помещений до ограждения, чистка и обтирка кожухов и корпусов электрооборудования, находящегося под напряжением, доливка масла в подшипники, уход за кольцами и коллекторами электрических машин, замена пробочных предохранителей); со снятием напряжения (ремонт магнитных пускателей, пусковых кнопок, рубильников, реостатов и другой пусковой и коммутационной аппаратуры, установленной вне щитов и сборок; ремонт отдельных электроприемников, замена плавких вставок открытого типа; ремонт осветительной проводки).

Эти работы осуществляет оперативный или по его распоряжению ремонтный персонал, закрепленный за данной электроустановкой.

Перечень работ, выполняемых по распоряжению, может быть видоизменен в зависимости от местных условий, или дополнен распоряжением по предприятию, согласованным с технической инспекцией профсоюза.

#### **§ 29. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ АВАРИЙ И ЛИКВИДАЦИЯ ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ**

Восстановительные (в аварийных случаях), а также кратковременные, не терпящие отлагательства работы по устранению неисправностей, которые могут привести к аварии (например, нагрев контактов, загрязнение изоляции и др.), выполняет либо оперативный персонал (при напряжении выше 1000 В — не менее двух лиц), либо ремонтный персонал под наблюдением оперативного или административного электротехнического персонала с квалификационной группой V (в установках до 1000 В — с IV) в случае занятости оперативного. Работы производятся без наряда, но во всех случаях с соблюдением всех технических мероприятий, обеспечивающих безопасность людей. Оперативный персонал принимает участие в ликвидации последствий аварии с разрешения вышестоящего дежурного; при отсутствии связи такого разрешения не требуется. Если в элек-

троустановке предприятия аварийные работы проводит дежурная бригада электросетей, то необходим наряд и допуск к работе. При отсутствии на месте лиц, имеющих право выдавать наряд, его может выдать дежурный или оперативно-ремонтный персонал предприятия.

### § 30. ЗАЩИТА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ЧАСТОТЫ 50 Гц

В электроустановках высокого напряжения под проводами линий электропередачи напряжением 330—500—750 кВ создается электромагнитное поле переменного тока промышленной частоты (50 Гц). Оно неблагоприятно влияет на центральную нервную систему человека, вызывает учащенное сердцебиение, повышает кровяное давление и температуру тела. Работоспособность человека падает. Он быстро утомляется. К концу рабочего дня человек становится вялым, сонливым. Все эти отклонения являются нестойкими, после отдыха они обычно исчезают.

Воздействие электрического поля на человека зависит от напряженности поля и длительности пребывания в зоне его влияния. *Зоной влияния* называют пространство, в котором напряженность электрического поля  $E \geq 5000$  В/м. Граница зоны влияния располагается на расстоянии от ближайших токоведущих частей (по воздуху):

для напряжения	400 и 500 кВ	— 20 м	
»	»	750 кВ	— 30 м

Величина напряженности поля определяется расстоянием от токоведущих частей установки до места нахождения человека: чем больше расстояние, тем меньше напряженность поля.

Например, напряженность электрической составляющей поля в распределительных устройствах напряжением 500 кВ на высоте роста человека может достигать значений  $E = 3000—15000$  В/м, а емкостный ток, протекающий через тело человека, может быть 400—520 мкА (0,4—0,52 мА).

Прикосновение человека, находящегося в электрическом поле, к заземленным конструкциям сопровождается искровым разрядом. Через тело человека проходит ток, вызывающий неприятные, а иногда болезненные ощущения покалывания.

В правилах безопасности нормируется допустимое время пребывания работающих (без защитных средств) в зоне влияния в течение суток в зависимости от напряженности электрического поля:

Напряженность электрического поля $E$ , В/м	Допустимая длительность пребывания в зоне влияния в течение суток
5 000	Не ограничено
10 000	3 ч
15 000	1,5 ч
20 000	10 мин
25 000	5 мин

При напряженности  $E < 5000$  В/м влияние поля практически неощутимо. Продолжительность работы в нем не ограничивается.

Для защиты от действия электрического поля тока промышленной частоты при работах в электроустановках напряжением 330—500 кВ и выше применяют защитный костюм, сетчатые экраны, навешивают экранирующие козырьки и тросы, которые надежно заземляют.

Работы в сборках, панелях, цепях напряжением до 1000 В, расположенных в распределительных устройствах напряжением 400, 500, 750 кВ, проводятся только с использованием заземленных экранирующих средств, применение экранирующих костюмов не допускается.

Стационарные козырьки, навесы и перегородки выполняются из металлической сетки с ячейками не менее  $50 \times 50$  мм и соединяются с заземляющим устройством. Козырьки устанавливают над шкафами аппаратуры управления, щитками и сборками. Их ширина не менее 1 м. Навесы размещают над проходами и участками ОРУ, с которых осматривается оборудование. Высота навесов — 2—2,5 м, ширина 1,5 м. Перегородки устанавливают между воздушными выключателями на высоте 2—3 м от земли. Габариты перегородки должны быть не менее габаритов выключателя.

Вместо сетки используют прутковую сталь, тросы диаметром 5—6 мм. Прутки (тросы) натягивают параллельно на расстоянии 15—20 см. Тросовая защита рекомендуется над проходами и дорожками.

В случае, когда работу в зоне влияния поля нельзя выполнять в экранирующем костюме или отсутствуют стационарные экраны, используют временные передвижные экраны. Передвижные экраны могут быть также в виде козырьков, навесов из сетки или в виде палаток, навесов из специальной металлизированной ткани или ткани, покрытой алюминиевой краской.

На подстанциях, где экранирование рабочих мест и пешеходных дорожек не предусматривалось проектом или неосуществимо, для защиты от действия электрического поля применяют защитные костюмы.

Костюм изготавливается из металлизированной ткани и соединяется с землей для отвода емкостных токов. Он может полностью экранировать тело, при этом обеспечивается полная защита от емкостного тока, но создается неудобство при передвижении и затрудняется терморегуляция тела. Защитный костюм с полным экранированием сделан в виде комбинезона с откидным капюшоном, надеваемого на верхнюю одежду, и специальной обуви, имеющей токопроводящую подошву.

Экспериментальная проверка эффективности защиты, осуществляемой с помощью костюмов без капюшонов, показала, что ток, проходящий через тело человека, даже при самых больших сопротивлениях заземления костюма, в 16 раз меньше по-

сравнению с током, протекающим через тело человека без защитного костюма.

Если заземлить костюм через общую сеть заземления, проходящий через тело человека ток уменьшается в 26 раз. Это обеспечивает полную безопасность работающего.

### § 31. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ К НЕКОТОРЫМ ВИДАМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ

**Трансформаторы.** В трансформаторах содержатся сотни килограммов масла, разлив и загорание которого опасно. Поэтому здания, в которых устанавливаются трансформаторы, должны иметь I или II степень огнестойкости, т. е. сооружаться из негорючих материалов, способных противостоять действию огня в течение 2—3 ч. Открытая установка трансформаторов допускается вблизи стен промышленного предприятия, обслуживаемого или технологически связанного с этим трансформатором. Расстояния от трансформаторов до стен промышленных предприятий или жилых зданий должны быть не менее 7—10 м.

Для защиты от случайных прикосновений к токоведущим частям или к баку открыто установленные трансформаторы в производственных помещениях ограждаются сетчатой перегородкой высотой не менее 2 м. В ОРУ трансформаторы, у которых нижняя кромка фарфора изоляторов расположена над уровнем планировки менее 2,5 м, ограждают на высоту не менее 1,7 м.

Двери закрытых трансформаторных подстанций и камер запирают на замок. На дверях укрепляют предупредительный плакат (см. § 10). На баках надписывают порядковый номер трансформатора и его мощность.

При единоличном осмотре нельзя заходить в камеру трансформатора: следует стоять перед барьером. Если трансформатор осматривают два лица (старший с IV квалификационной группой), то одному из них разрешается войти в камеру и проверить показания термометров, состояние кожухов, отсутствие дечи масла, его уровень в расширителе, состояние устройств маслоохлаждения и маслосбора, отсутствие нагрева контактов, исправность сигнализации, заземления. Во время осмотра нельзя приближаться к токоведущим частям на расстояния менее указанных в табл. 11. В случае пожара масло из баков трансформаторов быстро сливают в дренаж (гравий или щебень) и отводят в безопасное место. Для этого под трансформатором имеется яма с гравийной засыпкой толщиной 0,25 м. Она выступает за габариты аппарата на 0,6—1 м. Такой маслоприемник рассчитан на случай аварийного разлива всего объема масла. Бетонированный маслоприемник вмещает не менее 20% масла с отводом его в дренажную систему.

Мощные трансформаторы отделяются перегородкой из негорючего материала с пределом огнестойкости не менее 1,5 ч.

Перегородка должна перекрывать габариты трансформатора на 1 м с каждой стороны и выступать над выводами.

**Электродвигатели.** В помещениях без повышенной опасности и сухих применяют электродвигатели в открытом и защищенном исполнении (от попадания посторонних предметов, капель жидкости, брызг). Открытое исполнение (рис. 61, а) обеспечивает хороший отвод тепла, но не гарантирует от случайного прикосновения к токоведущим частям или захвата одежды вращающимися частями. Поэтому такие двигатели небезопасны. В защищенных электродвигателях (рис. 61, б) все токоведущие части укрыты. Если воздух в помещении загрязнен, то используют защищенные электродвигатели с охлаждающей рубашкой, через которую вентилятором нагнетается чистый охлажденный воздух (продуваемое исполнение).

В пыльных помещениях или в помещениях с химически активной средой устанавливают наглухо закрытые электродвигатели (рис. 61, в).

В цепи электродвигателей, у которых возможна перегрузка, устанавливают защиту от перегрузки, работающую на сигнал, автоматическую разгрузку механизма или на отключение. Ток плавкой вставки  $I_{п.в}$  для защиты от замыканий рассчитывается в зависимости от величины пускового тока  $I_{пуск}$ :

для двигателей с легкими условиями пуска механизма

$$I_{п.в} = \frac{I_{пуск}}{2,5},$$

для двигателей с тяжелыми условиями пуска

$$I_{п.в} = \frac{I_{пуск}}{2 - 1,6}.$$

Часто даже при правильно выбранном исполнении и хорошей конструкции электродвигателя электропроводку к нему присоединяют небрежно: зажимы остаются открытыми, доступными для случайного прикосновения и загрязнения. Это может привести к несчастному случаю. Поэтому питающие кабели или

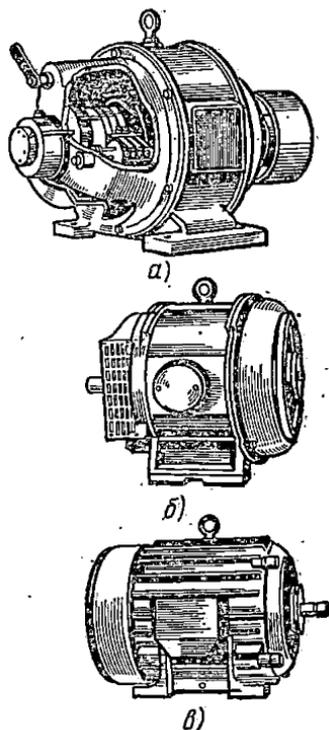


Рис. 61. Виды исполнения электродвигателей:

а — открытый, б — защищенный от попадания посторонних предметов, в — закрытый

провода присоединяются к двигателю в закрытой коробке зажимов. Выводы обмоток маркируют и присоединяют к питающим их проводам с помощью зажимов. Присоединять провода без зажимов запрещается. Кабельную воронку или трубу с питающими проводами подводят непосредственно к коробке зажимов. Все это закрывается кожухом, снять который без отвинчивания болтов невозможно.

Пусковую аппаратуру помещают в герметичный кожух. Вращающиеся части (валы, муфты, вентиляторы) надежно ограждают.

При несчастном случае или его угрозе необходимо отключить электродвигатель аварийно (при появлении дыма из электродвигателя, вибрациях сверх допустимых норм, недопустимом нагреве подшипников или корпуса двигателя).

Электродвигатели (независимо от напряжения) можно ремонтировать без наряда по распоряжению, когда питающий кабель отсоединен от его зажимов, концы кабеля замкнуты накоротко и заземлены. Если же кабель не отсоединен и двигатель (при напряжении выше 1000 В) отключен только выключателем и разъединителем, то ремонт оформляется нарядом (см. § 26).

Перед началом ремонта мастер делает запись в журнале о необходимости остановки электродвигателя (для каких работ, какого цеха, по чьему распоряжению). Дежурный отключает двигатель выключателем и разъединителем. На ключе управления выключателем и на приводе разъединителя вывешивают плакат «Не включать — работают люди». Затем принимают меры, препятствующие ошибочному включению выключателей и разъединителей, например снимают рукоятки с приводов, запирают приводы на замок, выкатывают выключатель из ячейки комплектного устройства. Чтобы не допустить вращения двигателя в обратную сторону со стороны приводимого механизма, закрывают и запирают вентили, шиберы этих механизмов. На запорах вывешивают плакаты «Не открывать — работают люди».

Электродвигатели напряжением выше 1000 В с пусковой аппаратурой, имеющей ручное управление, включают и отключают в диэлектрических перчатках с изолирующего основания.

До начала ремонта начальники смены электрического и соответствующего механического цехов, ответственный руководитель и производитель работы лично проверяют надежность отключения электродвигателя от сети и самого механизма от других электродвигателей, находящихся в работе. Перед тем как разобрать вращающийся механизм, еще раз убеждаются в том, что он надежно отключен.

Для опробования после ремонта электродвигатель включают с большими предосторожностями: устанавливают на место ограждения, удаляют людей, сдают наряд. Начальник смены и ответственный руководитель убеждаются в том, что нет угро-

зы ни людям, ни оборудованию, и о предстоящем опробовании записывают в журнал. После этого разрешается включать электродвигатель.

**Конденсаторные установки.** Конденсаторам свойственно сохранять остаточный заряд после отключения. Опасность остаточного заряда характеризуется тремя величинами: начальным большим током разряда, длительностью разряда и выделяющимся при разряде теплом, которое может причинить ожог, аналогичный ожогу от струи пара. Обкладки отключенного конденсатора разряжают специально на разрядные сопротивления. При напряжении выше 1000 В разрядные сопротивления должны быть присоединены к конденсаторам. Между этими сопротивлениями и конденсаторами нельзя размещать коммутационную аппаратуру. При напряжении до 1000 В разрядные сопротивления присоединяются к конденсаторам автоматически в момент отключения последних.

После разрядки на общее разрядное сопротивление производится контрольный разряд специальным разрядником — металлическим стержнем, укрепленным на изолирующей штанге. Работа на конденсаторе до контрольного разряда строго запрещена во избежание поражения остаточным зарядом.

При работе конденсаторов возможно перегорание одного из предохранителей 2 отдельной секции (рис. 62). После отключения батареи выключателем 1 секция с перегоревшим ранее предохранителем останется под напряжением, так как не произойдет ее разряда на общее разрядное сопротивление. Поэтому перед осмотром отключенной батареи необходимо убедиться в разряде не только всей батареи, но и отдельных секций и входящих в них конденсаторов.

Сгоревшие или неисправные предохранители разрешается заменять после контрольного разряда всех конденсаторов разрядной штангой. Контрольный разряд производят путем поочередного замыкания накоротко всех выводов каждого из конденсаторов, входящих в состав батарей (индивидуальная защита); либо разряжают каждую группу конденсаторов (групповая защита); либо замыкают накоротко шины соответствующего конденсатора в ошиновке батареи (общая защита).

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Расскажите о классификации работ, предусмотренной правилами техники безопасности в действующих электроустановках.
2. С какой целью проводят осмотры электроустановки и каковы меры безопасности при осмотрах?

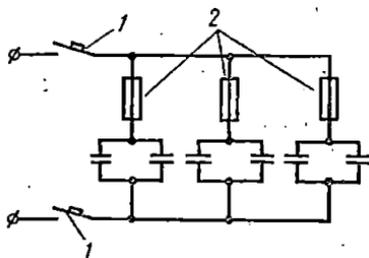


Рис. 62. Схема включения предохранителей в батарее конденсаторов:

- 1 — автоматические выключатели,  
2 — предохранители секций

3. Какие меры безопасности необходимо соблюдать при работах без снятия напряжения?

4. Каков порядок оперативных переключений электрооборудования?

5. Что называется бланком переключений? В каких случаях производят переключения по бланкам?

6. Как готовят рабочее место для безопасного проведения ремонтных работ с полным или частичным снятием напряжения?

7. Расскажите о порядке проверки отсутствия напряжения.

8. В какой последовательности производят наложение и снятие переносных заземлений?

9. Перечислите организационные мероприятия при подготовке безопасного рабочего места для ремонтных работ с частичным или полным снятием напряжения.

10. Расскажите о порядке допуска ремонтной бригады к работе в действующей электроустановке.

11. Кто ответствен за безопасность работающих в электроустановках?

12. Расскажите о подготовке отремонтированного электрооборудования к включению под напряжение.

13. Какие меры безопасности необходимо соблюдать при работах, выполняемых в зоне влияния электрических полей частотой 50 Гц?

## Глава V

### МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТАХ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

#### § 32. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ К ВОЗДУШНЫМ ЛИНИЯМ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Наиболее распространенным является способ передачи электроэнергии к потребителю по воздушным линиям электропередачи. Основными считаются электрические сети напряжением 110 кВ и выше и транзитные линии 35 кВ. Они обслуживаются в соответствии с «Правилами техники безопасности при эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше». Воздушные линии электропередачи, столбовые подстанции и воздушные переключательные пункты напряжением до 20 кВ включительно, кабельные линии до 220 кВ включительно, подстанции и распределительные пункты напряжением до 35 кВ включительно, а также сети уличного освещения, вводы в здания, щиты и сборки напряжением до 1000 В считаются распределительными сетями и обслуживаются в соответствии с «Правилами техники безопасности при эксплуатации распределительных электросетей». Все электрические сети и электроустановки потребителей независимо от их подчиненности обслуживаются в соответствии с «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Соблюдение указанных правил обеспечивает безопасность не только работающих в электроустановках, но и посторонних лиц, которые могут оказаться вблизи линии электропередачи или электроустановки.

### § 33. КАТЕГОРИИ РАБОТ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Работы на воздушных линиях электропередачи разделяются на три категории: на отключенной линии вдали от других действующих линий; на отключенной линии вблизи других действующих линий; на линии, находящейся под напряжением.

Кроме того, различают работы:

требующие подъема на высоту более 3 м от уровня земли и на высоту не менее 2 м от уровня нижнего провода (рис. 63);

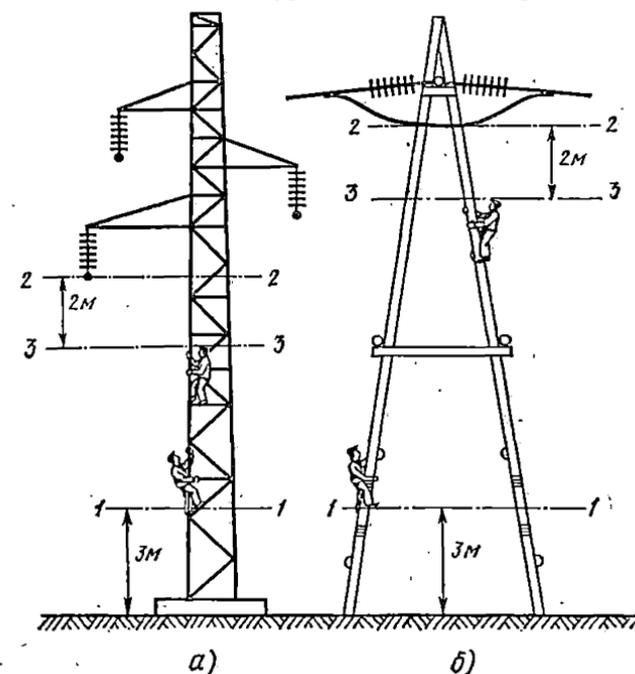


Рис. 63. Предельные уровни подъема на опоры:

*а* — промежуточная опора, *б* — анкерная опора; 1—1 — допустимый уровень подъема на опору на высоту не более 3 м, 2—2 — уровень расположения нижнего провода, 3—3 — допустимый уровень подъема на опору на высоту не более 2 м до уровня подвески нижнего провода

связанные с заменой или реконструкцией элементов опоры или откапыванием стойки опоры на глубину более 0,5 м;

связанные с прикосновением к проводам, тросам или изоляторам рукой, штангой, каким-либо приспособлением;

выполняемые с помощью машин, механизмов, подъемных устройств в охранной зоне линий (охранной называется зона вблизи линии электропередачи шириной 10 м в обе стороны от линий напряжением до 20 кВ включительно; 15 м — 35 кВ; 20 м — 110 кВ; 25 м — 154 и 220 кВ; 30 м — 400—500 кВ);

по вырубке деревьев, которые могут упасть на провода линии.

Указанные работы выполняют по нарядам. Меры безопасности зависят от категории работы. При работах на линиях, находящихся под напряжением, на пересечениях с другими линиями и вблизи других действующих линий, ответственный руководитель и производитель работ назначаются из числа лиц, стаж работы которых на линиях 35 кВ и выше не меньше трех лет. Если они имеют среднее специальное или высшее техническое образование, стаж работы должен быть более одного года.

#### § 34. РАБОТЫ НА ОТКЛЮЧЕННОЙ ЛИНИИ ВДАЛИ ОТ ДРУГИХ ДЕЙСТВУЮЩИХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Для безопасности работ отключают линию со всех сторон (откуда может быть подано напряжение) выключателями и линейными разъединителями или отделителями, не имеющими автоматического привода на включение. Приводы разъединителей и отделителей запирают, на них (и на ключах управления ими) вывешивают плакат «Не включать — работа на линии». Отключения производит оперативный персонал.

На месте работы проверяют отсутствие напряжения и линию заземляют (только вблизи места работы). Для этого накладывают переносное заземление на провода всех фаз. В отдельных случаях переносные заземления устанавливают по обе стороны от места работы с расстоянием между ними не более 2 км.

Заземление на месте работ не требуется, если исключено приближение на опасное расстояние самого работающего, приспособлений и инструмента. Опасным считается расстояние от проводов линии меньше 1 м при напряжениях до 20 кВ, 2 м — 35—220 кВ, 2,5 м — 330 кВ и 3,5 м — 500 кВ.

#### § 35. РАБОТЫ НА ОТКЛЮЧЕННОЙ ЛИНИИ ВБЛИЗИ ДРУГИХ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЛИНИЙ

Работы на пересечениях с другими воздушными линиями. Если рабочее место, инструменты, тяговые канаты, ремонтируемые провода оказываются или могут оказаться на опасном расстоянии от действующей линии, находящейся под напряжением, эту линию надо отключить и заземлить в одном месте — вблизи проведения работ. Опасными считаются следующие расстояния:

Напряжение линии, кВ	Опасное расстояние, м
1	До 1,5
1—20	> 2,0
35—110	> 4,0
150—220	> 5,0
330	> 6,0
500—800	> 9,0

лено на земле) или от заземленной опоры (если устройство укреплено на опоре), также возможно поражение током. Наименьшая допустимая длина изолирующей части устройств и приспособлений для работы под напряжением зависит от величины этого напряжения (табл. 12).

Таблица 12. Наименьшая допустимая длина изолирующей части лестницы, тяг и захватов

Напряжение, кВ	Длина изолирующей части лестницы, м	Длина тяг, захватов, м	Напряжение, кВ	Длина изолирующей части лестницы, м	Длина тяг, захватов, м
35	2,0	0,5	220	3,0	2,0
110	2,0	0,8	330	3,5	2,3
150	2,0	1,3	500	5,5	3,5

При выполнении работ на воздушных линиях, находящихся под напряжением, необходимо пользоваться исправными, чистыми и сухими устройствами и приспособлениями, испытанными повышенным напряжением, и соблюдать меры безопасности. Подавать приспособления, мелкие детали и некоторые инструменты на опору следует при помощи хлопчатобумажного или капронового каната, концы которого связаны. Поднятые по этому канату приспособления и детали вначале устанавливаются и закрепляются на опоре, а затем отцепляются от поводка каната. Чтобы канат не раскачивался, его натягивают. Необходимый для работы на опоре инструмент монтеры, как правило, должны иметь при себе (в сумке). Монтеру, работающему под напряжением на изолирующих устройствах, телескопических вышках и т. п., нельзя ничего передавать, так как при прикосновении к нему произойдет замыкание на землю. Обычно на линиях напряжением до 1000 В работы под напряжением не проводят, за исключением установки и замены пасынков, подкосов, выправки покосившихся опор и других работ, не требующих приближения к проводам на расстояние менее 1,5 м.

Без снятия напряжения на линиях уличного освещения разрешается чистить арматуру, менять лампы и предохранители. При этом должны соблюдаться указанные выше меры безопасности.

Работы без снятия напряжения с подъемом до верха опоры и пофазный ремонт разрешаются в тех случаях, когда расстояние между находящимися под напряжением проводами и опорой, по которой поднимаются работающие, соответствует расстояниям, указанным в табл. 11. Если при работе с опоры линии 35 кВ окажется, что это расстояние меньше 1 м, то в опасных местах следует установить сплошные жесткие ограждения.

Заземления на тросы и отключенный фазный провод накладывают в том же порядке, как и при работах с отключением всей линии.

**Работы, выполняемые без снятия напряжения на линии.** Расчистку трассы от кустарников, проверку степени загнивания или ржавления опор, подтяжку бандажей, установку предупредительных плакатов, ремонт, покраску фундаментов и оснований опор и другие работы, не требующие подъема на высоту более 3 м от земли и откапывания опор на глубину более 0,5 м, выполняет монтер, имеющий II квалификационную группу, единолично по распоряжению. Более сложные работы, связанные с подъемом на опору выше 3 м, но менее 2 м до уровня нижнего провода (замену пасынков, распорок, раскосов, частичную окраску), выполняют по наряду. Если работа связана с заменой или реконструкцией элементов опоры, производитель работы должен иметь IV, а монтеры — III квалификационные группы; при выполнении простых работ производителю работы разрешается иметь III, а монтерам — II группы.

Сложные работы с подъемом до верха опоры и работы на проводах с помощью изолирующих устройств и приспособлений (верховой осмотр, ремонт, выправка и замена опор, их деталей, проводов, тросов, изоляторов, арматуры, измерения и работы с изолирующей штангой) осуществляют производитель работы и электромонтеры IV квалификационной группы. Монтерам, имеющим III квалификационную группу, разрешается выполнять только верховой осмотр, замер загнивания древесины, измерение сопротивления заземления опор, работы с измерительными штангами и другие работы, связанные с подъемом на высоту, не достигая 2 м уровня нижнего провода.

**Работы на отключенной цепи двухцепной линии, когда вторая цепь находится под напряжением.** Основные условия безопасной работы — правильное определение отключенной цепи, исключение ошибок в процессе работы, соблюдение безопасных расстояний от цепи, находящейся под напряжением. Работы на отключенной цепи с подъемом до верха опоры разрешаются в том случае, когда расстояние до ближайшего провода цепи, находящейся под напряжением, составляет:

Напряжение, кВ	Минимально допустимое расстояние, м
35	3
110	4
150	5
220	6
330	7

Заземление на отключенную цепь накладывается в том же порядке, как и на проводах отключенной фазы (см. рис. 65).

На стойках опор, на которых будут работать, вешают красные флажки со стороны цепи, находящейся под напряжением.

На опору поднимаются со стороны отключенной цепи. Заменяемые провода или трос перемещают таким образом, чтобы они не приблизились к проводам, находящимся под напряжением, применяя в случае необходимости оттяжки и канаты. Производитель работы должен иметь IV, а члены бригады, поднимающиеся на опору, III квалификационные группы.

**Пофазный ремонт.** Основные условия безопасной работы — правильное определение отключенной фазы, исключение ошибок в процессе работы, соблюдение безопасных расстояний от проводов фаз, находящихся под напряжением.

Ремонтируемую фазу отключают со всех сторон, откуда может быть подано напряжение, выключателями и линейными разъединителями или отделителями без автоматического привода на включение. Приводы отключенных разъединителей и отделителей запирают. Если разъединители (отделители) не имеют пофазного управления, то на ремонтируемой фазе создают видимый разрыв, демонтируя спуск к разъединителю или петлю на анкерной опоре. Отключенную фазу запрещено заземлять в распределительных устройствах подстанций — заземление на эту фазу накладывают только на линии в одном месте, там, где производятся работы. Это требуется для того, чтобы исключить протекание по цепи «отключенный провод — заземлитель I — земля — заземлитель II» контурного тока, который может возникнуть от э. д. с., наведенной работающими фазами, при наличии заземления в двух местах. По этой же причине на отключенной фазе разрешается работать только одной бригаде. Если есть необходимость в работе нескольких бригад, отключенную фазу делят на электрически несвязанные участки, разъединяя петли на анкерных опорах.

На отключенную фазу линии 110—220 кВ переносное заземление накладывается с предосторожностью: фазу предварительно заземляют с помощью штанги-гасителя, снабженной дугогасительной камерой и добавочным сопротивлением для ограничения дугового разряда (см. рис. 65).

В проводе отключенной фазы наводится значительная э. д. с., поэтому касаться этого провода можно только вблизи места заземления на расстоянии, не превышающем 20 м от него.

### § 37. РАБОТЫ ПО РАСЧИСТКЕ ТРАСС

При вырубке просек и расчистке трасс для воздушных линий электропередачи в первую очередь соблюдают правила валки леса. Дерево подрубают на  $\frac{1}{4}$  толщины ствола со стороны, намечаемой для падения, и подпиливают на уровне верхней части подруба с противоположной стороны (рис. 67). Чтобы дерево упало в нужном направлении, делают только один подруб.

До начала рубки на дереве закрепляют не менее двух веревочных оттяжек в сторону, противоположную проводам

воздушной линии электропередачи (чтобы дерево не упало на эту линию). Зимой в снегу расчищают две дорожки в сторону от направления падения дерева, чтобы можно было отойти от падающего дерева.

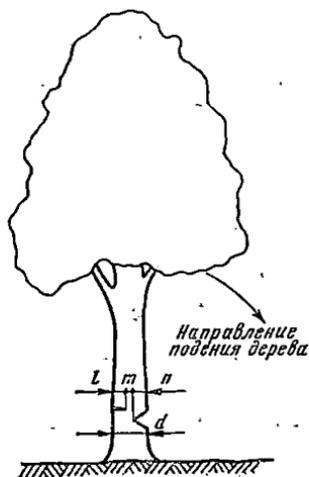


Рис. 67. Размеры, соблюдаемые при подрубке дерева:

$d$  — диаметр дерева в месте подруба,  $n$  — глубина подруба, равная примерно  $\frac{1}{4}d$ ,  $l$  — глубина пропила, несколько больше  $\frac{1}{2}d$ ,  $m$  — расстояние между подрубом и пропилом, равное 2—4 см

О предстоящем падении дерева предупреждают работающих криком или каким-либо сигналом, по которому они расходятся в стороны от падающего дерева. Так как дерево может случайно упасть не в ожидаемом направлении, то надо отойти от него как можно дальше.

В первую очередь валят подгнившие, наклоненные и непрочные стоящие деревья. Гнилые и сухие деревья подрубать нельзя, на них делают только подпил. Групповая валка деревьев, а также валка соседнего дерева с помощью падающего запрещена. Нельзя валить деревья во время тумана, в сумерках, при гололеде и при сильном ветре. Если валку деревьев выполняет несколько бригад, то между участками работы бригад соблюдают расстояние не менее 50 м. Если дерево упало на действующую линию электропередачи, то бригаде, работающей на валке деревьев, запрещено принимать самостоятельные меры, чтобы снять дерево с проводов или опоры. В этом случае

производитель работы вызывает аварийную бригаду. До ее прибытия нельзя приближаться к упавшему на линию дереву (а также к оборванному проводу) на расстояние, меньшее 8 м.

Работы по валке деревьев вдали от действующих линий электропередачи выполняют без наряда. Эти же работы вблизи действующих линий электропередачи или под ними связаны с опасностью поражения током и поэтому проводятся по наряду под руководством производителя работы, имеющего III квалификационную группу.

### § 38. РАБОТЫ НА ОПОРАХ И ПОДЪЕМ ОПОР

Перед подъемом на деревянную опору необходимо убедиться в ее прочности. Для этого в наиболее опасных местах проверяют щупом, буравчиком или молотком, нет ли загнивания опоры. Для пасынка опасным является место выхода его из земли; для стойки — место наложения верхнего бандажа, крепящего стойку к пасынку; для траверсы — ослабленное сечение в месте крепления (рис. 68). Если обнаружено загнивание

опоры, то нельзя влезать на опору до ее прикрепления к временному пасынку.

На деревянную опору разрешается подниматься только при помощи когтей, а на железобетонные и металлические опоры — при помощи специальных приспособлений — лазов (рис. 69). Когти должны иметь прочные перекидные и пяточные ляжки, с помощью которых они надежно закрепляются на ногах. Если один из когтей закреплен на ноге не прочно, то при подъеме на опору его можно уронить. Тогда очень трудно освободить ногу от второго когтя или вытащить его из тела опоры для того, чтобы спуститься. Работать можно только прочно стоя на обоих когтях или лазах.

Основным средством защиты от падения с высоты является предохранительный пояс. Перед началом работы на опоре (независимо от ее конструкции) монтер с помощью предохранительного пояса закрепляется за опору выше крюка изолятора или перекладины по возможности таким образом, чтобы пояс не мог произвольно соскользнуть вниз. Перед переходом на траверсу монтер, чтобы предупредить падение в случае ее облома, закрепляет предохранительный пояс за вершину опоры. При необходимости для этого применяют удлинитель — дополнительную цепь, ремень или веревку.

Опоры рассчитаны на поддержание проводов и тросов над землей в условиях их двустороннего тяжения в противоположные стороны. Поэтому провода и тросы монтируют, разрезают и заменяют поочередно то с одной, то с другой стороны линии, закрепляя опоры временными оттяжками или расчалками со стороны, противоположной тяжению. Опоры поднимают с помощью механизмов: лебедок, кранов, блоков или специальных автомашин. До начала работ следует убедиться в исправности как механизмов, так и подъемных тросов и канатов.

Перед подъемом опоры проверяют надежность заделки в землю специальных якорей и свай, применяемых для крепления оттяжек, расчалок и подъемных механизмов. Расстояние между расчалками, тросами и проводами действующей линии указано в § 35. Устанавливаемые металлические и железобетонные опоры, металлические расчалки, а также корпуса всех подъемных механизмов и лебедок заземляют.

В процессе подъема опоры запрещается стоять под стрелой подъемного механизма или в вырытом котловане.

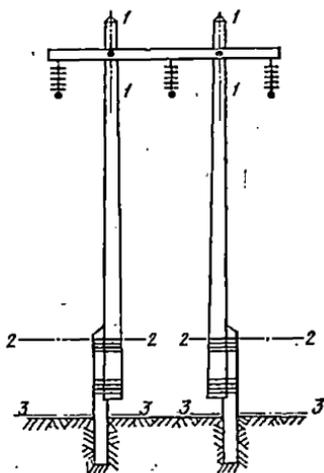


Рис. 68. Места наибольшего загнивания деталей П-образной деревянной опоры:

1-1 — траверсы, 2-2 — стоек,  
3-3 — пасынков

Если столб (одностоечную опору) поднимают вручную, то главной опасностью является его случайное падение. Поэтому при подъеме столба при помощи багров и крестовин рабочие встают по бокам. Число рабочих выбирают так, чтобы на одного человека приходилось не более 50 кг массы столба. При

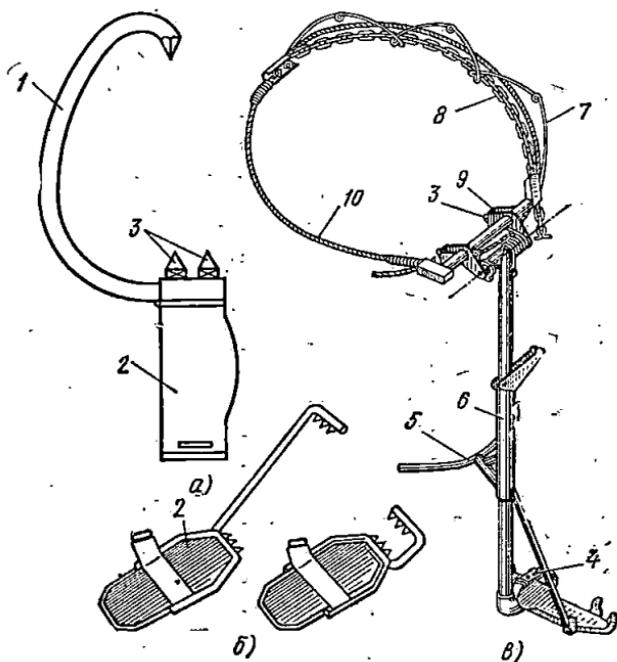


Рис. 69. Приспособления для подъема на опоры:

*a* — когти для подъема на деревянные опоры, *б* — лазы для подъема по несущему уголку металлических опор, *в* — лаз для подъема на цилиндрическую железобетонную опору; *1* — серповидная часть, *2* — подножка, *3* — шипы, *4* — ремень, *5* и *9* — упоры, *6* — штанга, *7* — поддерживающая пружина, *8* — цепь, *10* — трос

подъеме опор работой руководит производитель работы. Только его команды обязательны для членов бригады, кроме команды «Стоп», которая может быть подана любым работающим и выполняется всеми немедленно.

Переключая провода со старой опоры на новую, следует стоять на когтях на новой опоре. Недопустимо закрепляться одним когтем на старой опоре, другим — на новой. Если старая опора подгнила, то она может упасть после того, как натяжение провода уменьшится. По этой причине при ремонтах, замене и демонтаже проводов запрещается снимать сразу все провода. Провода заменяют поочередно. При демонтаже проводов опору предварительно укрепляют оттяжками или баграми с той стороны, с которой провода ослабляются раньше.

Перед снятием последнего провода предварительно закрепляют смежные опоры, затем устанавливают оттяжки с трех-четырех сторон. Когда на опоре находится монтер, запрещается подтягивать и ослаблять оттяжки, окончательно выправлять незакрепленную опору.

Не разрешается подниматься и работать на угловых одно-стоечных и анкерных опорах со стороны внутреннего угла, образуемого проводами линии. Также запрещен подъем и работа на любой опоре с той ее стороны, с которой натягивается или натянут провод.

### § 39. ОКРАСКА И АНТИСЕПТИРОВАНИЕ ОПОР

Для предохранения от ржавчины металлические опоры окрашивают (обычно без снятия напряжения с линии электропередачи). Окрашивать опоры и траверсы вручную разрешается кистями с ручками длиной не более 30 см или путем распыления. Во избежание попадания краски на провод и изоляторы кисть из ведра медленно вынимают и слегка отжимают, затем размеренными спокойными движениями окрашивают металл. При окраске методом распыления нельзя направлять струю на провода и изоляторы. Работающий должен находиться с внутренней стороны опоры.

Если опору надо окрасить на высоту более 3 м от земли, работа оформляется нарядом. Чтобы не создавать перебоев и не снижать надежность электроснабжения, чаще всего опоры окрашивают, не отключая линии. В распределительных сетях на линии, находящейся под напряжением, опору можно красить, не доходя 1 м до уровня нижнего провода, а на линиях 35 кВ и выше — в зависимости от конструкции опор — либо не доходя 2 м до уровня нижнего провода, либо до самого верха, находясь внутри или снаружи опоры. Производитель работы, как правило, должен иметь III квалификационную группу и только в последнем случае — IV. Окраску осуществляют лица со II квалификационной группой. Один производитель работы руководит окраской не более чем на трех смежных опорах.

Деревянные опоры защищают от загнивания путем обработки древесины антисептиками: креозотовым маслом или пастой, в состав которых входит фтористый натрий и другие токсичные вещества. Поэтому антисептирование опор и работы с пропитанной древесиной выполняют с осторожностью, используя индивидуальные средства защиты.

Антисептик опасен вследствие возможного попадания его в глаза и на открытые части тела. Поэтому глаза и лицо защищают очками и маской, а открытые части тела покрывают предохранительной пастой ИЭР-1 или специальной жидкостью. Перед приемом пищи и по окончании работ пасту смывают теплой водой с мылом.

Антисептирование опор и работы с пропитанной древесиной производят в брезентовой одежде, рукавицах и в кожаной обуви, которые в свою очередь пропитаны специальными предохранительными веществами. Одежду плотно застегивают, чтобы не оставить незащищенных участков кожи. Загрязненную антисептиками одежду хранят, чистят и стирают отдельно от остальных вещей. По окончании работ одежду чистят уайт-спиритом, затем чистой тряпкой, после чего сушат.

Отсыревшую одежду перед употреблением вновь пропитывают предохранительными веществами, так как они растворяются в воде. Чтобы антисептиками не могли отравиться посторонние люди и животные, остатки его на почве, траве по окончании работ засыпают землей.

Если при работе с антисептиками у работающего появится головокружение, тошнота или слабость, его немедленно следует отправить в больницу. Если антисептик попал в глаза, их промывают 3%-ным раствором борной кислоты.

Пропитанная антисептиком древесина легко воспламеняется. Поэтому около антисептированных опор нельзя разжигать костров. Пропитанную древесину не обрабатывают на штабелях или вблизи их. Запрещается укладывать штабеля под линиями электропередачи.

#### **§ 40. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

В процессе эксплуатации воздушных линий электропередачи их периодически осматривают, выявляя дефекты и повреждения, которые нужно устранить при ремонте, а также отключают и включают при ремонтных работах и изменениях схем и режимов работы сетей.

Осмотры воздушной линии электропередачи выполняет административно-технический персонал или монтеры-обходчики. Их проводят периодически и после каждого аварийного отключения линии. Эта работа осуществляется без наряда, по распоряжению, большей частью единолично.

Осмотр проводят только с земли, без подъема на опоры. Во всех случаях линию следует считать находящейся под напряжением, потому что она в любой момент может быть включена для испытания или в работу без оповещения обходчика. Кроме того, на линии может быть напряжение, наведенное находящимися за пределами осматриваемого участка другими линиями.

При обходе линий ночью следует идти по краю трассы, так как можно не заметить оборвавшийся провод, упавший на землю, и попасть в зону опасных шаговых напряжений или случайно прикоснуться к проводу и оказаться под напряжением прикосновения.

Если обходчик обнаружил упавший или висящий провод, он немедленно извещает об этом дежурного электросетевого района и принимает меры, предотвращающие приближение прохожих к проводу на расстояние, опасное для жизни.

Запрещается приближаться к оборванному проводу на расстояние меньше 5 м (при рабочем напряжении до 20 кВ включительно) и на 8 м (при рабочем напряжении выше 20 кВ).

После грозы, сильного ветра и при появлении гололеда производят внеочередные обходы и осмотры воздушных линий.

Оперативные переключения воздушных линий электропередачи производят в соответствии с общими правилами. На переключательных пунктах и столбовых подстанциях распределительных сетей с простой схемой и числом линий не более трех дежурному разрешается единолично переключать электрооборудование в том случае, если разъединители имеют механический привод. Привод отключенных разъединителей запирают, а ключ хранится у дежурного или у производителя работы, отключавшего линию.

Если привод расположен на опоре, дежурный поднимается на нее по лестнице или на когтях, при этом расстояние между ним и находящимися под напряжением токоведущими частями во всех случаях должно быть более 3 м.

Указанные оперативные переключения проводит дежурный, имеющий квалификационную группу не ниже IV. Включение и отключение выключателей и разъединителей с ручным приводом выполняют в диэлектрических перчатках. Во время грозы запрещены оперативные переключения линий электропередачи и замена предохранителей.

Технические и организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность рабочего места при проведении монтажных и ремонтных работ на воздушных линиях электропередачи, выполняют в соответствии с общими правилами.

Рассмотрим особенности этих мероприятий.

Заземление вначале присоединяют к телу металлической опоры, на деревянных и железобетонных опорах — к заземляющему спуску, а при отсутствии спуска — к металлическому колу или буру, углубленному в землю на 0,5—1 м. Затем заземление накладывают на провода и закрепляют.

На воздушных линиях с металлическими опорами и опорами с заземляющими спусками допускается производить раздельное заземление проводов каждой фазы.

При напряжении до 1000 В в сети с заземленной нейтралью переносное заземление можно присоединять к заземленному нулевому проводу.

В наряде для работ на воздушных линиях электропередачи кроме обычных сведений указывают наименование линии, цепи и фазы, а также участок линии, на котором будут проводиться

работы. Кроме того, пишут наименования линий, цепей и фаз, остающихся под напряжением.

Допуск необходимо оформлять лишь к работам, требующим снятия напряжения. Разрешение на начало работы может дать не только дежурный, но и ответственный руководитель. Это разрешение получает производитель работы либо одновременно с выдачей наряда, либо позднее — по радио, телефону, с нарочным, вымпелом с самолета. После получения разрешения на работу проверяют отсутствие напряжения и заземляют провода. Эту работу, так как она связана с подъемом на высоту, выполняет не дежурный, а производитель работы или под его наблюдением член ремонтной бригады, имеющий не менее чем III квалификационную группу. В распределительных сетях отключение оборудования, проверку отсутствия напряжения, наложение заземления и вывешивание плакатов «Не включать — работают люди» на приводах осуществляют как дежурный, так и ремонтный персонал.

На время перерывов в работе в течение дня установленные заземления не снимают. Если на месте работы имеются открытые котлованы, неустановленные опоры, нагруженные тяговые и подъемные механизмы, то около них оставляют наблюдающих, которые обязаны не допускать к месту работы посторонних лиц и животных.

Перед началом работы после перерыва проверяют целостность и надежность оставленных на линии заземлений.

По окончании работы рабочеё место приводят в порядок, и производитель работы проверяет состояние отремонтированного участка. После этого бригаду удаляют, снимают заземление и линия считается находящейся под напряжением.

При приближении грозы, сильном ветре работы на линии должны быть прекращены.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие меры безопасности соблюдают при работе на отключенных линиях электропередачи?

2. К какой категории относятся работы на отключенной фазе и на отключенной цепи двухцепной линии?

3. Расскажите об основных мерах безопасности при работах на линиях, находящихся под напряжением.

4. Что называется зоной влияния действующей линии электропередачи?

5. В каких случаях возникает наведенное напряжение в монтируемых проводах и тросах?

6. Какие существуют средства защиты от наведенного напряжения?

7. Какие меры безопасности соблюдают при работах на пересечениях линий электропередачи с транспортными магистралями?

8. Расскажите о правилах безопасности при валке леса, во время расчистки трасс.

9. Каковы основные меры безопасности при работе на опоре и при подъеме опоры?

10. В чем заключается опасность работы с антисептиком?

11. Какие меры безопасности принимают во время окраски опор и при антисептировании древесины опор?

12. Расскажите о правилах безопасности при обходах и осмотрах воздушных линий электропередачи.

13. Какие меры безопасности соблюдают при переключениях на воздушных линиях распределительных сетей?

14. В чем заключаются особенности технических и организационных мероприятий при подготовке безопасного рабочего места для ремонтных работ на воздушных линиях электропередачи?

## Глава VI

### МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТАХ НА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

#### § 41. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ

По сравнению с воздушными линиями электропередачи эксплуатация кабелей менее опасна, так как обычно их прокладывают в земле или специальных траншеях. Они недоступны для случайного прикосновения, и в близко расположенных проводах и кабелях не создается опасных потенциалов. Меры безопасности при работах по прокладке, монтажу, ремонту и эксплуатации кабельных линий регламентированы действующими правилами техники безопасности.

Большинство кабелей пожароопасно, так как для изоляции жил применяют бумагу, пропитанную маслом, или полиэтилен, которые могут гореть. Причиной пожара может стать короткое замыкание, вызванное перегрузкой кабеля, увлажнением изоляции через дефектную оболочку, плохой разделкой муфты и другими условиями, а также нарушение правил пожарной безопасности при проведении сварочных и других огневых работ. Поэтому при прокладке больших пучков силовых и контрольных кабелей принимают меры, препятствующие возникновению и распространению пожара. В кабельных полуканалах, шахтах и туннелях устанавливают датчики, которые дают сигнал дежурному персоналу при появлении дыма в помещении или повышении температуры в нем выше заданной. Кроме обычных средств пожаротушения — огнетушителей, ящиков с песком — ставят устройства тушения пожара распыленной водой, пеной или инертным газом с автоматическим пуском или ручным приводом.

Кабельные туннели, помещения разделяют через каждые 100—150 м огнестойкими перегородками с самозакрывающимися дверями. Отверстия, через которые проходят кабели, плотно заделывают. Это предотвращает и ограничивает в пределах одного отсека распространение пожара в случае его возникновения вдоль кабельного пучка. Кабели ответственных и резервируемых потребителей прокладывают по разным трассам.

По возможности рекомендуется не прокладывать кабели вблизи горячих поверхностей. Прокладка кабелей вблизи емкостей и трубопроводов с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями — маслом, мазутом — не допускается. При опасных работах соблюдают меры пожарной безопасности, заранее готовят средства пожаротушения.

Автоматические устройства пожаротушения на время работ в кабельных туннелях, помещениях, коллекторах отключают во избежание ложного срабатывания этих устройств и травмирования работающих. Для всех электроустановок заранее составляется план пожаротушения, в котором обязательно указывается оборудование и кабели, которые должны быть отключены, чтобы тушить пожар водой, не опасаясь попадания под напряжение.

#### § 42. ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ

Земляные работы (рытье траншей и котлованов) выполняют при прокладке и ремонте кабелей. До начала работы ответственный руководитель и производитель работы по плану знакомятся с расположением находящихся в земле коммуникаций: газопроводов, силовых и телефонных кабелей, водопроводных и канализационных труб и др. Затем они получают разрешение на работы от эксплуатирующих эти коммуникации организаций.

Чтобы при раскопках не повредить находящиеся в земле трубы, газо- и водопроводы, силовые и телефонные кабели, земляные работы проводят со следующими предосторожностями. Роют контрольный шурф для уточнения расположения и глубины прокладки кабелей. Землеройными машинами раскапывают грунт на расстоянии более 1 м от кабелей. Рыхление грунта отбойными молотками, ломом, киркой и выемку его землеройными машинами прекращают, когда до кабелей остается не менее 0,4 м грунта. Дальнейшую выемку грунта производят лопатой. В зимнее время его отогревают, пока над кабелем остается не менее 0,25 м грунта.

Когда при рытье траншей обнаруживают неизвестный трубопровод или кабель, рабочие приостанавливают работы и извещают об этом ответственного руководителя. Если в траншее обнаружен газ, рабочие срочно покидают место работ до тех пор, пока газ не будет удален.

Во избежание повреждения открытые муфты кабелей укрепляют на прочной доске, подвешиваемой к перекинутым через траншею брусам, а кабель помещают в закрытые короба. Для изготовления коробов нельзя пользоваться длинными гвоздями, так как они могут повредить кабель. На коробах вывешивают предупредительный плакат «Стоять — высокое напряжение!». Закрепляя кабели, запрещается их смещать, подвешивать к другим кабелям или трубопроводам.

При рытье траншей и котлованов во избежание завала рабочих землей соблюдают необходимые меры безопасности. Траншеи и котлованы глубиной более 1 м роют с откосами, соответствующими углу естественного откоса грунта. Отвесные стенки укрепляют досками и распорками. Особенно тщательно укрепляют стенки при оплывающих или осыпающихся почвах и при высоком уровне грунтовых вод. Если в дальнейшем на краю траншеи будут располагаться подъемные механизмы или тяжелые грузы, то стенки траншей укрепляют при любом грунте и любом откосе.

В местах движения людей и транспорта траншей и котлованы ограждают веревкой или временными перилами, на которых вывешивают предупредительные плакаты. Траншеи и котлованы нельзя оставлять без надзора или ограждения, а вблизи проходов и проездов — без освещения в ночное время. Для пешеходов делают мостики или переходы. В местах движения трамвая ограждения устанавливают на расстоянии не менее 0,6 м от ближнего рельса и снабжают плакатом «Тихий ход!».

Для спуска в траншею (котлован) глубиной более 1 м сооружают лестницу или настил.

#### § 43. ПРОКЛАДКА КАБЕЛЕЙ

Вне зданий кабели прокладывают в земле, в траншеях или туннелях, а внутри зданий — в каналах, выложенных в полу вдоль стен.

Кабели, намотанные на барабаны, доставляют к месту прокладки. Барабаны с кабелем нельзя сбрасывать на землю; их спускают по наклонным настилам, сдерживая канатом или тросом. Барабаны массой более 1 т снимают с автомашины грузоподъемными механизмами.

Перед разматыванием кабеля барабан освобождают от выступающих гвоздей, досок, жести, затем приподнимают и укрепляют на козлах или домкратах.

Работы по прокладке кабеля производят в брезентовых рукавицах. Число рабочих определяют из расчета, чтобы на каждого рабочего приходилась масса не более 35 кг для мужчин и 20 кг для женщин. Если рабочих мало, кабель разматывают по частям, петлями таким образом, чтобы нагрузка на каждого работающего не превышала допустимую.

Кабель переносят на плече, обращенном в сторону траншеи или кабельного канала, по бровке, свободной от грунта.

При протягивании кабеля через проем стены или через трубу рабочие стоят на достаточном расстоянии от проема или отверстия трубы, чтобы руки не могли быть затянуты вместе с кабелем. При выполнении работ по протягиванию кабеля подают одновременную команду всем работающим.

На поворотах кабель запрещено тянуть руками или поправлять его, а также находиться внутри образуемого кабелем угла. Для оттягивания кабеля применяют угловые ролики (рис. 70). Чтобы трос или укладываемый кабель не оборвался, тяговое усилие не должно превышать допустимого.

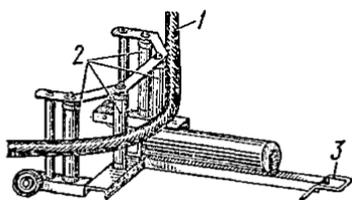


Рис. 70. Установка роликов для прокладки кабелей под углом: 1 — кабель, 2 — ролики, 3 — кольцо для оттягивания конструкции

Зимой при низкой температуре изоляция кабелей становится хрупкой. Чтобы ее не повредить при прокладке, кабель прогревают током от электросварочного аппарата или специального трансформатора, для питания которых запрещено использовать напряжение выше 380 В.

При этом вторичную обмотку трансформатора, жилы и броню кабеля заземляют. Конец кабеля, подключаемый к трансформатору, прочно закрепляют.

Каждый кабель маркируют нержавеющей бирками, на которых указывают назначение, номер, количество жил, сечение, рабочее напряжение кабеля. Впоследствии по надписи на бирке его можно будет отличить от других, лежащих рядом; иначе по ошибке можно вскрыть кабель, находящийся под напряжением.

Отдельные участки кабелей соединяют муфтой. Муфты также маркируют бирками, на которых указывают дату разделки муфты и ее номер.

#### § 44. РЕМОНТ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Ремонт кабельных линий проводят по наряду не менее чем два монтера, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III. Кабельную линию (в том числе и нулевой провод) перед ремонтом отключают со всех сторон. Затем на концах кабельной линии проверяют отсутствие напряжения, накладывают в этих местах на кабель заземление и вывешивают плакаты «Не включать — работают люди».

Отключение и заземление кабельной линии на питающем и приемном концах гарантирует безопасность работы, но так как место ремонтных работ — муфта или поврежденный участок кабеля — находится вдали от заземленных концов кабельной линии, то нельзя безошибочно определить среди рядом лежащих в траншее кабелей, находящихся под напряжением, отключенный для ремонта кабель. С помощью указателя напряжения отличить отключенный кабель от кабелей, находящихся под напряжением, не представляется возможным. Это объясняется тем, что электромагнитное поле кабелей, находящихся под напряжением, экранировано металлической оболочкой кабеля

или муфты, и поэтому оно не может воздействовать на указатель напряжения. Поврежденный кабель отыскивают с помощью специального прибора — кабелескателя или по маркировке.

**Вскрытие муфты и резка кабелей.** После того как найдена поврежденная муфта или участок кабеля, необходимо убедиться в отсутствии на них напряжения. Надо исходить из того, что маркировка могла быть ошибочной, а кабелескатель показал неправильно. Поэтому прежде чем разрезать кабель или вскрывать муфту, прокалывают кабель 1 с помощью иглы или сверла 2, укрепленного на изолирующей штанге (рис. 71), и убеждаются в отсутствии на нем напряжения. До прокола предварительно заземляют металлическую часть специального приспособления, присоединяя его гибким проводом к стационарному или временному заземлителю 3: трубе, забитой в землю на глубину более 0,5 м, лому, железной полосе. Разрешается для этой цели использовать броню кабеля, зачистив ее и прикрепив к ней гибкий заземляющий провод с помощью специального хомутика. Кабель подвешивают на козлах или кирпичях так, чтобы было удобно работать.

Ответственный руководитель в электроустановках потребителей, допускающий или производитель работы под его наблюдением в распределительных сетях, находясь на безопасном расстоянии от кабеля, стоя на изолирующем основании, надев диэлектрические перчатки и предохранительные очки, закрывает кабель защитным экраном и специальным приспособлением прокалывает его; лишь после этого разрешает членам бригады приступить к работе. Затем монтер разрезает кабель или вскрывает муфту.

В туннелях и колодцах устройство для прокола и заземления кабеля должно иметь дистанционное управление.

**Ремонт кабельных воронок и концевых заделок.** Перед началом ремонта отключают кабель с двух сторон и заземляют его с той стороны, с которой работы не производятся. Если несколько кабелей соединяются параллельно на общей сборке, то при ремонте кабельных воронок и концевых заделок заземляют как ремонтируемый кабель (с противоположной воронке



Рис. 71. Прокол кабеля:

1 — кабель, 2 — игла (сверло), 3 — заземлитель

конца), так и общую сборку, которую также отключают от всех источников питания.

**Перемещение кабелей и муфт.** Кабели и муфты, как правило, перемещают после отключения кабельной линии и разрядки жил кабеля от остаточного заряда. Остаточный заряд стекает в землю при прикосновении к каждой жиле кабеля заземленной штангой.

В необходимых случаях допускается перемещать кабель, находящийся под напряжением, при соблюдении дополнительных мер безопасности. Работу производят по наряду под руководством лица, имеющего не менее чем V квалификационную группу, а при напряжении до 1000 В — IV группу. Работу выполняют рабочие, имеющие опыт по прокладке кабелей.

Переключать и перемещать находящийся под напряжением кабель, температура которого ниже  $+5^{\circ}\text{C}$ , не разрешается вследствие увеличения хрупкости его изоляции при низкой температуре.

Если на перемещаемом участке кабеля имеются муфты, то их предварительно укрепляют хомутами на досках таким образом, чтобы они не могли сместиться, а кабель не изгибался и около муфты не натягивался. Броню и свинцовую оболочку на концах кабеля заземляют.

Работы выполняют в диэлектрических перчатках; поверх перчаток для защиты их от механических повреждений надевают брезентовые рукавицы, которые должны быть короче диэлектрических перчаток.

#### **§ 45. РАБОТА В КОЛОДЦАХ И ТУННЕЛЯХ**

От шин электростанций и подстанций к мощным электроустановкам потребителей может подходить большое количество кабельных линий. Для удобства прокладки, надзора и ремонта кабелей в таких случаях сооружают кабельные туннели и коллекторы, которые сообщаются с поверхностью земли посредством колодцев.

В колодцах и туннелях могут скапливаться горючие или вредные газы, поэтому крышки колодцев открывают осторожно, чтобы не получилось искры от ударов инструментом. Лом, кувалду и подобные им стальные инструменты при открывании второй (внутренней) крышки колодца применять запрещено. Прежде чем спустаться в колодцы или туннели, проверяют с помощью переносного газоанализатора или шахтерской лампы, нет ли в них газа. Использовать для проверки отсутствия газа открытый огонь запрещается, так как может произойти взрыв.

Для вытеснения вредных газов в колодцы до начала работы нагнетают свежий воздух с помощью вентилятора или компрессора. От вентилятора свежий воздух поступает в нижнюю часть колодца по шлангу-рукаву, опускаемому в колодец на глубину 0,25 м от дна. В процессе работы вентилятор включают периодически или, если это не мешает работе, он может быть включен непрерывно.

При работе в туннеле должны быть открыты два люка или двери. При длительных работах в колодцах, туннелях и коллекторах работающие делают перерывы в работе и выходят на свежий воздух.

В коллекторах и туннелях особую осторожность соблюдают при работе с паяльными лампами и жаровнями (см. § 46). Кабели закрывают щитками из огнеупорного материала. На рабочем месте наготове находятся средства для тушения пожара. Паяльные лампы разжигают на поверхности земли. Мастику или припой разогревают также только на открытом воздухе. Разогретую мастику и расплавленный припой опускают в колодец в специальной закрытой посуде, прикрепленной карабином к металлическому трюску.

При работах в колодцах, туннелях и коллекторах в качестве светильников используют переносные аккумуляторные фонари или переносные лампы с защитной сеткой напряжением 12 В.

Перед отысканием места повреждения кабеля путем его прожига удаляют всех работающих из колодцев, туннелей и коллекторов. После прожига кабеля для предотвращения пожара подвалы, туннели и коллекторы тщательно осматривают.

Осмотр кабелей в колодцах и туннелях и работы на кабелях производят по наряду не менее чем два монтера, один из которых имеет III квалификационную группу. Последний может работать в колодце самостоятельно при условии, что второй монтер дежурит у открытого люка.

Если в колодце может быть газ, монтер обязан воспользоваться шланговым противогазом. Кроме того, к спасательному поясу (рис. 72) привязывают канат, с помощью которого наблюдающий монтер сверху непрерывно страхует работающего. Если работающий монтер почувствует себя плохо, страхующий обязан вытащить его из колодца с помощью каната. Привязывать страхующий канат к монтерскому поясу, предназначенному для работы на опорах, нельзя, так как при подъеме из колодца человек может перевернуться.

На время перерыва в работе в том случае, если у открытого люка не остается дежурный, люк огораживают или ставят предупредительный знак.

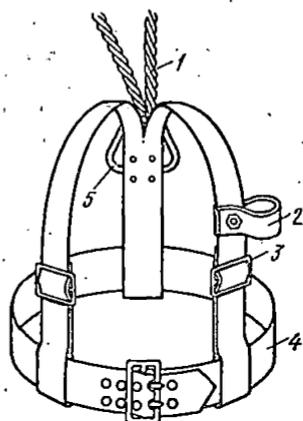


Рис. 72. Спасательный пояс для спуска в колодцы и ведения газоопасных работ:

1 — спасательная веревка, 2 — хомутки для закрепления шланга противогаза, 3 — пряжки на лямках, 4 — пояс, 5 — металлический захват для крепления спасательной веревки

#### § 46. РАБОТА С ПАЯЛЬНЫМИ ЛАМПАМИ, ПРИПОЯМИ, КАБЕЛЬНОЙ МАСТИКОЙ И ЭПОКСИДНЫМ КОМПАУНДОМ

При разделке и ремонте кабелей применяют разогретый припой и кабельную мастику. Для разогрева удобно пользоваться специальными электронагревателями. Однако в полевых условиях, где нет источника тока, для разогрева применяют жаровни и паяльные лампы.

**Работа с паяльными лампами.** Работа с жаровнями и паяльными лампами относится к категории пожароопасных. Ожоги кожи припоем или кабельной мастикой очень тяжелы. Поэтому при работе с жаровнями и паяльными лампами необходимо быть предельно осторожным и соблюдать «Правила пожарной безопасности при проведении сварочных и других огневых работ на объектах народного хозяйства».

При работе с паяльной лампой рабочее место должно быть очищено от горючих материалов, а находящиеся на расстоянии менее 5 м сгораемые конструкции должны быть надежно защищены от возгорания металлическими экранами или поливаться водой. Профилактический ремонт и проверку исправности паяльных ламп производят не реже одного раза в месяц, а не реже одного раза в год производят гидравлические испытания лампы повышенным давлением. Перед каждым разжиганием лампы необходимо убедиться в ее исправности. Она должна быть герметична и не иметь течи.

Лампу заправляют предназначенным для нее горючим, которое должно быть очищено от посторонних примесей и воды. Нельзя заливать бензин в лампы, которые работают на керосине, это может привести к взрыву во время работы. Чтобы из лампы при нагревании не вытекало горючее, ее резервуар заполняют не более чем на  $\frac{3}{4}$  объема. Наливную пробку резервуара завинчивают минимум на четыре нитки резьбы. Тогда в процессе работы она не будет отвертываться и соскакивать.

Вблизи открытого огня не разрешается наливать в лампу горючее, выливать его, отвертывать пробку или разбирать лампу, так как случайная искра может вызвать взрыв резервуара или воспламенение горючего.

Чтобы разжечь лампу, необходимо разогреть ее горелку. Для этой цели нельзя подавать горючее через горелку, так как в процессе разогрева в местах, где горелка нагревается сильнее, образуются пары, которые могут вытеснить из нее остатки горючего под большим давлением и вызвать сильную вспышку.

После разжигания горелки лампу накачивают умеренно. Нельзя сильно наклонять лампу. Также нельзя сильно подтягивать наливную пробку или горелку. Запрещается приближать лампу к легковоспламеняющимся предметам. Работая с паяльной лампой в распределительных устройствах, нельзя приближать пламя лампы к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

Лампы гасят, перекрывая доступ горючего к горелке. Давление из резервуара лампы спускают через наливную пробку при погашенной лампе после того, как горелка совсем остыла. Чтобы горючее не выплескивалось, нельзя снимать горелку лампы, не спустив давления в резервуаре. Применять паяльные лампы для отогревания замерзших водопроводных, отопительных, канализационных труб в зданиях, имеющих сгораемые конструкции или отделку, категорически запрещается.

**Разогрев кабельной мастики и припоев.** Кабельную мастику перед заливкой в кабельные муфты и концевые воронки разогревают до жидкого состояния. Пайку и лужение кабельных жил и наконечников производят расплавленным припоем. Для разогревания используют специальную посуду, приспособленную для удобной переноски, с крышкой и носиком для слива. Температуру кабельной мастики контролируют, так как доводить мастику до кипения не разрешается: она сильно разбрызгивается и может воспламениться.

Кабельную мастику нельзя разогревать в заводской упаковке и закупоренных банках: расширяясь при нагреве, мастика может взорвать банку и вытечь. При подогреве мастики для переливания ее в специальную посуду крышку с банки снимают. Если мастику разогревают на открытом огне, то посуду с мастикой ставят на жаровню с сухим песком для того, чтобы пламя не соприкасалось с посудой.

Работы с расплавленными припоями и мастикой, их разогрев и транспортировку проводят в защитных очках и брезентовых рукавицах. Посуду с расплавленным содержимым нельзя передавать из рук в руки: ее предварительно ставят на землю. Во избежание разбрызгивания при испарении влаги расплавленную мастику и припой размещивают подогретым железным прутом или металлической ложкой. Муфту или воронку перед заливкой высушивают.

На месте работ должны находиться средства пожаротушения и первой помощи при ожогах.

*Работа с эпоксидным компаундом.* Эпоксидный компаунд и особенно его отвердитель являются ядовитыми веществами. К работам с эпоксидным компаундом допускают лиц, получивших специальное разрешение врача и ежегодно проходящих профилактическое освидетельствование.

Чтобы при работе эпоксидный компаунд не попадал на кожу или в глаза, а также в легкие при вдыхании испарений, работающий надевает резиновые или полиэтиленовые перчатки, шалку или косынку, нарукавники и фартук из пластика, закрытые очки, респиратор или противогаз. Необходимо тщательно мыть руки не только по окончании работы, но и во время перерывов, тотчас же после случайного загрязнения рук компаундом или отвердителем. После мытья руки следует осушить, а затем смазать жирной мазью.

Прилипший к коже компаунд удаляют мягкими бумажными салфетками, а затем обрабатывают кожу охлажденным до комнатной температуры 3%-ным раствором уксусной или лимонной кислоты или горячей водой с мылом.

При сильном загрязнении рук для их очистки используют ацетон. Применять для этой цели бензол, толуол, четыреххлористый углерод или другие токсичные растворители нельзя. В помещениях, где производятся работы с применением эпоксидного компаунда, запрещается хранить и принимать пищу, а также курить. Эти помещения во время работы хорошо проветривают.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Расскажите о мерах безопасности во время рытья траншей и котлованов.
2. Какие меры безопасности при прокладке кабелей в траншеях вы знаете?
3. В чем заключаются меры безопасности при ремонте кабельной линии?
4. Какова последовательность операций по вскрытию и резке кабелей?
5. Какие меры предосторожности соблюдают при перемещении кабелей и муфт, находящихся под напряжением?
6. Чем опасны работы в колодцах и туннелях и какие меры безопасности соблюдают при работе в них?
7. Расскажите о правилах безопасности работы с паяльными лампами.
8. Какие меры безопасности соблюдают при разогреве припоев и кабельной мастики?
9. В чем заключается опасность работы с эпоксидным компаундом?
10. Расскажите о правилах личной гигиены при работе с эпоксидным компаундом.

## Глава VII

### МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОТДЕЛЬНЫХ РАБОТАХ

#### § 47. ПЕРЕНОСНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Повышенная опасность при работе с переносными электрическими приборами и инструментом возникает из-за сравнительно быстрого их износа. Ручные переносные электрические приборы часто применяют в условиях повышенной опасности (при наличии влаги, высокой температуры, больших масс заземленного металла).

**Переносные лампы.** Конструкция переносной лампы исключает возможность прикосновения к ее токоведущим частям. Патрон лампы укреплен в специальной рукоятке, выполненной из тепло- и влагостойкого материала с достаточной механической прочностью. Токоведущие части патрона и лампы закры-

ты, лампа снабжена предохранительной сеткой с крючком и рефлектором. Предохранительную сетку крепят не на патроне, а на рукоятке с тем, чтобы она не могла оказаться под напряжением в случае повреждения патрона. В качестве подводящих проводов применяют только шланговые провода с двойной изоляцией: провода, изолированные друг от друга, имеют общую дополнительную изоляцию от окружающей среды. При этом повреждение одного изолирующего слоя не создает опасности для работающих. Для питания переносных ламп, приборов и инструментов в тех помещениях электроустановок, в которых это требуется по условиям безопасности, прокладывают стационарную электрическую сеть: напряжением 12 В — в особо опасных и 36 В — в помещениях с повышенной опасностью и вне помещений. При этом вилки переносных ламп не подходят к штепсельным розеткам сети 127—220 В. Перед работой переносные лампы осматривают и проверяют, неисправные заменяют. Запрещается заменять перегоревшие лампы в колодцах, траншеях, топках котлов, металлических резервуарах и других особо опасных условиях.

Если стационарная сеть напряжением 12—36 В на месте работы не предусмотрена, для получения такого напряжения применяют переносные понижающие трансформаторы.

Переносные понижающие трансформаторы со стороны высокого напряжения 127—220—380 В снабжаются гибким шнуром длиной до 2 м, заключенным в резиновый шланг и наглухо припаянным к выводам обмотки трансформатора, чтобы исключить применение случайных проводов с плохой или поврежденной изоляцией. Так как корпус и обмотка низкого напряжения переносного трансформатора должны заземляться (см. § 18), шнур оканчивается вилкой, снабженной дополнительным специальным контактом для заземляющего проводника. С целью повышения безопасности этот контакт входит в розетку и замыкает цепь заземления раньше, чем замыкаются цепи рабочих контактов.

Переносные трансформаторы нельзя переносить за собой к месту работы, особенно в условиях повышенной опасности. Их нельзя ставить внутри топок и газоходов котлов, металлических резервуаров и корпусов силовых трансформаторов, конденсаторов турбин, барабанов котлов и тому подобных сооружений; а также в колодцах, коллекторах и туннелях подземных коммуникаций, в канавах при земляных работах. При необходимости удлиняется проводка со стороны низкого напряжения. Трансформатор и его арматуру тщательно осматривают перед каждым включением. Сопротивление изоляции электрических цепей, которое не должно быть ниже 1 МОм, проверяют мегомметром с рабочим напряжением 500 В 1 раз в 3 месяца, прочность изоляции трансформатора испытывают повышенным напряжением 1 раз в год.

**Электрифицированный инструмент.** Дрели, шарошки, вибраторы и другой инструмент используют в условиях еще более неблагоприятных, чем переносные лампы. Во время работы инструмент испытывает механические воздействия, в результате которых разрушается изоляция обмотки и может произойти замыкание на корпус. Рабочий, соприкасаясь с корпусом инструмента, может быть поражен электрическим током. Двойная изоляция токоведущих частей обеспечивает большую безопасность работающих.

Степень безопасности также определяется условиями, в которых производятся работы. В обычных, неопасных помещениях разрешается применять электрифицированный инструмент напряжением до 220 В без заземления корпусов и применения защитных средств. Вне помещений и в помещениях с повышенной опасностью при напряжении до 36 В, а также при напряжении 127—220 В используют электрифицированный инструмент с двойной изоляцией. При работе пользуются дополнительными защитными средствами — диэлектрическими перчатками, галошами, ковриком. У инструмента с одинарной изоляцией, кроме того, заземляют корпус. В особо опасных помещениях применяют только инструмент с напряжением до 36 В, при этом пользуются дополнительными защитными средствами. Применение более высокого напряжения не разрешается.

К работам в особо опасных помещениях приравниваются работы с электроинструментом в металлических резервуарах, барабанах, газоходах и топках котлов, на трубопроводах и металлических конструкциях, где изоляция человека от заземленных предметов обычными средствами практически неосуществима.

Сопrotивление изоляции электрических цепей инструмента проверяется мегомметром с рабочим напряжением 500 В 1 раз в месяц и не должно быть ниже 1 МОм. Прочность изоляции испытывается повышенным напряжением 1 раз в год.

#### **§ 48. ЗАМЕНА ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ И ПЛАВКИХ ВСТАВОК**

Предохранители, применяемые для защиты двигателей, трансформаторов и электрических сетей, в процессе эксплуатации могут перегореть. Для восстановления нормального режима работы электрооборудования следует установить новые исправные предохранители. Для этого присоединение с перегоревшими предохранителями отключают, т. е. напряжение с электрооборудования снимают. В исключительных случаях, при невозможности снять напряжение без обесточивания ответственных потребителей, допускается замена предохранителей под напряжением, но при отключенной нагрузке.

При замене предохранителей под напряжением, например, на воздушных (столбовых) подстанциях, операции проводят в следующем порядке. Вначале отключают рубильники низшего, а за-

тем разъединители высшего напряжения. Осмотром удостоверяются в том, что отключены все три фазы разъединителя, и нет шунтирующих перемычек. В сетях напряжением 110—500 В проверяют по показаниям приборов или с помощью токоискателя, не находится ли присоединение под напряжением. Устраняют и устраняют причину, вызвавшую перегорание предохранителей. Сгоревшие предохранители заменяют исправными.

Исправность закрытого предохранителя проверяют мегомметром, омметром или простым пробником. Если предохранитель исправен, то мегомметр и омметр покажут отсутствие сопротивления, стрелка пробника отклонится на всю шкалу. Перед проверкой в месте контакта металл головок предохранителя зачищают, чтобы устранить переходное сопротивление, которое может оказаться значительным.

Затем включают разъединители или рубильник отключенного присоединения. На столбовых подстанциях вначале включают разъединители высшего напряжения.

Работу по замене предохранителей выполняют в защитных очках, применяя изолирующие клещи и диэлектрические перчатки. Ее осуществляют без наряда два лица с IV и III квалификационными группами при напряжении выше 1000 В и одно лицо с III группой — при напряжении до 1000 В.

#### **§ 49. ОБСЛУЖИВАНИЕ ВРАЩАЮЩИХСЯ МАШИН И ЦЕПЕЙ ВОЗБУЖДЕНИЯ**

**Обслуживание вращающихся машин.** Обслуживание двигателей, генераторов, синхронных компенсаторов связано не только с опасностью поражения электрическим током, но и с опасностью механического травмирования работающего. Поэтому, как правило, нельзя выполнять работы на вращающихся машинах. Исключением являются те работы, которые не могут быть произведены на остановленной машине, например испытания генераторов, синхронных компенсаторов и их защит, шлифование колец ротора двигателя, проверка щеток. Во время выполнения этих работ следует остерегаться захвата одежды или обтирочного материала валом машины. Вращающийся генератор или синхронный компенсатор, даже если он не возбужден, считается находящимся под напряжением, так как напряжение в обмотке статора создается за счет остаточного намагничивания стали ротора.

**Работы в цепях возбуждения генераторов.** В обмотке статора генератора даже при отсутствии возбуждения наводится значительная э. д. с. за счет остаточного намагничивания ротора. Поэтому при работе в цепях возбуждения необходимо применять индивидуальные средства защиты: инструмент с изолированными ручками, диэлектрические галоши, резиновые диэлектрические коврики.

На мощных синхронных компенсаторах подстанций в качестве основной принята система ионного возбуждения. Ионным возбудителем называется устройство, которое с помощью ртутных выпрямителей преобразует переменный ток в постоянный. Ионные возбудители получают питание от выпрямительного трансформатора напряжением выше 1000 В. Несмотря на то что при нормальной работе напряжение в цепях возбуждения значительно ниже 1000 В, при обрыве дуги или обратном зажигании в ртутном выпрямителе напряжение в цепях возбуждения может достигнуть величины значительно выше 1000 В. Поэтому цепи возбуждения, в том числе приборы и аппараты управления, расположенные на главном щите управления, рассматриваются как находящиеся под напряжением выше 1000 В. При работах вблизи этих цепей соблюдают соответствующие меры предосторожности. Работы в цепях ионного возбуждения проводят на отключенном оборудовании.

**Обслуживание системы охлаждения генераторов.** При обслуживании газомасляной системы генераторов и синхронных компенсаторов, в которых применяется охлаждение обмоток водородом, нельзя допускать образования взрывоопасной смеси водорода с воздухом, т. е. содержания водорода в воздухе от 3,3 до 81,5 %. Перед вскрытием нельзя вытеснять из генератора водород воздухом, и наоборот. Для этой цели применяют инертный газ — азот или углекислый газ.

Подготовка рабочего места для ремонтных работ на генераторах и синхронных компенсаторах с водородным охлаждением выполняется в соответствии с общими правилами. В дополнение к ним в машинных залах вблизи генераторов, синхронных компенсаторов и устройств газомасляной системы охлаждения вывешивают плакаты: «Не курить!», «Водород!», в электролизной — «Не курить!», «Взрывоопасно!», а на двери, ведущей в помещение электролизной установки, — «С огнем не входить!», «Взрывоопасно!».

Проведение пожароопасных работ с открытым огнем непосредственно на корпусах генератора или синхронного компенсатора, на трубопроводах и аппаратуре газомасляной системы охлаждения, заполненных водородом, а также в помещении электролизной установки запрещается. Такие работы выполняют после удаления водорода, продувки системы и обеспечения необходимой вентиляции в соответствии с «Правилами пожарной безопасности при проведении сварочных и других огневых работ на объектах народного хозяйства».

## **§ 50. РАБОТЫ В ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ**

Преобразовательными называют установки, преобразующие переменный ток одной частоты в постоянный или переменный ток другой частоты. На электрических станциях и подстанциях преобразовательные установки используют для возбуждения ге-

нераторов, питания электрофильтров, заряда аккумуляторных батарей, питания устройств телемеханики и связи и т. п. Они представляют собой механические ртутные или полупроводниковые выпрямители.

Все виды ремонтов в преобразовательных установках производят по наряду, с полным снятием напряжения как со стороны переменного, так и со стороны постоянного тока. Заземление устанавливают со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. При напряжении до 1000 В вместо заземления допускается изолировать ножи отключенных разъединителей от губок изоляционными прокладками или колпаками. Если вскрывается вакуумная часть ртутного выпрямителя или насоса, ртуть из них обязательно удаляют, собирая ее в герметически закрывающиеся стальные сосуды. Преобразовательные подстанции снабжают углекислотными огнетушителями или установками пеногашения.

Осмотры ртутных выпрямителей, находящихся в работе, производят, стоя на резиновом коврике или изолирующей подставке, не реже 1 раза в 3 месяца.

Ртутные выпрямители обслуживают с особой осторожностью, так как ртуть и ее пары ядовиты. Случайно пролитую ртуть немедленно и тщательно собирают резиновой грушей или вакуум-насосом в эмалированную или фарфоровую посуду, заполненную водой. О всех случаях разлива ртути немедленно сообщают персоналу химической лаборатории.

Шкаф ртутного выпрямителя должен быть всегда закрытым, так как излучение ламп работающего ртутного выпрямителя опасно для органов зрения.

#### § 51. РЕМОНТ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Ремонт и эксплуатация аккумуляторных батарей связаны с повышенной опасностью, так как для организма человека вредны свинец и его соединения, кислота и щелочи. Водород, выделяемый при зарядке аккумуляторных батарей, создает взрывоопасную смесь с воздухом.

Во избежание отравления в помещениях, в которых имеются свинцовые пластины, кислота и щелочь, запрещается хранить и принимать пищу и воду. Известно, что окислы свинца, попадающие на поврежденную кожу, вызывают тяжелые заболевания сухожилий, поэтому со свинцом и его соединениями работают в резиновых перчатках или рукавицах при непрерывно включенной вентиляции. Перед едой руки тщательно моют.

Снаружи вход в помещение аккумуляторной батареи постоянно закрыт на замок. Изнутри дверь должна легко открываться без ключа.

Приготовление электролита начинают после монтажа или ремонта батарей и окончания работ во вспомогательных помещениях. Предварительно необходимо принять меры

предосторожности. Вначале готовят баки с обмывочной водой и нейтрализующими растворами: 5%-ным раствором питьевой соды (для нейтрализации действия серной кислоты и электролита) и раствором борной или уксусной кислоты в соотношении 1:8 (для нейтрализации растворов едкого калия и других щелочей). К бакам должен быть обеспечен свободный доступ. Их снабжают четкими надписями о назначении и содержимом. Это необходимо для того, чтобы при несчастных случаях пострадавшему можно было оказать немедленную помощь.

Хранят кислоту в отдельном проветриваемом помещении, в плотно закупоренных стеклянных бутылках, помещенных в плетеные корзины или деревянные обрешетины с ручками. Их ставят в ряды на полу, не поднимая на полки, или друг на друга. Кроме кислоты в помещении может храниться только дистиллированная вода. Проведение каких-либо работ в помещениях для хранения кислоты и щелочи, кроме разведения электролита, запрещается.

Бутылки с кислотой и электролитом переносят вдвоем на специальных носилках, на которых бутылка должна быть надежно закреплена, или перевозят на тележках с гнездами для бутылей. Разливают кислоту и электролит с помощью специальных приспособлений, позволяющих надежно закрепить бутылку и придать ей необходимый принудительный наклон. Заливка аккумуляторов электролитом из баков может осуществляться через резиновый шланг, снабженный краником или зажимом (сифоном). Небольшие порции кислоты и электролита отсасывают и переливают с помощью резиновой груши, стеклянной или фарфоровой кружки.

Кружку с кислотой или электролитом нельзя передавать из рук в руки. Для передачи кружки один из рабочих ставит ее на ровную поверхность, а другой берет и переносит к месту работы.

Электролит в процессе разбавления водой сильно нагревается, в связи с этим для его приготовления нельзя использовать стеклянную тару: она может лопнуть, причинив увечья работающему. Кислотный электролит разводят в оцинкованной, эмалированной посуде или специальных банках, вливая кислоту в дистиллированную воду тонкой струей из кружки емкостью 1—2 л и непрерывно помешивая раствор стеклянной палочкой. Вливать воду в кислоту нельзя: взаимодействуя с водой, кислота сразу вскипает и сильно разбрызгивается.

Щелочной электролит разводят в стальных или чугунных баках. Крышки банок, в которых хранится твердая щелочь, сразу после ее взятия запаивают, так как щелочь на воздухе быстро впитывает влагу и портится. Попадание твердой щелочи на кожу и особенно на ее слизистые или влажные участки очень опасно. Поэтому при дроблении ее покрывают плотной тканью. Кусочки щелочи берут совками или щипцами. Флаконы с жидкой щелочью открывают осторожно, не прилагая больших уси-

лий. Чтобы приготовить электролит, небольшие порции щелочи растворяют в дистиллированной воде. Работу производят в резиновых перчатках и защитных очках. Вентиляция во время приготовления электролита должна быть обязательно включена.

Пролитую кислоту или электролит собирают в стеклянную тару резиновой грушей или смывают из шланга нейтрализующим раствором, а потом водой. Большие количества пролитой жидкости предварительно засыпают опилками и удаляют.

Залитые электролитом банки нельзя передвигать, выравнивать и поднимать. Не разрешается также ремонтировать стеллажи в то время, когда на них стоят банки, наполненные электролитом.

С кислотой, щелочью и электролитом работают в резиновых сапогах, кислотостойком костюме из грубой шерсти, защитных очках и резиновых перчатках. При этом брюки не заправляют в сапоги, а надевают поверх голенищ.

После заливки электролита помещение аккумуляторной батареи становится взрывоопасным. Поэтому в нем нельзя курить, зажигать огонь, пользоваться нагревательными приборами и аппаратурой, дающей искру.

Заряд аккумуляторной батареи производят при включенной вентиляции. Выключают вентиляцию через 1,5 ч после того, как заряд будет окончен, а газы удалены. Если батарея работает в режиме постоянного подзаряда, вентиляцию включают при возникновении «кипения» электролита, а также при перезарядах и заряд-разрядах батареи. Включать вентиляцию необходимо потому, что эти процессы сопровождаются выделением водорода и, следовательно, может возникнуть опасность взрыва.

Снижение сопротивления изоляции сети постоянного тока относительно земли не допускается менее 6000 Ом при напряжении батареи 110 В и менее 15 000 Ом при напряжении 220 В. Поэтому сопротивление изоляции цепей постоянного тока контролируют специальными приборами или измеряют с помощью вольтметра.

Численно сопротивление изоляции Ом в сетях постоянного тока

$$R_{из} = R_{в} \left( \frac{U_6}{U_1 + U_2} - 1 \right),$$

где  $R_{из}$  — общее сопротивление изоляции относительно земли;  $R_{в}$  — сопротивление вольтметра;  $U_6$  — напряжение между плюсом и минусом батареи;  $U_1$  — напряжение между минусом батареи и землей;  $U_2$  — напряжение между плюсом батареи и землей.

Вновь смонтированные кислотные батареи должны иметь сопротивление изоляции относительно земли (при отключенной нагрузке и зарядных агрегатах) не менее 50 000 Ом при

рабочем напряжении батареи 110 В и 100 000 Ом — при напряжении 220 В. Сопротивление изоляции проверяют мегомметром с рабочим напряжением не выше 1000 В.

## § 52. РАБОТЫ В ЦЕПЯХ ИЗМЕРЕНИЯ, УПРАВЛЕНИЯ, СИГНАЛИЗАЦИИ И ЗАЩИТЫ

В цепях измерения, сигнализации, управления, релейной защиты и автоматики имеет право работать только персонал специализированной службы.

Для управления и сигнализации в электроустановках используют постоянный, выпрямленный или переменный ток от аккумуляторных батарей, выпрямительных устройств, силовых и измерительных трансформаторов, рабочее напряжение которых обычно составляет 110—220 В. Измерительные приборы, устройства релейной защиты и автоматики, кроме того, подключаются к вторичным цепям специально предназначенных для этой цели трансформаторов тока и трансформаторов напряжения. Особенно опасна работа в цепях трансформаторов тока на включенном присоединении. Нельзя даже кратковременно размыкать цепь вторичной обмотки трансформаторов тока, так как при этом нарушается баланс магнитных потоков в сердечнике трансформаторов тока и первичный ток становится током намагничивания. Ток намагничивания перегревает железо трансформатора тока, наводит в его вторичной обмотке высокое напряжение,

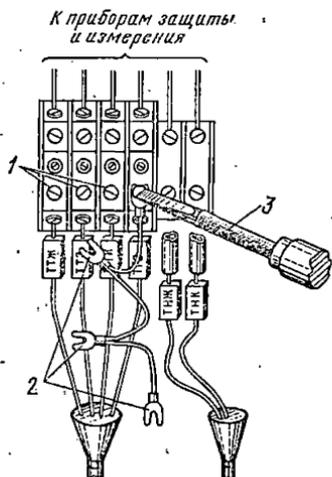


Рис. 73. Закорачивание вторичных цепей трансформаторов тока на зажимной сборке:

1 — винты, 2 — наконечники, 3 — отвертка с изолирующей ручкой и стержнем

опасное для работающих. Поэтому до начала работы цепи вторичных обмоток трансформаторов тока замыкают накоротку (рис. 73). Для короткого замыкания к зажимам присоединяют металлические провода с наконечниками. Эту работу выполняют отверткой с изолирующей ручкой и изолированным стержнем, стоя на резиновом коврик.

Провода цепей переменного напряжения, оперативного тока, катушек отключения и включения перед работой на панели отсоединяют и изолируют, надевая на оголенные концы изолирующие трубки, как это показано на рис. 73, или обматывая их изоляционной лентой.

Вторичную обмотку трансформаторов тока и трансформаторов напряжения заземляют. Заземление вторичных обмоток яв-

ляется защитой при возможном пробое высшего напряжения на обмотку низшего напряжения. Поэтому нельзя отсоединять это заземление, за исключением случая, когда присоединение отключено.

### **§ 53. РАБОТЫ В КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ ВНУТРЕННЕЙ И НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ**

В комплектных распределительных устройствах токоведущие части закрыты сплошными металлическими ограждениями. При этом вытчные контакты, с помощью которых осуществляется подключение выкатных тележек к шинам РУ, закрываются автоматическими шторками, как только тележку начинают выкатывать, или дверцами.

Для проведения работ на оборудовании выкатной тележки, на оборудовании, установленном в отсеке КРУ после выкатной тележки, на кабеле или питаемом от данной ячейки КРУ присоединении тележку полностью выкатывают, автоматические шторки (или дверцы) запирают, на ячейке вывешивают плакат «Не включать — работают люди». Если работы будут проводиться в самом отсеке, на верхнюю шторку, кроме того, вывешивают плакат «Стоять — высокое напряжение». На кабели, по которым возможна подача напряжения в ячейку, после проверки отсутствия напряжения накладывают заземление, затем вывешивают плакат «Работать здесь».

Ремонт выключателя и расположенного на выкатной тележке оборудования выполняют обычно вдали от ячеек и находящихся под напряжением токоведущих частей.

Если по условиям проведения работы на размещенных внутри шкафа КРУ реле, измерительных приборах, сборках зажимов, проводах и коммутационной аппаратуре выкатка тележки не требуется, на месте работы вывешивают плакат «Работать здесь», а на рукоятке фиксации тележки или дверцах — «Не включать — работают люди».

Выкатка тележки и обратная ее установка являются операциями по отключению и включению оборудования, поэтому их имеет право производить только оперативный персонал, имеющий IV квалификационную группу, единолично или с контролирующим лицом.

### **§ 54. ЧИСТКА ИЗОЛЯЦИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ БЕЗ СНЯТИЯ НАПРЯЖЕНИЯ**

В закрытых распределительных устройствах изоляцию очищают щетками-пылесосами на изолирующих штангах, если проходы достаточно широки для свободного перемещения пылеотсасывающего устройства. Щетка-пылесос крепится на полой изолирующей штанге. Работу выполняют в диэлектрических перчатках. Основное требование безопасности — не допустить

загрязнения и перекрытия штанги. Для этого ее полую часть в процессе работы регулярно очищают от пыли.

В открытых распределительных устройствах загрязненные изоляторы обмывают без снятия напряжения сплошной или прерывистой струей воды. Для обмывки используют резиновый шланг длиной не более 40 м, имеющий металлический ствол, который надежно заземляют гибким медным проводом сечением не менее 16 мм<sup>2</sup>. В зависимости от диаметра ствола и напора воды правилами безопасности регламентируется безопасная длина струи воды по прямой от наконечника ствола до изоляторов (табл. 13).

Таблица 13. Наименьшая допустимая длина струи воды при диаметре ствола до 13 мм

Напряжение, кВ	Длина струи воды, м, при давлении, кгс/см <sup>2</sup>		Напряжение, кВ	Длина струи воды, м, при давлении, кгс/см <sup>2</sup>	
	4	8		4	8
6—10	2,5	2,5	110	4	7
35	2,5	3,5	220	6	10

Прерывистая струя воды образуется с помощью специального устройства — прерывателя, который делит струю на отдельные части с воздушными промежутками. Наименьшая длина прерывистой струи должна быть не менее 2,5 м при напряжении 35 кВ; 3,5 м при 110 кВ; 4,0 м при 154 кВ; 5,0 м при 220 кВ. Используется чистая вода с удельным сопротивлением не менее 10 Ом·м (водопроводная вода имеет  $\rho=28—32$  Ом·м). Обмывка выполняется в диэлектрических перчатках и резиновых сапогах только одним специально обученным членом бригады с III квалификационной группой под руководством и надзором производителя работы с IV квалификационной группой.

#### § 55. ФАЗИРОВКА ЦЕПЕЙ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО И ВЫШЕ 1 000 В

Для включения на параллельную работу трансформаторов, линий и кабелей необходима их предварительная фазировка, т. е. определение одноименных фаз, подлежащих соединению. Фазировку производят на отключенных разъединителях, выключателях или кабелях, отсоединенных от линейных разъединителей. На этой работе должно быть занято не менее двух лиц, имеющих III и IV квалификационные группы.

Оперативный персонал лично или работники электролаборатории под его наблюдением производят фазировку по распоряжению. Без участия оперативного персонала фазировку производят по наряду.

Перед началом работы необходимо надеть головной убор, плотно застегнуть одежду, надеть диэлектрические перчатки и

ки. Стоять следует устойчиво на изолирующем основании и не касаться стен или заземленных частей.

Перед фазировкой проверяют напряжение на всех шести зажимах от обоих источников питания: при напряжении до 220 В — токоискателем, при напряжении выше 220 В — указателем напряжения с дополнительным сопротивлением.

При фазировке щупом указателя напряжения прикасаются к токоведущему проводу какой-либо фазы, а щупом другой трубки с дополнительным сопротивлением — к той же фазе другого источника. При совпадении одноименных фаз лампы светиться не будут, так как отсутствует разность потенциалов. Если фазы перепутаны, указатель покажет наличие напряжения. Тогда фазировку исправляют только после полного снятия с электроустановки напряжения и выполнения других необходимых мер безопасности.

Указатель напряжения, употребляемый при фазировке, должен быть рассчитан на двойное рабочее напряжение фазированных цепей или иметь соответствующее дополнительное сопротивление.

#### § 56. РАБОТЫ В СЕТЯХ ОСВЕЩЕНИЯ

Эксплуатация сетей освещения производится специально обученным персоналом. Как правило, ремонтные работы, чистку арматуры, замену перегоревших ламп выполняют в дневное время со снятием напряжения с участка. Если с электроустановки, питающей сети освещения (до 500 В), снять напряжение нельзя, допускается проведение ремонтных работ под напряжением. При этом соседние токоведущие части ограждают изолирующими щитами или накладками, работают инструментом с изолированными рукоятками, в головном уборе и с застегнутыми рукавами, стоя на изолирующей подставке или в диэлектрических галошах. Ножовки, напильники и металлические метры не применяют. Работают не менее чем два лица, производитель работы должен иметь IV квалификационную группу.

На электрических станциях, в машинных залах и цехах предприятий чистку и обслуживание высоко расположенной осветительной аппаратуры часто производят с мостовых кранов. При этом разрешается выполнять только вдвоем, при этом один исполнитель работы должен иметь квалификационную группу не ниже II. Оба исполнителя должны быть допущены к верхоустановочным работам. При работе соблюдают меры предосторожности: не поднимаются под напряжение (диэлектрический коврик), используют страховочный пояс, от случайного пуска отключают питание).

При ремонте осветительных приборов под напряжением разрешается и менять перегоревшие лампы с телескопических осветительных устройств, а также на деревянных опорах и спусках, на которых светильники

находятся ниже фазных проводов. Старший из двух лиц должен иметь III квалификационную группу. Во всех остальных случаях работу выполняют по наряду с отключением и заземлением на месте работ всех проводов линий, расположенных на опоре.

Поврежденные ртутные и люминесцентные лампы ввиду того, что в них содержится ртуть, пары которой ядовиты, сдают на завод-изготовитель или уничтожают в специально отведенных для этого местах.

Установку, снятие и проверку счетчиков электрической энергии, включенных через измерительные трансформаторы, проводят со снятием с установки напряжения по наряду два монтера, из которых один имеет IV квалификационную группу, а второй — не ниже III.

При непосредственном включении счетчиков в сеть и напряжении до 380 В эту работу со снятием напряжения может выполнять единолично монтер, имеющий III квалификационную группу. Если обеспечены безопасные условия проведения работы, при напряжении 110—220 В допускается работа без снятия напряжения.

#### § 57. ПУСКОНАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ И ИСПЫТАНИЯ

Пусконаладочные работы и испытания повышенным напряжением производит по наряду бригада не менее чем из двух человек, из которых старший — производитель работы — имеет IV квалификационную группу, а остальные — III. Испытания выполняет оперативный персонал единолично в том случае, если испытательное напряжение подается от стационарной кенотронной установки.

Допуск к подготовительным работам и испытаниям производят только после сдачи нарядов всеми другими бригадами, работавшими на испытуемом оборудовании. Мешающие переносные заземления на время испытаний могут быть сняты.

Сборку схем для испытания осуществляют при снятом напряжении. Переключения в схеме, перестановка приборов при включенном напряжении не допускаются.

Испытательная установка имеет двухполюсный или другой коммутационный аппарат с видимым контактом, чтобы в случае возникновения опасности было немедленно отключить. Корпуса испытательной установки и аппаратуры испытательной установки должны быть заземлены и зафиксированы с помощью изолирующих прокладок, на которых крепятся верхние контакты.

Для предупреждения ошибочного включения в пересоединениях в схеме применяют изолирующие прокладки, например, из миканита, помещая их между контактами отключенного рубильника.

Временные соединительные провода крепят на изолирующих подставках, чтобы избежать замыканий.

расположенные токоведущие части. Соединительные провода оттягивать запрещается.

Минимально допустимое расстояние от частей оборудования и шин, находящихся под испытательным напряжением, до токоведущих частей, находящихся под рабочим напряжением, указано ниже:

Номинальное напряжение установки, кВ	Минимальное расстояние, см (не менее)
До 10	15
15	20
20	25
35	50

Если соединительные провода расположены вне помещений установок с напряжением выше 1000 В (коридоры, лестницы и пр.) независимо от имеющихся ограждений на все время испытаний ставят охрану из одного или нескольких человек, которые предупреждают проходящих людей об опасности.

Перед подачей испытательного напряжения члены бригады должны находиться на своих рабочих местах по указанию производителя работы, посторонние лица удаляются в безопасную зону. Производитель работы предупреждает работников бригады словами «Даю напряжение» и снимает с высоковольтного вывода заземление, после чего включает рубильник питания испытательной установки.

После испытания изоляции повышенным напряжением производитель работы снижает напряжение на испытательный установке, отключает рубильником питание, заземляет или дает распоряжение о заземлении высоковольтного вывода и после наложения заземления дает команду «Напряжение снято». Наложение заземления обязательно потому, что на испытуемом оборудовании может сохраняться остаточный заряд. Наложение и снятие заземления, подключение и отсоединение проводов от испытательной установки выполняет в диэлектрических перчатках одно и то же лицо.

Опробование оборудования при наладочных работах производят после того, как из зоны работы удалены все посторонние лица. Наладчиками подается оперативный ток на схемы управления, защиты и сигнализации только на время опробования, а затем предохранители оперативного тока снимают и хранят до пуска или включения оборудования.

Вторичные обмотки трансформаторов тока оставляют законченными до проверки правильности сборки цепей персоналом службы защиты.

## § 58. РАБОТЫ НА ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИНАХ, ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИХ ВЫШКАХ И ВЫДВИЖНЫХ ЛЕСТНИЦАХ

Передвижение и работа грузоподъемных машин и механизмов, а также телескопических вышек и выдвижных лестниц с механическим приводом в стесненных условиях распределительного устройства, вблизи токоведущих частей и оборудования, находящихся под напряжением, вблизи проводов и опор воздушных линий, опасны и производятся с соблюдением дополнительных мер безопасности. На работу выписывают наряд.

Перед началом работы водитель машины или лицо, отвечающее за ее исправное состояние, в удобном месте проверяет ис-

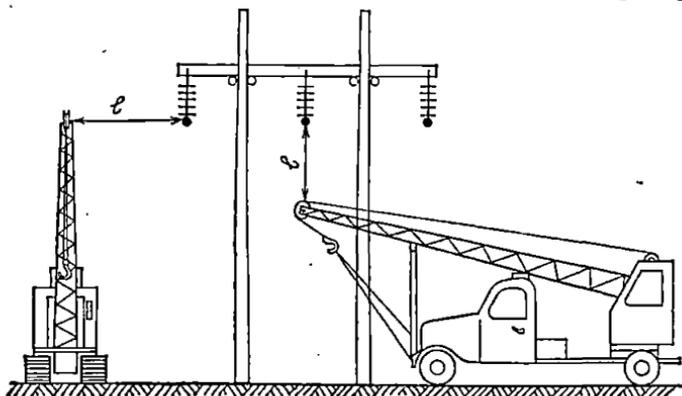


Рис. 74. Допустимые расстояния по горизонтали и по вертикали от грузоподъемных машин до проводов линии электропередачи

правность машины, опробует все механизмы, действие тормозов, ограничителей, сигнализации, указателей поворота и высоты стрелы, состояние изолирующих вставок, стропов, канатов и т. п. На месте работ корпус машины на резиновом ходу заземляют. Машины на гусеничном ходу заземления не требуют.

Специально выделенное лицо или ответственный руководитель (имеющие V квалификационную группу) осуществляет непрерывный надзор и руководит работой и передвижением машины. Водитель (имеющий квалификационную группу не ниже II) ведет машину со скоростью не более 5 км/ч. Подъемная или выдвижная часть машины на время передвижения закрепляется в транспортном положении. При работе и движении по распределительному устройству не допускается, чтобы какая-либо часть машины, груза, приспособлений или сам работающий приближались к токоведущим частям, находящимся под напряжением, на расстояния, менее указанных в табл. 11.

От проводов линии электропередачи, находящихся под напряжением, люди, подъемная или выдвижная часть грузоподъемной машины при наибольшем подъеме или боковом вылете,

а также тросы, канаты, оттяжки, инструменты должны находиться на расстоянии  $l$  (рис. 74), не менее указанного на с. 86.

При работах с телескопических вышек, выдвигаемых лестниц и других механизмов без изолирующих вставок вблизи находящихся под напряжением токоведущих частей монтер не должен приближаться сам и приближать к ним инструмент на расстояние, меньше указанного на с. 112.

Управлять выдвижной лестницей на рабочем месте может ремонтный персонал, имеющий III квалификационную группу.

В случае необходимости ставят стопоры или ограничители поворота и подъема машины, хорошо видимые из кабины управления.

Если в процессе работы, несмотря на принятые меры предосторожности, между токоведущими частями и машиной возникнет электрический разряд, то до снятия с токоведущих частей напряжения нельзя касаться машины, сходить с нее на землю или подниматься в машину. При опасности пожара следует спрыгнуть с машины, не держась за нее, сразу на обе ноги и удаляться, прыгая на одной или на обеих ногах одновременно. Этим исключается возможность попадания под напряжение шага или прикосновения.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Расскажите об устройстве безопасной переносной лампы.
2. Какие меры безопасности соблюдают при работе электрифицированным инструментом?
3. Какие операции выполняют при проверке предохранителей и плавких вставок?
4. Какие меры безопасности выполняют при работе в цепях возбуждения генераторов?
5. В чем заключается опасность для человека при ремонте и эксплуатации аккумуляторных батарей?
6. Расскажите о мерах безопасности при приготовлении электролита для аккумуляторных батарей.
7. Какие правила безопасности следует знать при работе в цепях трансформаторов тока и трансформаторов напряжения?
8. Расскажите о мерах безопасности при работе в сетях освещения.
9. Какие меры безопасности соблюдают при пусконаладочных работах и испытаниях электрооборудования?

### Глава VIII

#### МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

##### § 59. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ТОРФОПРЕДПРИЯТИЙ

Требования безопасности к электроустановкам торфопредприятий. Торфяными электроустановками называются подстанции, сети и присоединенные к ним электрифицированные

машины, предназначенные для подготовки торфяных месторождений (залежей), для добычи, сушки, уборки и погрузки торфа.

В торфяных электроустановках применяют те же технические и организационные меры защиты, что и в других. Однако в более тяжелых условиях эксплуатации (работа на сильно увлажненных залежах торфа, в открытых карьерах, в производственных помещениях по переработке торфа, являющихся особо опасными по возможности поражения током, пожаро- и взрывоопасными) правила технической эксплуатации электроустановок потребителей предъявляют более жесткие требования электробезопасности как к устройству, так и к эксплуатации торфяных электроустановок.

Электрические сети торфяных электроустановок напряжением до и выше 1000 В работают с изолированной нейтралью. Заземление нулевых точек допускается лишь во вторичных цепях (измерения, сигнализации и защиты) напряжением до 1000 В.

В торфяных электроустановках напряжением выше 1000 В (до 10 кВ) напряжение подается на передвижную подстанцию по воздушным линиям электропередачи, на электрифицированную машину — с помощью гибкого передвижного кабеля.

В случае однофазного замыкания на землю (которое всегда представляет опасность для обслуживающего персонала) поврежденный участок сети отключается релейной высокочувствительной токовой защитой.

На торфоразработках нередко случаи, когда срабатывает защита от замыканий на землю. В этом случае необходимо отыскать место повреждения в сети электроснабжения. Когда защитой отключалась вся подстанция или одна из ее секций, разрешается поочередное пробное включение присоединенных линий. Проверенные исправные линии вновь отключают. Их можно включить только после того, как будет обнаружена поврежденная линия. На ней устраняют неисправность и затем дежурный подстанции включает ее по запросу торфопредприятия. При этом торфопредприятие уведомляет дежурного подстанции о причинах отключения линии и об устранении дефекта. Неисправную линию (после работы защиты от однофазных замыканий на землю) включать строго запрещено.

Торфяные электроустановки напряжением до 1000 В оборудованы защитными устройствами от однофазных замыканий на землю — асимметрами с мгновенным (время срабатывания не превышает 0,012 с) отключением установки или на самой подстанции, или на каждом агрегате, питающемся от подстанции.

Асимметр РА-74/2 завода Энергоприбор (рис. 75) состоит из трех конденсаторов 1, подключенных с одной стороны к фазным проводам, с другой — соединенных в звезду, в нулевой провод которой включена катушка реле напряжения 2. Нормально замкнутые контакты 3 этого реле включены в цепь удерживающей катушки 4 магнитного пускателя МП.

В случае замыкания на корпус (землю) через катушку реле напряжения будет проходить ток срабатывания реле  $I_{ср}$ , пропорциональный напряжению нулевой последовательности  $U_0$ , т. е. напряжению между нулевой точкой источника питания и землей. При напряжении  $U_0=88В$  ток срабатывания реле становится  $I_{ср}=40 мА$  и нормально замкнутый контакт реле размыкается. Цепь удерживающей катушки обесточивается, сердечник выпадает и пускатель отключает поврежденное оборудование от сети. Асимметры защитного отключения устанавливают

на каждой передвижной электрифицированной машине и на подстанции, питающей эти машины. Асимметры должны быть за-

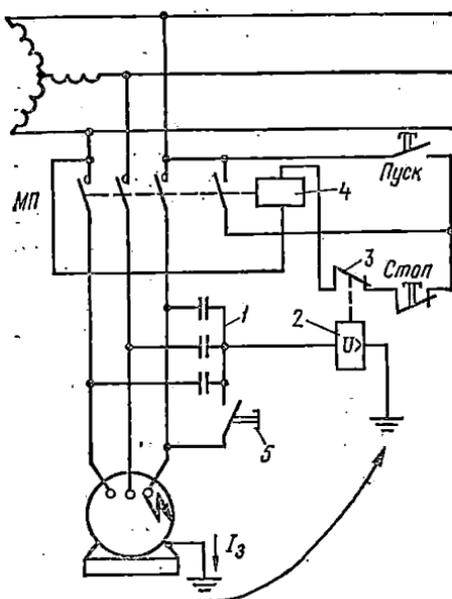


Рис. 75. Схема асимметра РА-74/2:

1 — конденсаторы, 2 — реле напряжения, 3 — замкнутые контакты, 4 — удерживающая катушка, 5 — кнопки

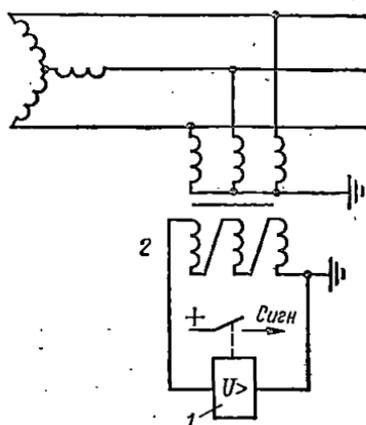


Рис. 76. Схема непрерывного контроля сопротивления изоляции в сетях с изолированной нейтралью:

1 — реле напряжения, 2 — трансформатор напряжения

пломбированы. Исправность действия асимметров проверяют ежемесячно с записью в оперативный журнал. Для проверки создают искусственное замыкание на землю, нажимая кнопку 5.

Сопротивление изоляции на каждом участке электросети торфопредприятия должно быть не менее 1,5 МОм, т. е. в 3 раза больше, чем в обычных условиях. Если окажется, что эта величина не соблюдается, то персонал обязан выявить и устранить дефект в изоляции. Контроль за состоянием изоляции осуществляется непрерывно. Для сигнала о снижении сопротивления изоляции (или о прикосновении человека к одной из фаз) используется прибор, в котором датчиком является трансформатор напряжения 2 (рис. 76). Реле напряжения 1 включено в цепь

вторичной обмотки трансформатора напряжения, собранного в разомкнутый треугольник. При снижении сопротивлений изоляции либо обеих фаз, либо одной из них напряжение во вторичной обмотке трансформатора напряжения увеличивается. Реле сработает, когда достигнет уставки  $U_0$ , равной 15—25 В, и подаст сигнал «Земля в сети».

Сопротивление  $R$  заземляющего устройства торфяных электроустановок должно быть не более  $R \leq 40/I_e$ , где  $I_e$  — емкостный ток сети; 40 В — напряжение на корпусе при однофазном замыкании на землю (на корпус).

Передвижные электрифицированные машины и трансформаторные подстанции заземляют с помощью вертикальных заземлителей (стержней) длиной не менее 2,5 м и диаметром 25 мм, погружаемых вертикально в залежи на глубину не менее 2 м; число их не менее трех. Заземлители соединяются полосой на расстоянии 2—2,5 м. Когда торфяная машина перемещается в новую зону добычи, эти заземлители переносят за ней. Нельзя одновременно переносить все заземлители машин, электрооборудование которых находится под напряжением. Не менее двух заземлителей должно оставаться в земле.

Контроль исправности электрооборудования и средств защиты осуществляется приемо-сдаточной комиссией непосредственно на месте по протоколам испытаний, а также осмотром. В присутствии комиссии повторно опробуется исправность действия релейной защиты, защитного заземления, защитного отключения, устройств контроля изоляции, проверяется наличие и исправность индивидуальных защитных средств.

В процессе эксплуатации тщательно контролируют состояние защиты от замыканий на землю и сопротивление изоляции. Осмотры защитного заземления, трансформаторов и электрооборудования торфяных машин производят значительно чаще, чем в обычных условиях. Заземляющие устройства осматривают 2 раза в год: перед началом сезона и зимой в период наименьшей электропроводности земли. При этом измеряют сопротивление заземлителя и сравнивают его с допустимым по нормам. Трансформаторные подстанции, питающие торфяные машины, осматривают ежедневно; электрооборудование этих машин — ежемесячно и периодически в дополнительные сроки. Защиту от однофазных замыканий на землю проверяют перед началом сезона добычи торфа и ежеквартально. Эту проверку выполняет электроснабжающая организация совместно с торфопредприятием.

С целью правильной ориентировки персонала трансформаторные подстанции должны быть четко обозначены: с двух и более сторон на них укрепляют инвентарные номера или оферативные обозначения.

Питающий кабель подключают к воздушной линии электропередачи через кабельный разъёмный разъединитель. На опоре, где установлен этот разъединитель, вывешивают плакат «Не

влезай — убьет!». Питающие кабели испытывают двукратным напряжением выпрямленного тока в течение 5 мин; причем кабели, работающие в сезон добычи торфа, подвергают испытаниям перед началом сезона, а кабели, работающие постоянно, — 1 раз в год. После мелких текущих ремонтов изоляцию кабелей проверяют на электрическую прочность мегомметром на 2500 В.

Включение и отключение питающих линий выполняют на подстанции энергосистемы (или предприятия) по требованию специально назначенных приказом руководителя предприятия лиц, имеющих квалификационную группу не ниже IV. Лицо, требующее включения или отключения линии, по телефону вызывает подстанцию, называет свою фамилию и точно указывает наименование и номер питающей линии, которую требуется включить или отключить. Задание выдается лишь на одно присоединение. О выполнении задания дежурный подстанции подтверждает по телефону, сообщая наименование, номер линии и свою фамилию. Если нужно включить отключенную линию, то это требование предьявляется лицом, ранее разрешившим отключить ее. Личная договоренность и сигнализация между дежурным подстанции и водителем машины строго запрещена.

Сигнал об аварийном отключении питающей линии или при угрозе несчастного случая может подать любое лицо из персонала торфопредприятия. Дежурный подстанции записывает фамилию и должность этого лица.

Включения и отключения электрооборудования торфяных машин, передвижных трансформаторных подстанций, питающих один агрегат напряжением до 10 кВ, выполняется единолично лицом с квалификационной группой не ниже III, по устному распоряжению, в соответствии с местной инструкцией. На агрегатах пусковую аппаратуру включает (отключает) водитель (машинист, моторист).

Опасными являются переключения разъединителями, установленными на опорах воздушной линии. Не в дневное время эти переключения запрещаются. Только в аварийных случаях их можно выполнить с разрешения главного инженера или энергетика под руководством лица с квалификационной группой не ниже IV.

**Работа на передвижных электрифицированных торфяных машинах.** Передвижные электрифицированные машины оборудуют звуковой и световой сигнализацией, переносными светильниками напряжением 12 В. Чтобы водитель не ошибался, на пускорегулирующих устройствах имеются надписи: «Стоп», «Вперед», «Назад», «Вверх», «Вниз», «Вправо», «Влево». Если торфяная машина перемещается под воздушной линией электропередачи, находящейся под напряжением, то расстояние между нижней точкой провода и высшей точкой машины (габарит) должно быть не менее  $h \geq 2$  м при напряжении  $U \leq 10$  кВ и  $h \geq 2,5$  м при  $U = 35$  кВ. Если эти габариты нельзя соблюсти, то линию отключают, заземляют и закорачивают. Когда машина

пересекает воздушную линию, от которой питается, а необходимые габариты невозможно обеспечить, за передвижением машины должен неотступно наблюдать электрик с квалификационной группой не ниже IV. Во всех случаях запрещено передвижение торфяной машины, если габариты меньше  $h < 0,7$  м для воздушных линий 10 кВ и  $h < 1$  м для воздушных линий 35 кВ.

Работать на торфяной машине под проводами или в охранной зоне воздушной линии разрешается только под руководством ответственного лица по наряду-допуску Госгортехнадзора, в котором указываются необходимые меры безопасности и фамилия ответственного лица. Наряд выдает и подписывает главный инженер или главный энергетик предприятия. В охранной зоне на расстоянии менее 15 м от воздушной линии независимо от ее напряжения нельзя оставлять машины, складывать торф или хворост. Скопление рабочих под воздушной линией запрещено.

Во время грозы работать на передвижной машине нельзя. Водитель пережидает грозу в кабине, но ни в коем случае не снаружи машины.

Водители, машинисты, мотористы передвижных электрифицированных машин должны иметь квалификационную группу не ниже II. При обслуживании машин они должны выполнять все операции с особой осторожностью и предусмотрительностью во избежание несчастных случаев. Если обнаружена (перед началом или во время работы) неисправность электрооборудования, защиты от замыканий на землю, заземляющего устройства, защитного отключения, контроля изоляции, асимметра и других защитных средств, или же на машине отсутствуют сигнализация, индивидуальные защитные средства, то работу начинать не следует. Если же она начата, ее надо немедленно прекратить и принять меры к устранению неисправности. Осматривать машину, чистить, смазывать, регулировать и ремонтировать механизмы разрешается только при отключенном питании с двойным разрывом электрической цепи. Во время работы водитель машины должен следить за питающим кабелем, чтобы не возникло его чрезмерного натяжения, не наехали бы на него гусеницы машины. Переносить, передвигать питающий кабель, находящийся под напряжением, разрешается с помощью изолирующих клещей, предварительно надев диэлектрические боты и перчатки. Нельзя переезжать через этот кабель или бросать на него тяжелые предметы. Нельзя работать, если повреждена сетка (экран) питающего кабеля. Включать и отключать установленное на машинах электрооборудование напряжением выше 1000 В разрешается в диэлектрических ботах и перчатках.

На каждой электрифицированной торфяной машине должны быть индивидуальные защитные средства (изолирующие клещи, штанги, диэлектрические перчатки, боты, коврики и др.), инструкции о первой помощи при поражении электрическим током.

ком, электрическая схема, список лиц, имеющих право запроса на подстанцию о включении и отключении линии, питающей данную машину.

#### § 60. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ УСТАНОВОК

Электролиз воды и водных растворов различных веществ, гальванические покрытия (цинкование, кадмирование, никелирование, хромирование, лужение и др.) осуществляются в ваннах (электролизерах) постоянным током напряжением до 1000 В. Источником постоянного тока являются выпрямители: селеновые, купроксные, на полупроводниках (например, высокоомных германиевых и кремниевых диодах), механические в виде системы двигатель—генератор. Выпрямители имеют выходное напряжение 6; 12; 48; 72; 115 В и рассчитываются на ток 100—10 000 А.

При нанесении покрытий детали обрабатывают в растворах—электролитах, содержащих вещества, которые, выделяясь в воздух помещений в виде паров или аэрозолей, воздействуют на человека. К категории чрезвычайно опасных относятся пары или аэрозоли солей никеля, хрома, концентрированных растворов азотной кислоты; к категории высокоопасных—цианистые соединения, щелочи, кислоты.

Для обеспечения безопасности работающих содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны помещения должно быть в пределах допустимой концентрации. *Предельно допустимой* (ПДК) называется такая концентрация вредного вещества в воздухе, которая не вызывает у работающих заболеваний или отклонений в здоровье при ежедневной 8-часовой работе в течение всего рабочего стажа.

Вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяют на следующие четыре класса: чрезвычайно опасные (ПДК—0,01—0,1 мг/м<sup>3</sup>), высоко опасные (ПДК—0,1—1 мг/м<sup>3</sup>), умеренно опасные (ПДК—1—10 мг/м<sup>3</sup>) и мало опасные (ПДК более 10 мг/м<sup>3</sup>). Так, для ртути, свинца, хромового ангидрида установлена ПДК не более 0,01 мг/м<sup>3</sup>, паров серной кислоты—0,1 мг/м<sup>3</sup>, соляной кислоты, окислов азота—5 мг/м<sup>3</sup> и т. д.

Ванны с электролитом, выделяющим вредные вещества, оборудуют специальными местными бортовыми вентиляционными отсосами, с помощью которых эти вещества удаляют из рабочей зоны. Кроме того, гальванические цехи имеют общую приточно-вытяжную вентиляцию, которая должна быть в исправном состоянии. За 15—20 мин до начала работы на ванне вентиляционная система включается. Запрещено работать при неисправной или отключенной вентиляции. После окончания работы ванны с растворами закрывают специальными плотными крышками.

Газообразные водород и кислород получают в процессе электролиза воды (или слабого раствора щелочи) и собирают их в специальные емкости — коллекторы. Смесь водорода с кислородом или с воздухом (например, в случае проникновения водорода в помещение через неплотности соединений или вентиляей) в количестве от 4 до 74% по объему обладает большой взрывоопасностью, а взрыв — громадной разрушительной силой. Поэтому чистоту газов тщательно контролируют: содержание водорода в коллекторе (или баллоне) должно быть не менее 99,5%, а кислорода — не менее 99% по объему. Во всех случаях, когда чистота этих газов понижается, напряжение с электролизной установки автоматически снимается, а газы из регуляторов давления выпускают в атмосферу. Газы выпускают не резко, а постепенно, так как в противном случае смесь водорода с воздухом может самовоспламениться, а кислород вызвать воспламенение окалины.

Электролизеры питаются от источника постоянного тока с изолированной от земли средней точкой. Сопротивление изоляции электропроводок в электролизных установках (не менее 500 кОм) непрерывно контролируют с помощью специального устройства контроля изоляции с действием на сигнал (см. § 6). Периодически, не реже 1 раза в 3 месяца, сопротивление изоляции измеряют мегомметром.

На ваннах имеются электроприемники переменного тока (электродвигатели, электронагреватели). Как правило, для их питания используют переменный ток малого напряжения — не более 36 В. Допускается и более высокое напряжение, но не выше 380 В от отдельного (на каждый электроприемник или на группу для одной ванны) разделительного трансформатора или от общей сети, но с устройством защитного отключения (см. § 20). Переносные лампы можно применять только на напряжение не выше 12 В.

Для защиты персонала от поражения током заземляют корпус ванны (при напряжении постоянного тока 110 В и более) и корпуса электроприемников переменного тока (при напряжении 36 В и более). Открытая магистраль заземления в залах электролиза не разрешается. Заземляемое оборудование присоединяют к заземлителю с помощью четвертой жилы кабеля.

Особое внимание уделяется тому, чтобы токоведущие части были недоступны для прикосновения. Для этого шинопроводы, расположенные на высоте менее 2,5 м над полом или в зоне движения транспорта и людей, ограждают на высоту 1,7 м металлической сеткой. Расстояние между ограждением и стеной должно быть не менее 1 м, между ограждениями — не менее 1,2 м. Следует соблюдать расстояния между рядами ванн (1,2 м при напряжении между ними до 65 В и 1,5 м при напряжении более 65 В), от шинопроводов, ванн и других токоведущих частей до заземленного оборудования (не менее 1,5 м).

В случае, когда невозможно выполнить эти требования, заземленные части, трубопроводы и оборудование покрывают изоляционными материалами и изолирующими съёмными кожухами из стеклопластика, полиэтилена.

Искрения в контактах шинопровода могут быть причиной взрыва. Поэтому контакты выполняют сваркой, за исключением тех, которые подвергаются воздействию переменных температур или токов. Эти контакты соединяют болтами с пружинящими прижимающими шайбами. Контактные поверхности шин покрывают смазкой. Температура болтовых соединений шин не должна превышать 70° С.

В цехах электролиза опасно появление потенциала на трубопроводах. Поэтому трубопроводы выполняют, как правило, из изоляционных материалов. Если же трубопровод металлический, то его расчлениают на отдельные участки, между которыми вставляют изолирующие вставки с сопротивлением электрическому току не менее 0,5 МОм, и устанавливают на изоляторах, отделяющих его от земли.

Во время дежурства электротехнический дежурный персонал 1 раз в смену осматривает электрооборудование и проверяет: не повысилась ли температура контактов в цепи питания электролизеров (так как токи имеют весьма большую величину); нет ли замыканий на землю, вызванных металлическими предметами, солями, растворами кислот, и щелочей; убеждается в целостности изоляции и отсутствии загрязнения поверхностей изоляторов и изоляционных прокладок; одинаковы ли потенциалы на обоих концах серии ванн по отношению к земле. Если разность потенциалов крайних ванн относительно земли будет более 5% от полного напряжения сети, то необходимо принять немедленные меры по выявлению места неполного замыкания на землю и других возможных причин появления разности потенциалов, устранению токов утечки и тем самым выравниванию потенциалов на крайних ваннах серии.

Персонал, обслуживающий электролизные установки, обязан пользоваться диэлектрическими перчатками, ботами, галошами, инструментом с изолированными рукоятками, ежемесячно проверять их исправность и наличие в установленных местах. Персонал, обслуживающий технологическую часть цехов электролиза, приравнивается к электротехническому; ему присваивается квалификационная группа по технике безопасности не ниже II.

Ремонт электролизной установки производят при снятом напряжении. Шины ремонтируемой ванны должны быть заземлены. Если по условиям непрерывности процесса и при наличии остаточного напряжения невозможно снять напряжение, то допускается работать под напряжением с помощью защитных средств и с соблюдением всех требований безопасности. Работу выполняет бригада ремонтных рабочих; производитель работы должен иметь квалификационную группу не ниже IV.

Шинопроводы действующей серии ванн нельзя размыкать без предварительного шунтирования самой ванны. Для шунтирования можно использовать металлическую переемычку, рассчитанную на ток шунтируемого участка, или с помощью специальных передвижных устройств (тележек).

## § 61. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

**Воздействие на человека электромагнитных полей высокой частоты.** На промышленных предприятиях широко применяется термическая обработка материалов и металлов с помощью индукционного и диэлектрического нагрева токами высокой частоты. Индукционный нагрев (закалка, плавка) металлов осуществляется в магнитном поле индуктора (рис. 77). Диэлектрический

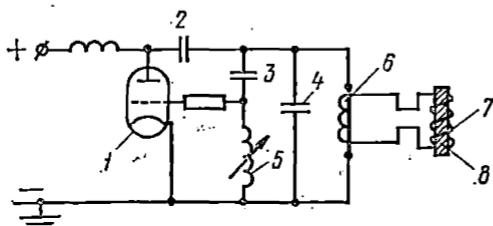


Рис. 77. Схема установки индукционного нагрева металла:

1 — генератор высокочастотных колебаний, 2 — анодный конденсатор, 3 — сеточный конденсатор, 4 — контурный анодный конденсатор, 5 — сеточный дроссель, 6 — трансформатор, 7 — индуктор, 8 — изделие

нагрев, сушка, склейка древесины и диэлектрических материалов (рис. 78) происходит в электрическом поле рабочего конденсатора, находящегося под напряжением в несколько киловольт.

В процессе работы электротермической установки возможны утечки электромагнитной энергии через неплотности, щели, вентиляционные и

смотровые отверстия. Эти электромагнитные излучения могут воздействовать на обслуживающий персонал. Степень поражения тем значительнее, чем больше напряженность поля, частота тока и длительность воздействия. Электрические поля большой напряженности и высокой частоты неблагоприятны для человека.

В связи с вредным воздействием на человека электромагнитных излучений установлены предельно допустимые уровни облучения, превышать которые недопустимо.

Нормируется напряженность электромагнитного поля, от которой зависит плотность электромагнитной энергии (в единице объема), непосредственно воздействующей на организм человека.

Если источником высокочастотной энергии является конденсатор, то нормируют напряженность электрической составляющей поля в местах пребывания работающих. Она не должна превышать 5 В/м, за исключением рабочих мест, где по техническим причинам невозможно обеспечить допустимый уровень напря-

женности. В этих случаях допускается несколько большая напряженность поля порядка 20 В/м.

Когда источником высокочастотной энергии является индукционная катушка (индуктор), то допустима величина напряженности магнитной составляющей поля не более 5 А/м.

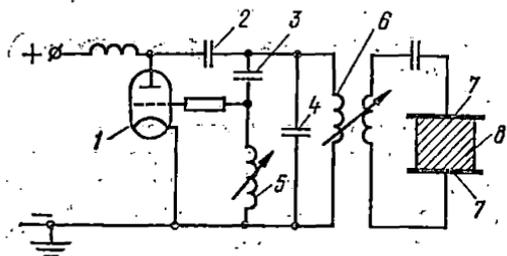


Рис. 78. Схема установки диэлектрической сушки древесины и диэлектриков (методом емкостного тока):

1 — ламповый генератор, 2 и 4 — анодные конденсаторы, 3 — сеточный конденсатор, 5 — сеточный дроссель, 6 — высокочастотный трансформатор, 7 — электроды рабочего конденсатора, 8 — изделие

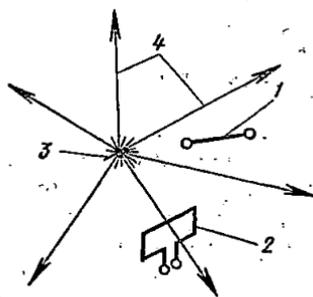


Рис. 79. Схема размещения датчиков относительно силовых линий при измерении напряженности электромагнитного поля:

1 — диполь, 2 — рамка, 3 — источник излучения, 4 — направление силовых линий поля

Напряженность электромагнитного поля контролируют измерителем напряженности (ИЭМП-2). Для измерения электрической составляющей используют датчик-диполь, который ориентируют вдоль направления силовых линий (рис. 79).

На рис. 80 приведена принципиальная схема для измерения электрической составляющей поля  $E$ . Э. д. с., индуцируемая на датчике-диполе 1, выпрямляется диодом 2, усиливается в усилителе 3 и измеряется вольтметром 4. Прибор отградуирован в единицах напряженности. Он имеет пределы измерения  $E = 4 \div 1500$  В/м при частоте  $f = 10^5 \div 10^8$  Гц.

Для измерения магнитной составляющей применяется датчик-рамка, размещаемый перпендикулярно силовым линиям (см. рис. 79). Чтобы не исказить поля, размеры датчиков должны быть малыми по сравнению с расстоянием до окружающих предметов.

**Защитное экранирование.** Основным методом ослабления электромагнитного поля на рабочем месте является экранирование. Принцип экранирования заключается в том, что электромагнитная волна, проникающая в стенки экрана, быстро затухает.

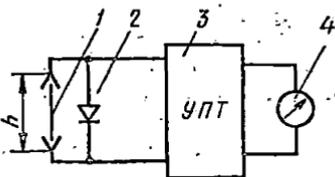


Рис. 80. Схема измерения напряженности электрической составляющей поля:

1 — датчик, 2 — диод, 3 — усилитель, 4 — вольтметр

Высокочастотную аппаратуру ограждают экраном из тонкого листового алюминия, железа, в особых случаях — латуни. Экраны — это полые замкнутые цилиндры круглого 2 или прямоугольного 4 сечения (рис. 81). Ими закрывают аппаратуру в отдельности (генератор и трансформатор высокой частоты, конденса-

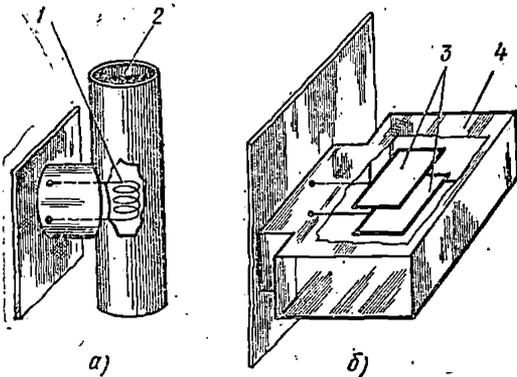


Рис. 81. Схемы экранирования:

а — индуктора, б — конденсатора; 1 — индуктор, 2 и 4 — цилиндры круглого и прямоугольного сечения, 3 — конденсатор

тор связи, индуктор 1 для нагрева металлических деталей, конденсатор 3 для нагрева диэлектриков), а также двухпроводные линии передачи высокой частотной энергии от генератора к аппаратуре. Вместо двух проводов для этих линий связи используют менее излучающий коаксиальный (соосный) провод (рис. 82): один из проводов 1 размещен вдоль оси трубы 2, являющейся вторым проводом. Провода

разделены изолятором 3. Экраны в виде камер, шкафов используют для укрытия высокочастотной установки и лишь рабочие части (индуктор, конденсатор) экранируют отдельно.

Неуловленные экранами излучения высокочастотной энергии распространяются в рабочем помещении, отражаются от стен и оборудования. Чтобы уменьшить мощность отраженной энергии, стены и потолок покрывают поглощающими материалами (меловой краской и т. п.) и покрытиями — пластинами из резины. Помещения высокочастотных установок должны быть свободными от посторонних предметов, особенно металлических, хорошо отражающих электромагнитные волны. Источник излучения рекомендуется размещать на возможно дальнее расстояние от отражающих поверхностей, так как интенсивность излучения обратно пропорциональна квадрату расстояния. В помещениях устраивают вентиляцию для отвода тепла от агрегатов и для обеспечения нормального микроклимата на рабочих местах.

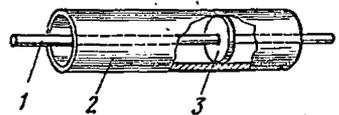


Рис. 82. Коаксиальный провод:

1 — провод, 2 — ось трубы, 3 — изолятор

**Водоохлаждение.** Нормально находящиеся под напряжением детали электротермических установок (нагревательные индукторы, согласующие понизительные трансформаторы, рабочие конденсаторы, генераторные лампы и др.) во время работы на-

греваются. Их охлаждают через систему водоохлаждения. Вода подается по шлангам, выполненным из изоляционного материала (фарфора, стекла) в виде спирали или трубок, присоединенных к охлаждаемым деталям. Металлические трубы, по которым вода поступает в шланги, заземляют для защиты от электрокоррозии, появляющейся под воздействием токов утечки. Для свободного слива воды на случай разрыва шлангов на их концах укрепляют заземленные металлические наконечники. Водоохлаждение работает непрерывно с момента включения установки до полного охлаждения деталей после отключения. Устройство водоохлаждения заблокировано с аппаратом, включающим питание: блокировка немедленно отключает ток в случае прекращения подачи воды на охлаждение. Работа без водоохлаждения не разрешается.

**Защита от поражения электрическим током.** Цепь питания электротермической установки отделяется от цеховой электросети видимым аппаратом — рубильником, автоматическим выключателем (или разъединителем). Для небольших по мощности установок с рабочим током менее 60 А достаточен штепсельный разъем с гибким кабелем питания. Опасен остаточный заряд на конденсаторах после их отключения. Поэтому в схеме предусматривают разрядное устройство (добавочное сопротивление, трансформатор напряжения), автоматически снимающее остаточный заряд при отключении конденсаторов в случае открывания дверей данного блока (см. § 31).

Питающий токопровод или кабель (прямой и обратный) размещают в общей оболочке:—экране для уменьшения индуктивного сопротивления.

Персонал, обслуживающий электротермическую установку, должен быть защищен от случайного прикосновения к частям, находящимся под напряжением. Для этого все части установки ограждают экранами, кожухами и помещают их в закрытый шкаф. Дверцы шкафов, кожухов, сетчатых ограждений блокируют так, чтобы при их открывании отключался электрический ток, а при включенном токе невозможно было бы открыть дверцу (см. § 62). Металлические части установки и вторичные витки катушек колебательных контуров заземляют.

**Обслуживание, настройка и регулировка высокочастотных электротермических установок.** Обслуживание высокочастотных электротермических установок заключается в систематическом наблюдении за температурой конструктивных элементов, которая не должна превышать допустимую вследствие их нагрева энергией высокочастотного поля рассеяния. В соответствии с графиком установку периодически осматривают электромонтеры при отключенном источнике питания и проверяют: безотказность работы блокирующих устройств; четкость включения частей установки; надежность экранирования и заземления отдельных блоков; состояние контактов пускорегулирующей

аппаратуры; правильность работы контакторов с гашением дуги; отсутствие накипи на охлаждаемых деталях; отсутствие пыли. Высокочастотные электротермические установки обслуживают дежурные электромонтеры с квалификационной группой не ниже IV.

Настройка аппаратуры и регулировка технологического режима выполняются по специальной программе бригадой в составе не менее двух человек, один из которых должен иметь квалификационную группу не ниже IV и стаж работы в высокочастотных установках не менее 1 года. Источник питания не отключают по технологическим соображениям. Если при этом возникает необходимость снять постоянное ограждение или заблокировать установку, то лицо, выдающее наряд, обязано на месте убедиться в этом, сделать специальную запись в наряде и указать дополнительные меры безопасности. Питание установки должно быть снято на время сборки временных схем, присоединения и отсоединения переносных приборов, необходимых для наладки и находящихся под напряжением выше 1000 В. Во время измерений нельзя производить регулировку, связанную с проникновением за ограждения и приближением к токоведущим частям. Рабочее напряжение подается после окончания работ, отключения всех измерительных схем и приборов.

## **§ 62. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИЯХ**

В заводских и научно-исследовательских лабораториях производят наладку и испытания электрооборудования по соответствующим схемам. В лаборатории должен быть комплект таких схем. Для того чтобы исключить вероятность случайного прикосновения к токоведущим частям, соединительные кабели схемы прокладывают в кабельных каналах с крышками или по стенам на недоступной высоте (выше 2,5 м от пола) и надежно укрепляют. Кабели, испытательная аппаратура, приборы и прочие элементы схемы маркируют. На кабелях прикрепляют табличку с надписью номера кабеля по схеме.

Основные требования электробезопасности к устройству лабораторных стендов и установок следующие.

Прежде всего должна быть предотвращена возможность случайного прикосновения к токоведущим частям (как к голым, так и к изолированным). Для этого участок лаборатории, выделенный для проведения наладки и испытаний, отделяют постоянными ограждениями, которые заземляют. Постоянные ограждения должны иметь высоту не менее 1,7 м, а временные — 1,8 м. Расстояние  $l$  от постоянных заземленных ограждений до токоведущих частей, испытываемых изделий и стен нормируют в зависимости от характера тока и величины напряжения:

При испытании переменным  
(50 Гц) и постоянным током

$U$ , кВ	$l$ , м
6	0,17
10	0,23
20	0,3
50	0,5
100	1,0
250	1,5

При испытании импульсным  
током

$U$ , кВ	$l$ , м
100	0,5
150	0,75
400	1,0
500	1,5
1000	2,5

Расстояния от временных переносных ограждений (щитов, ширм, изолирующих накладок и др.) до токоведущих частей принимаются в два раза больше, чем от постоянных.

Пульта управления также ограждают. Разрешено не ограждать пульт только в том случае, когда он размещен в отдельном помещении, или по его

конструкции доступ к токоведущим частям, находящимся под напряжением, невозможен. Кенотронные лампы ограждают металлическим экраном толщиной не менее 0,5 мм. Этот экран защищает одновременно от облучения электромагнитной энергией и от случайного прикосновения к токоведущим частям.

На дверях ограждений вывешивают предупредительные плакаты. Над всеми дверями и на пульте управления монтируют сигнальные лампы, зажигающиеся при подаче напряжения. Двери должны открываться изнутри наружу без ключа, с помощью рукоятки, а закрываться — с помощью самозапирающегося замка, который находится снаружи.

Электроблокировкой оборудуют все двери без исключения (рис. 83). Чтобы войти внутрь ограждения 1, надо снаружи предварительно отпереть замок 3. Дверь 7 откроется с помощью пружины 4. Эта же пружина разомкнет блок-контакты 5, включенные в цепь удерживающей катушки 2, и магнитный пускатель МП отключит электроустановку даже в случае, если ее забыли отключить кнопкой «Стоп».

Пока человек находится внутри ограждения, пружина будет удерживать дверь открытой, а блок-контакты разомкнутыми. При этом напряжение на установку подать нельзя.

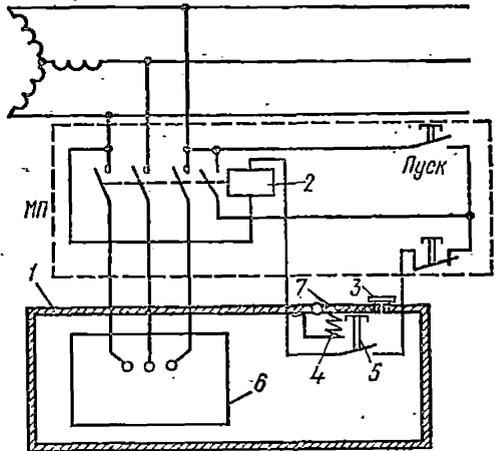


Рис. 83. Схема электрической блокировки дверей испытательной установки:

- 1 — ограждение, 2 — удерживающая катушка, 3 — замок, 4 — пружина, 5 — блок-контакты, 6 — установка, 7 — дверь

Чтобы включить установку под напряжение, надо выйти за ограждение и снаружи запереть за собой дверь. Блок-контакты на двери замкнутся. Но для включения установки этого еще недостаточно. Следует включить кнопку «Пуск», находящуюся также вне ограждения. Только тогда замкнется цепь удерживающей катушки, сердечник втянется и магнитный пускатель включит установку под напряжение.

Блок-контакты всех дверей испытательной установки соединяются последовательно. Поэтому даже при одной открытой двери невозможно подать напряжение на испытательную схему. Блокировка немедленно отключает стенд, если открылась хотя бы одна из дверей.

Для защиты персонала от поражения при случайном прикосновении к частям, оказавшимся под напряжением, корпуса, кожухи, приборы, переносную аппаратуру, металлические ограждения заземляют.

Чтобы случайно не попасть под напряжение на время сборки схемы, высоковольтный вывод испытательного трансформатора заземляют с помощью заземляющих ножей, а во временных схемах — с помощью переносного гибкого заземляющего проводника. Этот проводник накладывается дежурным изолирующей штангой. При этом он должен надеть диэлектрические перчатки и стоять на изолирующей подставке или коврике. Изделие с большой емкостью, хотя и не работавшее в схеме, может получить наведенный потенциал. Такие изделия также заземляют для разрядки.

Особая забота должна быть проявлена о быстрейшем отключении установки при аварии или несчастном случае. Для этого имеются кнопки аварийного отключения всей схемы и каждого из ее участников. Персонал обязан хорошо знать их местонахождение. Кроме того, на пульте управления имеется общий выключатель для немедленного отключения всех источников питания на случай аварии.

Порядок проведения испытаний строго регламентирован правилами техники безопасности. Выполняются все требуемые для данной работы (см. гл. IV) технические и организационные меры безопасности. Предварительно собирают временную испытательную схему. Перед началом испытаний ответственный руководитель или производитель работы проверяет правильность сборки схемы: укомплектованность заземлениями всех элементов схемы и их надежность; наличие защитных средств; исправность сигнализации и блокировки (если они неисправны, то работать нельзя); отсутствие людей вблизи испытываемого оборудования (если они не требуются программой испытания). Персонал допускают на испытательный участок только под личным надзором производителя работы.

Испытания выполняют по типовой программе в заводских лабораториях; по нарядам — в действующих электроустановках; по специальной программе — в научно-исследовательских

и учебных лабораториях. Список работ, их программу, инструкции утверждает главный инженер предприятия, а в учебных лабораториях — руководитель кафедры. Нестандартные испытания и учебные лабораторные работы выполняет бригада не менее чем из двух человек. Нельзя покидать рабочее место до окончания испытаний без разрешения производителя работы (или преподавателя в учебной лаборатории).

В лабораториях учебных заведений приходится считаться с неопытностью учащихся, возможностью совершения ими ошибочных действий или случайного прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением. Учащиеся допускаются к работе в учебной лаборатории после инструктажа по технике безопасности, при этом они должны расписаться о прохождении инструктажа. Если в лабораторной работе используется напряжение выше 1000 В, то число учащихся, занятых в работе, не должно превышать восьми человек на одного преподавателя.

В учебных лабораториях наиболее благоприятных условий безопасности можно достигнуть не путем заземления или зануления оборудования, а с помощью изолирующих полов (сухих, деревянных и т. п.) и изолирующих резиновых ковриков. Заземления или зануления при этом не только не требуется, а, наоборот, оно увеличило бы опасность одновременного прикосновения к токоведущим и заземленным частям. Если учебные стенды размещены вблизи батарей отопления, водопроводных труб и других частей, связанных с землей, то эти части следует изолировать, оградив деревянными решетками. Лабораторные электроустановки в учебных заведениях рекомендуется питать от отдельных трансформаторов с изолированной нейтралью.

Сложное электрооборудование учебных лабораторий (щитовые и распределительные устройства, крупные машинные установки на железобетонных и других проводящих фундаментах и т. п.) следует заземлять на общих основаниях.

#### **§ 63. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГАЗООЧИСТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК**

Для очистки запыленного воздуха, дымовых газов и улавливания ценной пыли применяют электрофильтры (рис. 84). Принцип работы электрофильтра основан на действии электростатических сил. Частицы пыли, поступающие в камеру 1 электрофильтра, получают отрицательный заряд от электрода 2, расположенного по оси, и притягиваются к положительно заряженным заземленным осадительным электродам 3. Осевшую пыль удаляют механической очисткой или встряхиванием осадительных электродов.

Электрофильтры питаются выпрямленным током небольшой величины 0,25—1 А (250—1000 мА), но с очень высоким напряжением — 40—100 кВ (первичным является переменный

ток частотой 50 Гц, напряжением 380 В, величиной 60—200 А). Ток выпрямляется полупроводниковым или механическим выпрямителем на повысительно-преобразовательной подстанции.

Электрофильтры и высоковольтные кабельные линии питания обладают значительной емкостью. Поэтому в цепи питания электрофильтра периодически могут возникать перенапряжения, превышающие номинальное напряжение в 1,25 раза и более.

Для защиты от наведенных потенциалов и электромагнитных полей, вызываемых собственными колебаниями электрической цепи электрофильтра, применяют экраны. Высоковольтное

оборудование (повысительный трансформатор, выпрямитель, переключатель) монтируют в полностью закрытых металлических ячейках, являющихся одновременно экраном и защитным ограждением. Двери ячеек имеют механическую и электрическую блокировку, предотвращающую вход персонала в ячейку во время работы электрофильтра.

Шинную разводку укладывают в металлические заземленные коробки. В помещении подстанции шины отрицательного полюса прокладывают открыто на изоляторах, а вне помещения — специальным бронированным кабелем, заключенным в кожух с люками и уложенным на изоляторах. Эти люки имеют блокирующие заземляющие ножи, исключающие случайное прикосновение к токоведущей части, находящейся под напряжением. Люки можно открыть только с помощью специальных ключей. Высоковольтные кабели, идущие от подстанции к электрофильтрам, экранируют заземленной сплошной металлической оболочкой.

К осадительным электродам ток высокого напряжения подается по стальной шине положительной полярности. Для создания безопасных условий эту шину, а также все металлические части электрофильтра (каркасы щитов, ограждения, корпуса электродвигателей, приборов, фланцы изоляторов) присоединяют к магистрали заземления — замкнутой в кольцо стальной полосе, которая опоясывает установку. В свою оче-

ред, для защиты от наведенных потенциалов и электромагнитных полей, вызываемых собственными колебаниями электрической цепи электрофильтра, применяют экраны. Высоковольтное оборудование (повысительный трансформатор, выпрямитель, переключатель) монтируют в полностью закрытых металлических ячейках, являющихся одновременно экраном и защитным ограждением. Двери ячеек имеют механическую и электрическую блокировку, предотвращающую вход персонала в ячейку во время работы электрофильтра.

Шинную разводку укладывают в металлические заземленные коробки. В помещении подстанции шины отрицательного полюса прокладывают открыто на изоляторах, а вне помещения — специальным бронированным кабелем, заключенным в кожух с люками и уложенным на изоляторах. Эти люки имеют блокирующие заземляющие ножи, исключающие случайное прикосновение к токоведущей части, находящейся под напряжением. Люки можно открыть только с помощью специальных ключей. Высоковольтные кабели, идущие от подстанции к электрофильтрам, экранируют заземленной сплошной металлической оболочкой.

К осадительным электродам ток высокого напряжения подается по стальной шине положительной полярности. Для создания безопасных условий эту шину, а также все металлические части электрофильтра (каркасы щитов, ограждения, корпуса электродвигателей, приборов, фланцы изоляторов) присоединяют к магистрали заземления — замкнутой в кольцо стальной полосе, которая опоясывает установку. В свою оче-

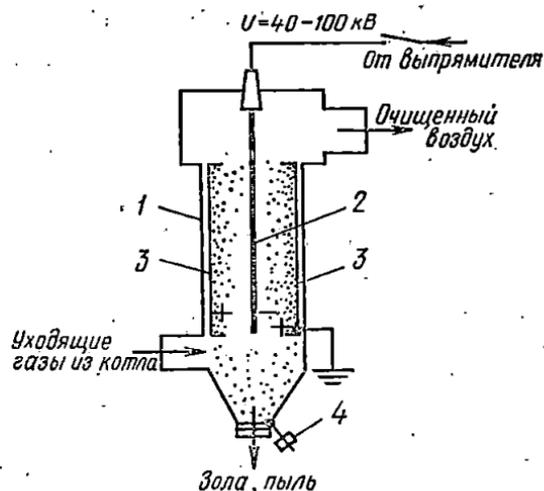


Рис. 84. Схема электрофильтра:

1 — камера, 2, 3 — электроды, 4 — мигалка

редь магистраль заземления в нескольких местах с помощью ответвлений приваривают к заземлителю, работающему в земле и имеющему сопротивление растеканию не более 4 Ом.

Опасен разрыв шины положительной полярности, так как при этом на ней появляется высокий потенциал и в случае прикосновения к поврежденной шине возможно поражение током. Поэтому на шинах положительной полярности вблизи выпрямителя устанавливают искровой разрядник, т. е. ответвление, соединенное с заземляющей шиной через слюдяную прокладку с отверстиями. При разрыве цепи положительной полярности этот промежуток пробивается и ток стекает к заземлителю.

Электрофильтры обслуживает дежурный электромонтер с квалификационной группой не ниже III. При обслуживании он должен соблюдать меры электробезопасности. Линия выпрямленного тока и электрофильтры можно включать под напряжением лишь в том случае, когда плотно закрыты и заперты на замок люки изоляторных коробок, коробок кабельных муфт, люки корпусов электрофильтров, а также двери ячеек электроагрегатов схемы питания. Перед включением электроагрегатов предварительно следует проверить исправность искровых разрядников в цепи тока положительной полярности, пробивных предохранителей в цепи обмотки низшего напряжения питающего трансформатора, блокировки дверей ячеек электроагрегатов. Перед включением механизмов встряхивания следует убедиться в том, что нет людей внутри корпуса электрофильтра. Во избежание облучения высокочастотной энергией дежурный не должен оставаться в помещении преобразовательной подстанции сверх разрешенного инструкцией времени. При одиночном дежурстве дежурному запрещено открывать ячейки оборудования напряжением выше 1000 В или выполнять работу, которая не оговорена инструкцией.

Осмотр и ремонт элементов электрофильтров проводит ремонтная бригада под непосредственным наблюдением или при участии ответственного за электрофильтры лица (это лицо должно иметь квалификационную группу не ниже IV). Осмотр внутри электрофильтра допускается при условии отключения его от газа с обеих сторон плотными и исправными шиберами или заглушками, отключения электрического тока, при исправном заземлении камеры электрофильтра, вентилировании камеры до полного освобождения от остатков газа. При работах на шинах выпрямленного тока обязательна установка на них переносных заземлений независимо от наличия заземляющих ножей. Перед началом работы встряхивают электроды и полностью освобождают бункера от пыли. Когда надо осмотреть верх электрофильтра, открывают только верхние люки. При опробовании коронирующих электродов «на воздухе» наблюдают за ними через открытый люк корпуса электрофильтра.

Наблюдающий не должен слишком близко приближаться к электродам.

Работы внутри корпуса электрофильтра выполняют в спецодежде, респираторах или противогазах. Чтобы не упасть, работающий надевает предохранительный пояс со страхующим канатом, закрепив его за конструкцию электрофильтра.

#### § 64. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВАРКЕ

В состав обмазки электродов входит марганец, плавиковый шпат ( $\text{CaF}_2$  — фтористый кальций). Во время сварки в окружающую среду выделяется фтористый водород и марганец.

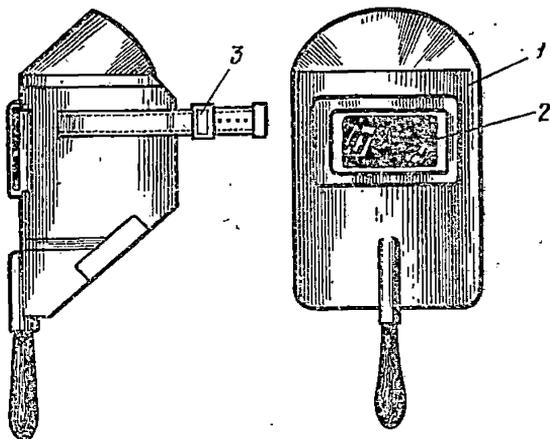


Рис. 85. Универсальный щиток и маска ЩЭУ-1:

1 — щиток, 2 — фильтр, 3 — оголовник

Эти вещества оказывают вредное воздействие на нервную систему и легкие человека. Электрическая дуга обладает слепящей яркостью и сопровождается невидимым ультрафиолетовым и инфракрасным излучением. Ультрафиолетовые лучи обжигают кожу лица и наружную оболочку глаз, вызывая их воспаление, резь, слезотечение. Инфракрасные лучи вызывают помутнение хрусталика глаза.

Сварочные работы опасны в пожарном отношении. Поэтому их необходимо осуществлять в строгом соответствии с «Правилами пожарной безопасности при проведении сварочных и других работ на объектах народного хозяйства». Сварочные работы в электролизной, аккумуляторной и других взрывоопасных помещениях должны проводиться в соответствии с «Типовой инструкцией по организации безопасного проведения огневых работ на взрывоопасных и взрывопожароопасных объектах».

Во время электросварки возможно поражение электрическим током при касании к неисправным токоведущим частям, электрододержателю.

Чтобы создать безопасные условия труда, необходимо устранить вредное воздействие дуги и электросварочных газов, а также обеспечить безопасность от поражения электрическим током и от ожогов брызгами расплавленного металла или искрами.

Для защиты головы, глаз и лица применяют защитные щитки и маски. Щиток 1 изготовляют из фибры черного цвета с матовой гладкой поверхностью. Фибра не пропускает излучений, огнестойка, гибка. Универсальный щиток представляет собой маску ЩЭУ-1 (рис. 85). Он имеет фильтр 2, не пропускающий ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. На маске смонтировано устройство, удерживающее ее в опущенном рабочем положении и откинутой назад. При наклонении головы маска должна прочно держаться в зафиксированном положении с помощью наголовника 3. Помощник сварщика и рабочие, находящиеся вблизи места сварки, для защиты глаз могут использовать очки со светофильтрами.

Светофильтр изготовляют из стекла темного цвета. На расстоянии 2—3 мм от его края заводом-изготовителем нанесено обозначение в соответствии с ГОСТом (табл. 14).

Таблица 14. Светофильтры для защитных щитков и очков электро- и газосварщиков

Категории рабочих	Обозначение светофильтра	Условия применения
Электросварщики	Э-1	Сварочный ток от 30 до 75 А
	Э-2	» » » 75 » 200 А
	Э-3	» » » 200 » 400 А
	Э-4	» » свыше 400 А
Вспомогательные рабочие при электросварке	В-1	Сварка в цехах
	В-2	То же
	В-3	Сварка на открытых площадках
Газосварщики	Г-3	Расход ацетиленa до 750 л/ч
	Г-7	» » от 750 до 2500 л/ч
	Г-12	» » свыше 2500 л/ч

Для защиты окружающих людей от излучений дуги рабочее место электросварщика ограждают переносными экранами (ширмами, щитом) из негорючих материалов, окрашенных в темный матовый цвет. Для защиты от поражения электрическим током корпус сварочного трансформатора, сварочный стол и свариваемый предмет заземляют.

Перед началом работы проверяют исправность сварочных проводов, электрододержателя, надёжность контактных соединений. Рекомендуется применять сварочные провода длиной не более 15 м в резиновом шланге. Провода с поврежденной изоляцией или оплеткой устанавливать нельзя.

В процессе сварки напряжение на дуге мало и практически неопасно для сварщика, тем более, что он не имеет непосредственного контакта с электродом, укрепленным в электрододержателе. При смене электрода напряжение холостого хода резко возрастает (оно может колебаться от 35 до 300 В). Оно сосредоточено между электродом и свариваемой деталью. При замене электрода сварщик может оказаться под этим напряжением. Чтобы не попасть под напряжение холостого хода, сварщику необходимо менять электрод при снятом напряжении, а сварочный агрегат оборудовать защитой. При появлении напряжения холостого хода между электродом и деталью выше допустимого автоматически включается устройство для снижения его до 12 В с выдержкой времени после обрыва дуги не более 0,5 с; либо электрод автоматически отключается с помощью блокировки от сварочного трансформатора. Такая блокировка обязательна, если сварку выполняют в особо опасных условиях (внутри барабанов котлов, в резервуарах, туннелях).

Необходимо изолировать себя от соприкосновения с металлическими частями настилом из сухих досок и диэлектрическим ковриком. Для этого сварщик надевает диэлектрические галоши, рукавицы, а голову защищает шлемом. Спецодежда должна защищать сварщика от ожогов, поэтому ее шьют из трудносгораемого материала (брезента) в виде костюма. Для удаления вредных газов, возникающих при сварке у места работы, устанавливается вытяжная вентиляция. Сварщик должен периодически выходить на свежий воздух.

#### **§ 65. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Большая часть сельскохозяйственных помещений относится к особо опасным и с повышенной опасностью поражения электрическим током. Кроме того, они опасны с точки зрения возможности возникновения пожара. В коровниках, птичниках и других сельскохозяйственных помещениях имеется химически активная среда (аммиак, сероводород), разъедающая изоляцию и токоведущие части. Помещения для животных, теплицы, парники являются особо сырыми — относительная влажность воздуха близка к 100%. Поэтому к электроустановкам в этих помещениях предъявляют повышенные требования пожарной и технической безопасности.

Электрический ток воздействует на животных так же, как и на человека. Но сопротивление их тела значительно меньше,

чем у человека. Ток, от которого человек освобождается самостоятельно, может вызвать гибель животного. Так, напряжение в 4—8 В, действующее на корову систематически, снижает отдачу молока на 20—40%. Рассмотрим меры безопасности при работе в сельских электроустановках.

**Защитное зануление.** Сельские потребители, как правило, питаются от электрических сетей напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью трансформаторов. Защита от поражения током осуществляется с помощью зануления (см. § 19). Зануляющие провода укладывают по стене, а в сырых помещениях — на расстоянии не менее 10 мм от стены на изолирующих прокладках. Для магистрали зануления нельзя использовать оболочки кабелей. Зануляющие провода присоединяют к магистрали зануления сваркой, а к оборудованию — сваркой или на болтах с пружинящими шайбами, которые не допускают ослабления контакта. К оболочкам кабелей, зануляющие провода припаивают и закрепляют хомутиком.

Каждый зануляемый элемент присоединяется к магистрали зануления своим отдельным зануляющим проводом. В цепи этих проводов не должно быть разъединителей, предохранителей: их ставят в фазный провод. Зануляющие провода разъедаются едкими парами, газами, электрокоррозией. Поэтому их окрашивают в черный цвет защитной изолирующей краской.

На животноводческих фермах нередко не только зануляют, но и заземляют корпус. Дополнительное заземление выравнивает потенциалы на поверхности пола, а защита занулением быстро отключает место повреждения. Опасна другая ошибка, когда вместо зануления корпуса только заземляют (например, у водонагревателей, помещений насосных). Ошибочно считают, что если установка заземлена, то нет необходимости трогать провод и дополнительно занулять ее. Такая «экономия» может привести к массовой гибели скота: в случае однофазного замыкания на корпус ток будет недостаточен для отключения защитой места замыкания. На корпусах исправного оборудования, объединенного общим заземлителем, длительно сохранится опасное для животных напряжение. Поэтому зануление корпусов обязательно: оно обеспечит отключение короткого замыкания за доли секунды.

К нулевому проводу предъявляются повышенные требования: его сопротивление должно быть не более сопротивления фазного, т. е.  $R_n \leq R_\phi$  (в обычных условиях  $R_n \leq 2R_\phi$ ). Поэтому нулевые и фазные провода имеют одинаковую марку и сечение. Для уменьшения длительности срабатывания защиты и ее селективности (избирательности отключения) рекомендуется выбирать нулевой провод даже с меньшим сопротивлением, чем фазный.

Установлены более частые сроки проверки зануления (т. е. измерения сопротивления цепи  $z_n - z_\phi$ ): не реже 1 раза в год и после длительного бездействия оборудования. Внешний осмотр

проводится не реже 1 раза в 6 месяцев, а в сырых помещениях — в 3 месяца.

Электродвигатели, щиты, пульта, приборы выбирают в соответствии с условиями окружающей среды.

**Электробезопасность в помещениях для животных и птицы.** Во всех случаях электродвигатели, пусковую и защитную аппаратуру рекомендуется устанавливать вне помещений, где содержатся животные и птица. Для предупреждения и быстрой ликвидации пожаров, устройства для отключения электрической энергии, рубильник рекомендуется устанавливать на отдельно стоящей опоре рядом с помещением (если оно строемое) или на кирпичной стене снаружи. Кнопки управления пусковой аппаратурой должны находиться непосредственно у рабочих мест. Если оборудование невозможно вынести за пределы фермы, то его исполнение должно соответствовать условиям окружающей среды (табл. 15).

Таблица 15. Выбор электрооборудования сельскохозяйственных электроустановок в зависимости от условий окружающей среды

Характеристика помещений	Исполнение	
	электродвигателей	аппаратуры
Сухие	Открытое и защищенное	Открытое и защищенное
Пыльные	Закрытое, продуваемое чистым воздухом	Пылезащищенное
Влажные	Открытое и защищенное	Открытое и защищенное с установкой в закрытых шкафах
Сырые и особо сырые, без химически активных газов, наружные установки	Влаго- и морозостойкое	Защищенное с установкой в капле- и брызгозащищенных шкафах
Особо сырые, с химически активной средой (примеси аммиака)	Химически стойкое, закрытое, продуваемое чистым воздухом	Защищенное тропического исполнения с установкой в химически стойких и влагозащищенных шкафах

Чтобы на автопоилках и доильных аппаратах не появились опасные для животных потенциалы при однофазных замыканиях, в ответвлениях от магистрального водопровода и вакуумпровода устанавливают изолирующие вставки (рис. 86) длиной не менее 1 м. При однофазном замыкании сопротивления тела животного и вставки включаются последовательно в цепи тока замыкания. Для того чтобы вставка надежно защищала животное от поражения током, необходимо, чтобы при замыканиях напряжение прикосновения после вставки не превышало 24—10 В (до вставки оно может быть 220 В). Это возможно в том случае, когда сопротивление вставки в 8—20 раз превышает сопротивление тела животного (равное примерно

1000 Ом). Сопротивление вставки равно сопротивлению столба воды, протекающей через нее,

$$R_{\text{вст}} = \frac{\rho_{\text{в}} l}{S},$$

где  $\rho_{\text{в}} = 10\text{--}30$  Ом·м — удельное сопротивление воды при температуре поения коров;  $l$ ,  $S$  — длина и сечение вставки.

Сопротивление вставки на молокопроводах, вакуум-проводах зависит от материала вставок: полиэтилена, прорезиненной трубы, фторопласта и др.

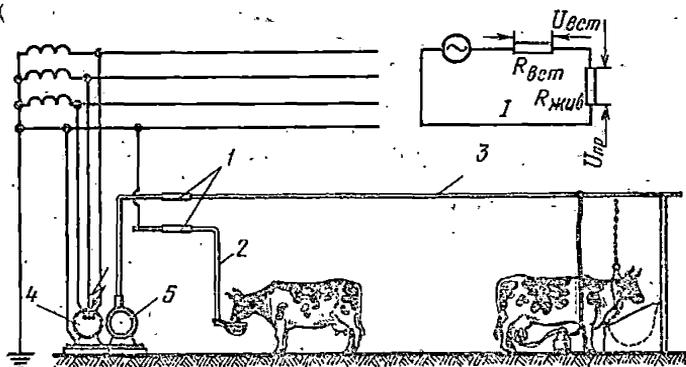


Рис. 86. Схема работы изолирующей вставки:

1 — изолирующие вставки, 2 — водопровод, 3 — вакуум-провод, 4 — двигатель, 5 — вакуум-насос

Если же невозможно избежать появления опасного потенциала на трубопроводе (вследствие случайных контактов), то вставок не делают, а принимают меры к выравниванию разности потенциалов между автопоилкой и полом. Рассмотрим случай стекания тока однофазного замыкания с протяженного навозоуборочного транспортера 1 (рис. 87) на влажный, пропитанный солью и кислотами бетонный пол.

Потенциал убывает в направлении силовых линий 2 к месту стоянки животных 3. Напряжения шага могут достигать опасной величины  $U_{\text{ш}}$ , равной 60—70 В, напряжения прикосновения  $U_{\text{пр}}$  — 180—220 В. Чтобы уменьшить эти напряжения, в пол закладывают заземлитель в виде металлической сетки 1 (рис. 88), протяженных полос 2 или катанки (стальные стержни  $d = 6\text{--}8$  мм). К заземлителю присоединяют все трубопроводы, металлоконструкции как помещения, так и механизмов. Зануление оборудования выполняется как обычно. Такая защита называется выравниванием потенциала.

**Обслуживание передвижных электрифицированных машин.** Эти машины питаются от гибкого кабеля или провода, подключенного к зажимам стационарного распределительного щитка

через выключатель или к рубильнику на опоре. Когда электрифицированную машину надо переместить на новое место работы, то гибкий кабель отключают выключателем и отсоединяют от зажимов щитка на время передвижения. Это делается для того, чтобы не оборвать кабель, зануляющую жилу и не повредить изоляцию.

Электрифицированные машины питаются также и от троллейных линий, которые внутри помещения подвешены на высоте не менее 3 м от пола. Напряжение на троллейную линию подается только на время работы машины, а затем отключается. Вне помещений на территории хозяйства троллейные линии подвешивают на специальных опорах. Допускается совместная подвеска на одних опорах троллейных проводов и проводов линии электропередачи 380/220 В (если они эксплуатируются одной организацией). Расстояние от нижних проводов до земли должно быть не менее 5 м, а на пересечениях с транспортными дорогами — не менее 6 м. Передвижные электродвигатели присоединяют к воздушным линиям электропередачи 380/220 В с помощью контактов, накладываемых на провода изолирующей штангой (см. § 13).

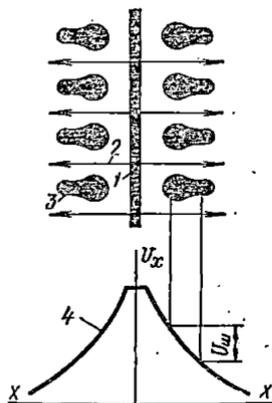


Рис. 87. Кривая распределения потенциала в зоне растекания тока по полу животноводческого помещения:

1 — навозоуборочный транспортер, 2 — направление линий тока, 3 — животное, 4 — кривая распределения потенциала,  $U_x$  — напряжение шага

Особые меры предосторожности соблюдают на рабочем месте стригальщика овец. Передвижную дизельную электростанцию устанавливают на расстоянии не менее 15 м от стригального пункта. Нулевую точку генератора заземляют с помощью вертикальных стержней (не менее 2), ввертываемых в землю на глубину не менее 2 м. Корпуса стригальных аппаратов и приборов надежно зануляют, соединяя с нулевой точкой генератора. Стричь овец разрешается только на сухих столах или щитах. Стригальщик должен быть обязательно в сухой обуви и стоять на изолирующей подставке (деревянные подставки — щиты допускаются в исключительном случае). Переносные силовую и осветительную сети монтируют над столом таким образом, чтобы было удобно пользоваться пусковыми кнопками.

Машинисты и электрики должны строго выполнять меры по технике безопасности при обслуживании электрифицированных передвижных машин (см. § 59). Им запрещается приступать к работе, если обнаружена неисправность на оборудовании, занулении и отсутствуют защитные средства. Нельзя осматривать, чистить и ремонтировать машину при работающем электродвигателе. Нельзя оставлять включенным электродви-

гатель при выходе из кабины или когда внезапно исчезло напряжение.

**Работы в парниках (теплицах) с электрическим обогревом.** По опасности поражения током парники делятся на две категории:

**А** — напряжение питания нагревательных электродов выше 65 В, электроды не изолированы, находятся в земле или в воздухе;

**Б** — напряжение питания не более 65 В, электроды не изолированы; напряжение питания — более 65 В, электроды проложены в асбестоцементных трубах или используются специальные нагревательные кабели.

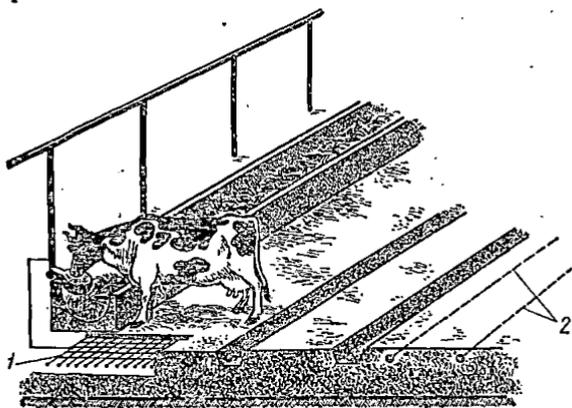


Рис. 88: Выравнивание потенциалов на полу животноводческого помещения с помощью металлической сетки 1 или полос 2

Парники категории А огораживают забором высотой 2 м на расстоянии не менее 1 м от других парников. Перед включением парников категории А электромонтер должен убедиться в том, что на их территории отсутствуют люди, запереть вход и вывесить плакат «Под напряжением — опасно для жизни!» Неэлектротехнический персонал может работать в парнике категории А только при выключенном токе. Помещения распределительных устройств, кабельные каналы, колодцы с нагревательными элементами закрывают.

Перед включением парников категории Б электромонтер должен известить об этом всех работающих и вывесить плакат «Под напряжением — опасно для жизни!» В этих парниках разрешается работать при включенном электрообогреве инструментом с деревянными ручками на глубине не более 25 см. Нельзя погружать голые руки в землю. Чтобы избежать поражения шаговым напряжением, нельзя изменять коммутацию электрообогрева парников без согласования с организацией, которая ответственна за безопасность обслуживания.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите нормы на сопротивление изоляции в электроустановках торфопредприятий.
2. Какие меры безопасности должны соблюдаться при работе на передвижных электрифицированных торфяных машинах?
3. Какая опасность может возникнуть при работе на электролизерах?
4. Как выполняют защитное экранирование на высокочастотных установках?
5. Какие меры безопасности следует выполнять при испытании электрооборудования на стенде?
6. Перечислите меры безопасности при осмотрах и ремонте отдельных частей электрофилтра.
7. Какие средства индивидуальной защиты применяют при электросварке?
8. Как осуществляют защитное зануление в электроустановках сельских потребителей?
9. Каковы условия окружающей среды сельскохозяйственных помещений? Перечислите виды исполнения электродвигателей и аппаратуры этих помещений.

## Глава IX

### МЕРЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

#### § 66. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ГОРЕНИИ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Неисправность и неправильная эксплуатация электроустановок являются причинами почти пятой части пожаров и загораний в стране. Поэтому обеспечение пожаро- и взрывобезопасности электроустановок является не менее важной задачей, чем обеспечение безопасности людей от поражения электрическим током. Рассмотрим основные понятия пожарной опасности.

*Горением* называется химическая реакция окисления с выделением больших количеств тепла и света; *взрыв* — это чрезвычайно быстрое химическое превращение горючей смеси, сопровождающееся не только выделением энергии, но и образованием сжатых газов, обладающих большой разрушительной силой. Для возникновения горения или взрыва необходимы горючее вещество, источник зажигания и окислитель (кислород воздуха, хлор, окислы азота и др.).

Для возгорания горючего вещества достаточно малое содержание кислорода в воздухе — 3% по объему, а взрыв происходит при наличии 16% кислорода в воздушной среде.

Возгорание от постороннего источника зажигания, сопровождающееся появлением пламени, называется *воспламенением*. Вещества и материалы способны загораться и без постороннего источника — в результате самовозгорания или самовоспламенения, например промасленная ветошь и спецодежда в скомканном виде, отложения горючей пыли, смеси горючих газов и паров с воздухом и т. п. *Самовозгоранием* называется

явление резкого самопроизвольного увеличения скорости экзотермических реакций окисления (т. е. реакций с выделением тепла), приводящее к горению при отсутствии постороннего источника зажигания. Самовозгорание, сопровождающееся появлением пламени, называется *самовоспламенением*.

Показатели пожарной опасности веществ и материалов установлены в зависимости от их агрегатного состояния.

Для смесей газов и паров с воздухом основными показателями пожароопасности являются температура самовоспламенения и концентрационные пределы воспламенения. *Температурой самовоспламенения* называют наименьшую температуру взрывоопасной смеси, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций и смесь воспламеняется без внесения в нее постороннего источника зажигания.

В зависимости от температуры самовоспламенения взрывоопасные смеси газов и паров с воздухом разделены на пять групп:

Группа взрывоопасной смеси	Температура самовоспламенения, °С
T1	более 450
T2	300—450
T3	200—300
T4	135—200
T5	100—135

Взрывоопасность смеси возрастает с уменьшением ее температуры самовоспламенения, т. е. от 1 до 5 группы.

Кроме того, при определении взрывоопасности смесей учитывается их свойство передавать взрыв из оболочки 1 электрооборудования в окружающую среду через зазоры во фланцах 2 (рис. 89). В зависимости от высоты зазора  $\delta$  между поверхностями фланцев шириной  $l=25$  мм, при которой частота передачи взрывов наружу составляет 50% от общего числа взрывов внутри оболочек объемом 2,5 л, установлены следующие категории взрывоопасных смесей:

Категория смеси	Высота зазора, мм
1	Более 1,0
2	0,65—1,0
3	0,35—0,65
4	Менее 0,35

Взрывоопасность смеси возрастает с увеличением ее категории от 1 до 4.

Минимальная концентрация горючих газов и паров в воздухе, при которой они способны загораться и распространять пламя, называется *нижним концентрационным пределом воспламенения* (НКПВ); максимальная концентрация горючих газов и паров, при которой еще возможно распространение

пламени, называется *верхним концентрационным пределом воспламенения* (ВКПВ). Наиболее опасны горючие смеси с малым нижним и большим верхним пределами воспламенения; такими смесями, например, являются «водород — воздух» (НКПВ — 4,1%, ВКПВ — 74,5%), «ацетилен-воздух» (НКПВ — 2,3% и ВКПВ — 81%) и др.

Горючие жидкости сгорают в состоянии паровоздушной смеси. Для характеристики их пожароопасности введено понятие температуры вспышки. *Температурой вспышки* ( $t_{всп}$ ) называется

наименьшая температура горючей жидкости, при которой над поверхностью ее образуются пары, способные вспыхивать от постороннего источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для последующего горения. Сама жидкость не загорается.

В зависимости от температуры вспышки жидкости делят на два класса: *легковоспламеняющиеся* (ЛВЖ) с температурой вспышки  $61^\circ\text{C}$  и менее и *горючие* (ГЖ) с температурой вспышки выше  $61^\circ\text{C}$ . Весьма взрывоопасны легковоспламеняющиеся жидкости с температу-

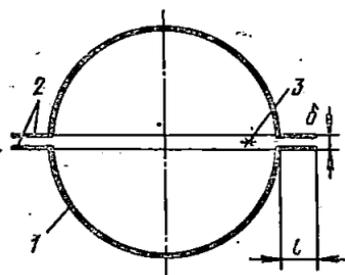


Рис. 89. Схема оболочки для определения категории взрывоопасных смесей:

1 — оболочка, 2 — фланцы с регулируемым зазором высотой  $\delta$  и шириной  $l$ , 3 — источник зажигания (искра)

рой вспышки ниже  $0^\circ\text{C}$ , например ацетон, бензол, бензин; к горючим жидкостям относятся масла — трансформаторное ( $t_{всп} = 122^\circ\text{C}$ ) и турбинное ( $t_{всп} = 148^\circ\text{C}$ ).

Пожарную опасность пыли твердых горючих веществ характеризуют только нижним пределом воспламенения пыли и температурой самовоспламенения. Горючие пыли и волокна относят к взрывоопасным, если их НКПВ  $< 65\text{ г/м}^3$ .

Показателем пожароопасности твердых веществ и материалов является степень их горючести. *Горючими* называются вещества и материалы, которые воспламеняются от постороннего источника зажигания и продолжают гореть после его удаления. *Трудногорючими* являются вещества и материалы, которые неспособны распространять пламя, а горят лишь в месте воздействия источника зажигания. К *негорючим* относятся вещества и материалы, невоспламеняющиеся даже под воздействием мощных источников зажигания.

## § 67. ОЦЕНКА ВЗРЫВО- И ПОЖАРООПАСНОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ И НАРУЖНЫХ УСТАНОВОК

Помещения и наружные установки подразделяются на 6 классов в зависимости от условий и возможности образования в них взрывоопасных сред (табл. 16).

Таблица 16. Классы взрывоопасных помещений.

Класс помещения	Характеристика условий и возможности образования взрывоопасных смесей
В-I	Взрывоопасные смеси образуются при нормальной недлительной работе (загрузка, разгрузка аппаратов)
В-Iа	Взрывоопасные смеси возможны при авариях и неисправностях оборудования или вентиляции
В-Iб	То же, что и В-Iа, но образование взрывоопасной смеси затруднено из-за высокого НКПВ ( $\geq 15\%$ ), резкого запаха газа, наличия только местных концентраций в объеме не более 5% от общего, наличия небольших количеств горючих газов и ЛВЖ, работа с которыми производится без открытого пламени
В-II	То же, что и В-I, но для взрывоопасных пылей
В-IIа	То же, что и В-Iа, но для взрывоопасных пылей

По наружным установкам, содержащим горючие газы, пары, жидкости, предусмотрен один класс В-I г (сливные и наливные эстакады, резервуары с ЛВЖ и т. п.). Взрывоопасной считается зона до 20 м по горизонтали и вертикали от места открытого слива ЛВЖ и до 3 м от взрывоопасного закрытого оборудования.

В электрохозяйстве наиболее взрывоопасными являются помещения аккумуляторных батарей, электролизные. На дверях таких помещений должно быть написано «Огнеопасно», «С огнем не входить», «Курение запрещено»; обозначен класс помещения и его назначение. Так, аккумуляторное помещение относится к классу В-Iа, его размещают в одноэтажном здании I или II степени огнестойкости, обозначают надписью «Аккумуляторная».

Смежные помещения, отделенные от взрывоопасных одной стеной с дверью, относят к классу взрывоопасных, хотя они и не содержат взрывоопасных смесей. Помещения, в которых сжигают топливо, используют открытый огонь, раскаленные детали, не взрывоопасны.

Помещения и наружные установки, в которых используют или хранят горючие жидкости и пыль с НКПВ  $> 65 \text{ г/м}^3$ , пожароопасны. Их подразделяют на 4 класса (табл. 17).

Таблица 17. Классы пожароопасных помещений

Класс помещения	Характеристика помещения
П-I П-II П-III	В помещениях находятся: горючие жидкости горючие пыли, способные переходить во взвешенное состояние и создавать опасность пожара, но не взрыва горючие твердые вещества, неспособные переходить во взвешенное состояние

Наружные установки, содержащие ГЖ и твердые горючие вещества, относятся к классу П-III.

#### § 68. ТРЕБОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ К ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАМ

Остановимся более подробно на причинах пожаров в электроустановках. Горючими здесь являются изоляционные масла в выключателях и трансформаторах, изоляционная резина, пластмассы, лаки, бумажная и полиэтиленовая изоляция кабелей, водород, применяемый для охлаждения генераторов и синхронных компенсаторов и выделяющийся при заряде аккумуляторных батарей.

Основными причинами пожаров в электроустановках являются: короткие замыкания в электрических сетях, машинах и аппаратах; токовые перегрузки; перегревы мест соединения токоведущих частей из-за больших переходных сопротивлений; электрическая дуга и искрения; воспламенения горючих материалов, находящихся возле электроприемников, оставленных без присмотра, и др.

Короткие замыкания возникают в результате нарушения изоляции токоведущих частей, внешних механических воздействий (ударов, растяжений, перегибов и т. п.), увлажнения, воздействия химически активных веществ на изоляцию проводов и обмоток. Короткие замыкания могут возникнуть от перегрузки сетей по току в результате подключения чрезмерного количества потребителей. Под воздействием большого рабочего тока, на который изоляция проводов и обмоток не рассчитана, возникает перегрев. Сопротивление изоляции между фазами или между фазой и землей начинает резко уменьшаться, что, в свою очередь, приводит к пробое изоляции и короткому замыканию. При этом мгновенно увеличивается ток во всех элементах электрической цепи и начинает выделяться большое количество тепла (по закону Джоуля — Ленца количество тепла пропорционально квадрату тока). Электропроводка не в состоянии отдать это тепло в окружающую среду: происходит ее воспламенение. Перегрузки и короткие замыкания недопустимы в любых случаях. Для их предотвращения необходимо, чтобы конструктивные параметры сетей (марка проводов и кабелей, прокладка, сечение жил, исполнение, класс изоляции машин и т. п.) соответствовали электрическим параметрам (току, напряжению, нагрузке). Следует строго соблюдать периодичность и качество осмотров, ремонтов, испытаний электрооборудования, особенно во взрыво- и пожароопасных помещениях и наружных установках.

Не менее опасны перегревы в местах больших переходных сопротивлений из-за плохих контактов в соединениях (окисление мест соединения, неплотное прилегание проводов к зажимам и контактам электроприборов). По закону Джоуля — Ленца

количество выделяющегося тепла пропорционально сопротивлению в месте контакта. Чтобы перегревы не происходили, необходимо контакты тщательно зачищать, применять заводские наконечники и оконцеватели проводов, обеспечивать плотное прилегание контактов.

Электрические дуги (температура 3000°С и более) и искрения возникают во время коммутационных переключений или при ошибочных операциях с коммутационной аппаратурой, при разрядах статического электричества, атмосферных перенапряжениях. Для предупреждения загораний по этим причинам применяются дугогасящие устройства, разрядники, заземление; все оперативные переключения в электроустановках вы-

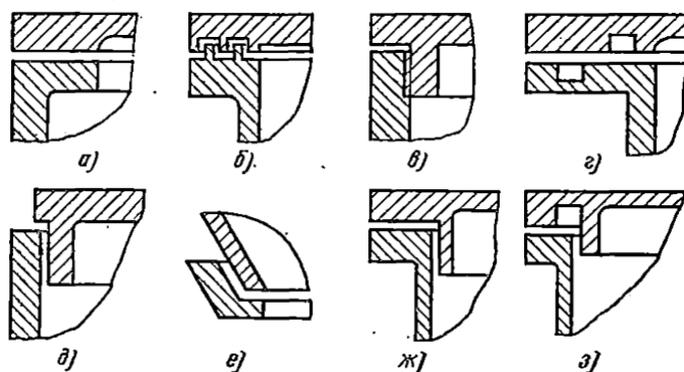


Рис. 90. Виды сопряжений (зазоров) отдельных частей взрывонепроницаемого электрооборудования:

*а* — плоское, *б* — лабиринтное, *в* — резьбовое, *г* — барьерное, *д* — цилиндрическое, *е* — коническое, *ж* — комбинированное

полняют в строгом соответствии с правилами безопасности, изложенными в гл. IV.

Условия безопасного применения электрооборудования во взрыво- и пожароопасных помещениях и наружных установках регламентируются ПУЭ. Во взрывоопасных помещениях и возле взрывоопасных наружных установок (в зоне от 3 до 5 м от технологического оборудования) электрооборудование разрешается применять только во взрывозащищенном исполнении следующих видов.

1. Взрывонепроницаемое (обозначается буквой В). Оболочка электродвигателя или светильника настолько прочна, что выдерживает давление взрыва при попадании внутрь оболочек горючих газов, паров или пыли, а также не допускает передачи взрыва во внешнюю взрывоопасную среду. Для этого зазоры между фланцами (рис. 90) выполняются в виде узких щелей, лабиринтов и т. д., в которых пламя гаснет и не может воспламенить окружающую взрывоопасную среду.

2. Повышенной надежности против взрыва (Н). Исключена возможность искрения, нагрева, появления элект-

рической дуги; нормально искрящие части изготовлены во взрывозащищенном исполнении.

3. Маслонаполненное (М). Токоведущие части электрооборудования (кроме изолированных) погружены в масло и исключена возможность соприкосновения между этими частями и взрывоопасной средой.

4. Специальное (С). Токоведущие части помещены в среду инертных газов, в кварцевый песок, заливочные смолы. Исполнение применяют во взрывоопасных помещениях всех классов.

В электрооборудовании, продуваемом чистым воздухом или инертными газами, находящимися под избыточным давлением (П), токоведущие части помещены в закрытые оболочки, в которых поддерживается избыточное давление.

5. Искробезопасное (И). Такое исполнение, когда энергия искр, возникающих в электрической цепи, меньше энергии, необходимой для воспламенения смеси (энергии зажигания). Искры не могут воспламенить взрывоопасную среду. Энергия искры зависит от параметров электрической цепи (тока, напряжения, сопротивления, емкости, индуктивности). Для того чтобы энергия искры не превысила энергии зажигания, по соответствующим таблицам подбирают параметры электрической цепи. Наибольшие допустимые мощности цепей при применении искробезопасного электрооборудования составляют  $2 \div 60$  Вт. Это цепи сигнализации, связи, дистанционного управления.

Для взрывоопасных помещений классов В-I и В-II почти все электрооборудование и светильники, включая переносные, выбираются во взрывонепроницаемом исполнении, в некоторых случаях — в искробезопасном или специальном; для взрывоопасных помещений других классов применимо взрывозащищенное исполнение, соответствующее группе и категории взрывоопасной смеси. Независимо от вида исполнения съемные части электрооборудования пломбируют. Крышки и другие детали, ограждающие токоведущие части, запираются, их можно открывать только специальным ключом. Изоляцию токоведущих частей выбирают с повышенной стойкостью против сырости и химических воздействий. Вращающиеся части, могущие вызвать искрение при случайном задевании за другие части, изготовляют из цветного металла либо защищают взрывонепроницаемой оболочкой. Электрооборудование, выключатели, нормально искрящие по условиям работы, удаляют от мест скопления горючих материалов или выносят за пределы помещения. Силовое электрооборудование, приборы, аппараты и проводники изолируют от механических и химических воздействий, а также от сырости. Соединительные и ответвительные коробки выбирают в пыленепроницаемом исполнении. Электропроводки выполняются защищенным проводом ВРГ или СРГ в трубках. Контактные соединения свариваются или опрессовываются.

Основные требования пожарной безопасности регламентированы «Типовыми правилами пожарной безопасности для промышленных предприятий», утвержденными Главным управлением пожарной охраны (ГУПО) МВД СССР.

Рассмотрим основные мероприятия противопожарного режима на предприятии. Рабочие места, проходы и проезды необходимо содержать в чистоте. Промасленный обтирочный материал способен самовозгораться. Поэтому в помещениях устанавливают закрытые металлические ящики с отделениями для чистого и использованного, обтирочного материала. Последний удаляют из цеха ежедневно.

В цехах запрещается хранить бензин, керосин, спирт, масло, нитрокраски, другие легковоспламеняющиеся и горючие жидкости. Смазочное масло в количестве суточной потребности хранят в масленках в специальных металлических бачках или шкафах вблизи рабочего места.

Для хранения спецодежды устраиваются специальные помещения. Во избежание самовозгорания промасленную одежду развешивают в развернутом виде. В карманах нельзя оставлять промасленные тряпки и обтирочные концы. Нельзя бросать и оставлять спецодежду на верстаках, ящиках и рабочих местах.

В каждом цехе на случай возникновения пожара обеспечивается возможность быстрой и безопасной эвакуации людей через эвакуационные выходы — двери, ворота, проходы. Выходы считаются эвакуационными, если они ведут из помещений:

- первого этажа непосредственно наружу;
- в соседние помещения того же этажа, имеющие выход наружу непосредственно или через лестничные клетки;
- в проход или в коридор с непосредственным выходом наружу или через лестничную клетку.

На пожаро- и взрывоопасных участках предприятия вывешивается предупреждающий плакат «Курить запрещается». Курение разрешается только в специально отведенных местах, где имеются урны или бочки с водой для окуривков. В этих местах устанавливают надпись «Место для курения».

Особое внимание уделяется исправности и пожаробезопасности электрохозяйства. За состоянием электропроводок, электроустановочных изделий (выключателей, патронов, штепсельных разъемов, розеток, кнопок, предохранителей, автоматов), электромашин и аппаратов должно быть регулярное наблюдение со стороны электротехнического персонала. Неисправности, которые могут вызвать искрения, нагревание, короткие замыкания, необходимо немедленно устранять. Защитное заземление и зануление должно быть исправно (целость соединений, отсутствие коррозии в местах соединений, плотность контактов). По условиям пожаробезопасности сопротивление изоля-

ции контролируется особо тщательно: измерение производится 2 раза в год в помещениях с повышенной опасностью и 1 раз в год без повышенной опасности. Протоколы измерения сопротивления изоляции, заземлений и занулений должны находиться в цеху или лаборатории. Недопустимы провисания проводов, соприкосновение их между собой и с конструктивными частями, недопустимы сети-временки (за исключением ремонтных работ). В условиях эксплуатации присоединение новых электродвигателей, ламп, нагревательных приборов или замена существующих на более мощные разрешается только с ведома лица, ответственного за электрохозяйство, и с учетом пропускной способности сети (проводов, контактов, штепселей, выключателей и т. п.).

Во взрывоопасных помещениях классов В-1 и В-1а для силовых и осветительных сетей применяют провода и кабели с медными жилами; алюминиевые жилы разрешаются в помещениях классов В-1б, В-1г и В-11 при условии, что их оконцевания сварены или спаяны. Изоляция проводов и кабелей должна соответствовать номинальному напряжению сети, но не ниже 500 В. Электропроводки в стальных трубах испытываются на плотность соединения труб давлением сжатого воздуха. При испытании проверяют утечки воздуха отсчетом падения давления по манометру: допускается падение давления за время 3—5 мин не более чем на 50%. Исходное давление нормируется в зависимости от класса помещения (2,5 кгс/см<sup>2</sup>— для В-1, 0,5 кгс/см<sup>2</sup>— для В-1а, В-11, В-11а). Ремонт взрывозащищенного электрооборудования имеют право производить специализированные организации.

За электрохозяйством следит электротехнический персонал, но и неэлектротехнический персонал также несет определенные обязанности. Неисправное электрооборудование необходимо немедленно отключать; нельзя перегибать и скручивать электропровода или оттягивать светильники и электропроводку; для светильников не допускается применять абажуры из бумаги и горючих материалов без каркасов; запрещается использовать ролики, выключатели, штепсельные розетки для подвешивания плакатов, одежды и т. п., а также клеивать или закрывать части электросети. После окончания работы все электрохозяйство должно быть обесточено.

Для быстрого вызова пожарной охраны на предприятии имеются средства связи (телефон, пожарные извещатели). Вблизи средств связи вывешивают таблички о порядке подачи сигналов и вызова пожарной охраны. В любое время суток к средствам пожарной связи должен быть свободный доступ.

Производственные помещения обеспечиваются первичными средствами пожаротушения в соответствии с установленными нормами (огнетушители, ящик с песком, лопата, багор и ведро с водой).

## § 70. ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

Для успешной борьбы с возгораниями и начинающимися пожарами необходимо иметь в достаточном количестве и постоянной готовности первичные средства пожаротушения и уметь ими пользоваться. В качестве первичных средств пожаротушения применяют следующие материалы и средства.

Песок используют для тушения небольших очагов воспламенения кабелей, электропроводки и горючих жидкостей: мазута, масла, красок и т. п. Хранят его в ящиках вместе с лопатой во всех цехах и производственных помещениях.

Войлок и асбестовое полотно набрасывают на горящую поверхность и изолируют ее от окружающей среды. Их используют также для защиты от огня ценного оборудования, закрытия течей и отверстий в трубах с горючими материалами. Хранят в металлических ящиках.

Углекислотные огнетушители ОУ-5 (рис. 91), ОУ-8, УП-2М применяют для тушения пожаров на оборудовании, находящемся под напряжением (углекислота не проводит электрический ток), для тушения ЛВЖ, аккумуляторных станций, горящего водорода, электродвигателей, приборов и аппаратуры. Баллон 3 содержит жидкую углекислоту под давлением 36 кгс/см<sup>2</sup>. Способ тушения основан на том, что углекислота, превращаясь при атмосферном давлении в углекислый газ большого объема, охлаждает пламя и снижает концентрацию кислорода в воздухе, поэтому ее применяют особенно эффективно в замкнутых пространствах.

Раструб направляют на очаг пожара и открывают до конца маховик запорного вентиля 2. Основное количество углекислоты выбрасывается в первый момент включения огнетушителя. Маховичок 1 головки огнетушителя держат вверх, раструб — за ручку, чтобы не обморозить руки.

Углекислотные огнетушители осматривают 1 раз в месяц; вес баллона с углекислотой проверяют 1 раз в 3 месяца, так как возможны утечки через вентиль. Допускается применять углекислотные огнетушители совместно с другими средствами пожаротушения — водой, воздушно-механической пеной. После работы огнетушителя закрытые помещения необходимо проветривать.

Основным средством тушения пожаров является вода. Поэтому электроустановки оборудуются водопроводом пожарно-технических нужд или резервуарами и водонапорными башнями.

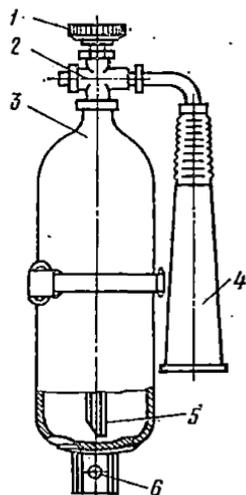


Рис. 91. Углекислотный огнетушитель ОУ-5:

1 — маховичок, 2 — запорный вентиль, 3 — баллон, 4 — раструб, 5 — сифон, 6 — кронштейн

ми. Пожарные насосы опробуют не реже 1 раза в неделю, автоматику их включения — не реже 1 раза в месяц. Пожарные краны, пожарный рукав и ствол размещаются у выходов, в коридорах, на лестничных клетках так, чтобы обеспечить доступ воды к любой точке помещения. Для тушения пожара с помощью воды, чтобы исключить попадание под напряжение, рекомендуется использовать распыленную струю. Для этого применяют распылители РС. При напоре воды 4—6 кгс/см<sup>2</sup> длина распыленной конусообразной струи достигает 15 м. Чем больше распылена струя воды, тем меньше ее электропроводность. Ток, проходящий через водяную струю водопроводной или речной воды, при напряжении 35 кВ не превышает нескольких миллиампер. Однако незначительная величина тока не исключает мер защиты бойцов пожарной охраны от поражения электрическим током: боец должен надеть изолирующие боты и перчатки из диэлектрической резины; ствол заземляется; расстояние от частей, находящихся под напряжением, до головки ствола устанавливается в соответствии с напряжением электроустановки:

Номинальное напряжение  
электроустановки, кВ

Минимально допустимое расстояние от насадки ствола до горячей электроустановки и кабелей, м, при диаметре срыска 13 мм

До 1 }  
1—3 } включительно  
3—10 }

3,5  
4,0  
4,5

Эффективным средством тушения пожаров в электроустановках является воздушно-механическая пена. Она представляет собой механическую смесь воздуха (90%), воды (около 10%) и пенообразователя (0,2—0,4%). Пенообразователь ПО-1 состоит из керосинового препарата, костного клея, этилового спирта и каустической соды. Пенообразователь предварительно смешивается с водой и подается в воздушно-пенный ствол, т. е. в длинную (725 мм) металлическую трубу в виде диффузора. Вода засасывает (инжектирует) воздух и образует струю пены. В высокократных пеногенераторных ГВП-600 выход пены составляет 500—600 л/с при затрате раствора исходных веществ 5—6 л/с (кратность выхода пены равна 100).

Воздушно-механическая пена эффективно применяется для тушения пожаров кабелей. В кабельных каналах и туннелях (рис. 92) на расстояниях 50—100 м устанавливают огнезащитные перегородки 8, образующие отсеки. Перегородки выполняются из огнестойких материалов с пределом огнестойкости 1,5—2 ч. Устройство негорючих перегородок дает возможность ограничить распространение пожара в пределах одного отсека. В отсеках монтируется стационарная сеть тушения пожара воздушно-механической пеной с автоматическим включением.

Пеногенераторы 2 размещаются под потолком равномерно по длине кабельного туннеля. Там же установлены автоматические извещатели о пожаре 1. Вода в пеногенераторы поступает по магистральному трубопроводу 8 через задвижки 7 с автоматическим и дистанционным приводом, а пенообразователь — по трубопроводу 3 через обратный клапан 4 сразу в два смежных отсека. В случае пожара пена подается одновременно в горящий и соседний, расположенный по ходу вентиляции, негорящий отсеки. Пена, заполняя объем горящего отсека, тушит пламя горячих оболочек кабелей и уменьшает задымление, а в соседнем отсеке — охлаждает кабели и создает условия для удаления газов. Установка для тушения пожара в каждом из

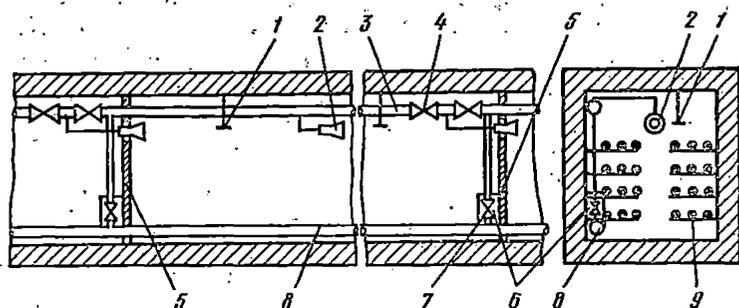


Рис. 92. Схема размещения пеногенераторов в отсеках кабельного туннеля:

1 — извещатели о пожаре, 2 — пеногенераторы ГВП, 3 — трубопровод, питающий отсеки, 4 — обратный клапан, 5 — огнезащитные перегородки, 6 — ващитный мехол, 7 — задвижка с электроприводом, 8 — магистральный трубопровод, 9 — кабели

отсеков действует автоматически или путем дистанционного включения после получения дежурным сигнала от приборов извещателей о пожаре.

Порядок тушения пожаров в электроустановках регламентируется «Инструкцией по тушению пожаров в электроустановках электростанций и подстанций», на основании которой составляется местная инструкция для каждого предприятия, согласованная с местной инспекцией пожарной охраны. Действия электротехнического персонала по тушению пожара в электроустановках следующие.

Первый, заметивший загорание или пожар, должен немедленно сообщить об этом в пожарную охрану и старшему дежурному по цеху, станции, сетевому району, а после этого начать самостоятельно тушить пожар подручными средствами. Старший по смене после определения очага пожара, путей его распространения и угрозы оборудованию лично или с помощью дежурных проверяет, включена ли везде автоматическая система пожаротушения, принимает меры по созданию безопасных условий персоналу и пожарным подразделениям для лик-

видации пожара: отключает оборудование, снимает напряжение, удаляет водород из генератора, синхронного компенсатора, сливает масло.

Отключать присоединения, на которых горит оборудование, можно без предварительного разрешения вышестоящего дежурного с последующим его уведомлением. Тушить пожар струями воды без снятия напряжения с оборудования, как правило, не разрешается, но в открытых для обзора ствольщика электроустановках, в том числе горящих кабелей напряжением 10 кВ и менее, допускается. Нельзя тушить пожар ручными средствами в сильно задымленных помещениях без снятия напряжения. Запрещается тушение пожара пеной с помощью ручных средств в электроустановках, находящихся под напряжением, так как пены обладают повышенной электропроводностью. Лишь в исключительных случаях, когда пеногенератор надежно укреплен и заземлен, разрешается тушить пожар под напряжением до 10 кВ воздушно-механической пеной.

Если часть присоединений по условиям режима работы электроустановки осталась под напряжением, то во избежание поражения током при тушении пожара не допускается приближаться к находящемуся под напряжением оборудованию и токоведущим частям на расстояния, менее указанных в табл. 11.

Тушением пожара в начальный период руководит старший по смене или руководитель объекта. После прибытия пожарного подразделения его командир принимает на себя руководство тушением пожара. Допуск пожарного подразделения к тушению пожара заключается в том, что старший из числа электромеханического персонала инструктирует под напряжением о соседних токоведущих частях, находящихся под напряжением, о возможности загорания аппаратуры и распространении пожара, выдает письменное разрешение на тушение пожара. В электроустановках без постоянного дежурного персонала тушение пожара производится пожарным подразделением по заранее согласованной инструкции, одновременно вызывается обслуживающий персонал.

Рассмотрим особенности тушения пожаров на отдельных видах электрооборудования.

При возникновении пожара в кабельных туннелях, шахтах, каналах и помещениях быстро проверяют, включилась ли автоматическая установка тушения пожара и, если не включилась, производят ее включение дистанционно. Одновременно снимают напряжение с кабелей, находящихся в зоне пожара, принимают меры по изоляции отсека, в котором происходит горение, от смежных помещений, отключают вентиляцию. Тушение загоревшихся кабелей, с которых не снято напряжение, опасно. Отключают в первую очередь кабели, имеющие более высокое напряжение. Горящие

кабели тушат компактной струей воды. При напряжении выше 1000 В струю воды направляют через дверной проем или люк, не заходя в отсек с горящими кабелями. В отсек можно зайти в том случае, если под напряжением остались только кабели 1000 В и ниже и при соблюдении требований, указанных выше. После ликвидации пожара или очага загорания к силовым или контрольным кабелям можно прикасаться в том случае, когда с тех и других полностью снято напряжение.

При взрыве или пожаре трансформатора, реактора их отключают со всех сторон. После снятия напряжения тушение пожара производится любыми средствами — воздушно-механической пеной, распыленной водой, огнетушителями. Не рекомендуется компактная струя воды, так как она увеличивает площадь горящего масла. При срабатывании защиты от внутренних повреждений одновременно с действием на отключение выключателей трансформатора автоматически производится пуск воды в разбрызгивающие устройства, установленные сверху вокруг трансформатора или каждой его фазы.

Расположенную в зоне пожара маслonaполненную аппаратуру отключают и защищают от действия высокой температуры, охлаждая её водой. В случае загорания, маслonaполненной аппаратуры необходимо срочно слить масло в сливные емкости или в яму с гравийной засыпкой и не допустить его растекания.

Если воспламенился генератор, его останавливают. Автомат гашения поля отключают немедленно после отключения генератора от сети. Водород из системы охлаждения вытесняют азотом. Пожар в генераторе гасят водой, а горящий водород — при помощи углекислотных огнетушителей и других средств пожаротушения. Применение пенных химических огнетушителей для тушения пожара внутри генератора или конденсатора запрещается.

При возникновении пожара на пультах и щитах управления по возможности снимают с них напряжение и гасят пожар углекислотными огнетушителями, в крайнем случае — песком или распыленной водой.

На предприятиях организуются добровольные пожарные дружины (ДПД), в состав которых входят электрики. Боевой расчет состоит из 5—6 дружинников во главе с командиром — старшим по смене. В обязанности ДПД входит: контроль за состоянием противопожарного режима в цехе, в том числе за состоянием электрохозяйства; разъяснительная работа среди рабочих по соблюдению противопожарного режима; надзор за исправностью первичных средств пожаротушения; вызов пожарных команд в случае пожара и немедленное его тушение первичными средствами. Личный состав дружины проходит предварительную подготовку под руководством опытных работников профессиональной пожарной охраны.

## ЛИТЕРАТУРА

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. — М.: Энергия, 1970.

Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок электрических станций и подстанций. — М.: Энергия, 1972.

Правила техники безопасности при эксплуатации распределительных электросетей. — М.: Энергия, 1969.

Правила техники безопасности при эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше. — М.: Энергия, 1969.

Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. — М.: Энергия, 1968.

Правила устройства электроустановок. — М.: Энергия, 1965.

Правила пользования и испытания защитных средств, применяемых в электроустановках. — М.: Атомиздат, 1974.

Правила пользования инструментом и приспособлениями, применяемыми при ремонте и монтаже энергетического оборудования. — М.: Энергия, 1973.

Воронина А. А., Шибенко Н. Ф. Техника безопасности при работе в электроустановках. — М.: Высшая школа, 1974.

Якобс А. И. и др. Эксплуатация заземлений сельских электроустановок. — М.: Колос, 1969.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	3
<b>Глава I. Основы электробезопасности . . . . .</b>	<b>5</b>
§ 1. Воздействие электрического тока на человека . . . . .	5
§ 2. Первая помощь при поражении электрическим током . . . . .	9
§ 3. Категории электроустановок по напряжению и схемы их питания . . . . .	12
§ 4. Влияние режима нейтрали сети и сопротивления изоляции на условия безопасности . . . . .	14
§ 5. Влияние емкости сети на условия безопасности . . . . .	19
§ 6. Контроль изоляции электроустановок . . . . .	21
<b>Глава II. Основные меры защиты от поражения электрическим током . . . . .</b>	<b>27</b>
§ 7. Классификация помещений электроустановок . . . . .	27
§ 8. Ограждения токоведущих частей . . . . .	28
§ 9. Блокировки в электроустановках . . . . .	31
§ 10. Средства предупреждения об опасности . . . . .	34
§ 11. Двойная изоляция . . . . .	37
§ 12. Раздельное питание и пониженное напряжение . . . . .	38
§ 13. Защитные средства, применяемые в электроустановках . . . . .	40
<b>Глава III. Защитные заземления и отключения . . . . .</b>	<b>51</b>
§ 14. Защитное заземление . . . . .	51
§ 15. Нормирование заземлений . . . . .	52
§ 16. Искусственные и естественные заземлители . . . . .	53
§ 17. Напряжения прикосновения и шага . . . . .	63
§ 18. Защита от перехода напряжения выше 1000 В в сеть напряжением до 1000 В . . . . .	68
§ 19. Защитное зануление . . . . .	70
§ 20. Защитное отключение . . . . .	77
<b>Глава IV. Мероприятия, обеспечивающие безопасность работы в действующих электроустановках . . . . .</b>	<b>81</b>
§ 21. Задачи электротехнического персонала, его подготовка, обязанности и ответственность . . . . .	81
§ 22. Виды работ в действующих электроустановках . . . . .	85
§ 23. Осмотры электроустановок . . . . .	86
§ 24. Оперативные переключения электрооборудования . . . . .	87
§ 25. Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ с частичным или полным снятием напряжения . . . . .	89
§ 26. Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ с полным или частичным снятием напряжения . . . . .	93
§ 27. Работы, выполняемые вблизи токоведущих частей, находящихся под напряжением, и на них . . . . .	97
§ 28. Работы по распоряжениям . . . . .	97
§ 29. Предотвращение аварий и ликвидация их последствий . . . . .	99
§ 30. Защита в зоне влияния электрических полей частотой 50 Гц . . . . .	100
§ 31. Требования безопасности к некоторым видам электрооборудования и его эксплуатации . . . . .	102

<b>Глава V. Меры безопасности при работах на воздушных линиях электропередачи</b>	<b>106</b>
§ 32. Требования безопасности к воздушным линиям электропередачи	106
§ 33. Категории работ на воздушных линиях электропередачи	107
§ 34. Работы на отключенной линии вдали от других действующих воздушных линий	108
§ 35. Работы на отключенной линии вблизи других действующих линий	108
§ 36. Работы на линиях, находящихся под напряжением	111
§ 37. Работы по расчистке трасс	115
§ 38. Работы на опорах и подъем опор	116
§ 39. Окраска и антисептирование опор	119
§ 40. Меры безопасности при эксплуатации воздушных линий электропередачи	120
<b>Глава VI. Меры безопасности при работах на кабельных линиях электропередачи</b>	<b>123</b>
§ 41. Требования безопасности и противопожарной профилактики	123
§ 42. Земляные работы	124
§ 43. Прокладка кабелей	125
§ 44. Ремонт кабельных линий	126
§ 45. Работа в колодцах и туннелях	128
§ 46. Работа с паяльными лампами, припоями, кабельной мастикой и эпоксидным компаундом	130
<b>Глава VII. Меры безопасности при отдельных работах</b>	<b>132</b>
§ 47. Переносные электрические приборы и электрифицированный инструмент	132
§ 48. Замена предохранителей и плавких вставок	134
§ 49. Обслуживание вращающихся машин и цепей возбуждения	135
§ 50. Работы в преобразовательных установках	136
§ 51. Ремонт и эксплуатация аккумуляторных батарей	137
§ 52. Работы в цепях измерения, управления, сигнализации и защиты	140
§ 53. Работы в комплектных распределительных устройствах внутренней и наружной установки	141
§ 54. Чистка изоляции в распределительных устройствах без снятия напряжения	141
§ 55. Фазировка цепей в электроустановках напряжением до и выше 1000 В	142
§ 56. Работы в сетях освещения	143
§ 57. Пусконаладочные работы и испытания	144
§ 58. Работы на грузоподъемных машинах, телескопических вышках и выдвижных лестницах	146
<b>Глава VIII. Меры безопасности при работе в электроустановках специального назначения</b>	<b>147</b>
§ 59. Меры безопасности при работе в электроустановках торфопредприятий	147
§ 60. Меры безопасности при обслуживании электролизных установок	153
§ 61. Меры безопасности при работе на электротермических установках	156
§ 62. Меры безопасности при работе в лабораториях	160
§ 63. Меры безопасности при обслуживании и ремонте электрических газоочистительных установок	163
§ 64. Меры безопасности при электрической сварке	166

§ 65. Меры безопасности при работе в электроустановках сельскохозяйственного производства . . . . .	168
<b>Глава IX. Меры пожарной безопасности . . . . .</b>	<b>174</b>
§ 66. Общие понятия о горении и пожарной опасности веществ и материалов . . . . .	174
§ 67. Оценка взрыво- и пожароопасности помещений и наружных установок . . . . .	176
§ 68. Требования пожарной безопасности к электроустановкам . . . . .	178
§ 69. Противопожарный режим на предприятии . . . . .	181
§ 70. Тушение пожаров в электроустановках . . . . .	183
Литература . . . . .	189

**Анна Алексеевна Воронина,  
Николай Федорович Шибенко**

**ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ  
ПРИ РАБОТЕ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ**

Редактор Успенская Л. Б. Художественный редактор Панина Т. В. Художник Шавард А. И. Технический редактор Родичева Р. С. Корректор Четчеккина Г. А.

ИБ № 1823

Изд. № ЭГ—312 Сдано в набор 17.08.78. Подп. в печать 22.02.79. Т-03253.  
Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Бум. тип. № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая.  
Объем 12 усл. печ. л. 12,64 уч.-изд. л. Тираж 140 000 экз. Зак. № 145.  
Цена 30 коп.

Издательство «Высшая школа», Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14

Ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного Знамени Ленинградское производственно-техническое объединение «Печатный Двор» имени А. М. Горького «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 197136, Ленинград, П-136, Гатчинская, 26.