

В.М. НЕСТЕРЕНКО, А.М. МЫСЬЯНОВ

ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ

Рекомендовано

*Федеральным государственным автономным учреждением
«Федеральный институт развития образования» (ФГАУ «ФИРО»)
в качестве учебного пособия для использования в учебном процессе
образовательных учреждений, реализующих программы
начального профессионального образования*

*Регистрационный номер рецензии 787
от 26 декабря 2012 г. ФГАУ «ФИРО»*

14-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2017

УДК 621.3
ББК 31.29-5-08
Н 56

Рецензент —

д-р техн. наук, профессор Самарской государственной архитектурно-строительной Академии телекоммуникаций и информатики *В. О. Кричке*

Нестеренко В. М.

Н 56 Технология электромонтажных работ : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / В. М. Нестеренко, А. М. Мысьянов. — 14-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2017. — 592 с.

ISBN 978-5-4468-5618-3

Учебное пособие может быть использовано при освоении профессионального модуля ПМ.01 «Сборка, монтаж, регулировка и ремонт узлов и механизмов оборудования, агрегатов, машин, станков и другого электрооборудования промышленных организаций» (МДК.01.01) по профессии «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям)».

Приведены материалы по курсу «Технология электромонтажных работ» для подготовки рабочих по профессиям электротехнического профиля. Особое внимание уделено межпредметным связям и теоретическому объяснению наиболее сложных вопросов и тем.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования электротехнического профиля, а также слушателей курсов переподготовки незанятого населения, преподавателей и мастеров производственного обучения.

УДК 621.3
ББК 31.29-5-08

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Нестеренко В. М., Мысьянов А. М., 2002
© Мысьянова Л. С., Мысьянов А. А., Жаркова Е. С.
(наследники автора Мысьянова А. М.), 2010
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2010
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2010

ISBN 978-5-4468-5618-3

Введение

На современном этапе развития общества интересы экономики и самого человека как главной производительной силы и высшей ценности общества требуют нового подхода к обучению и воспитанию подрастающего поколения. В этой связи особую актуальность и практическую значимость приобретает повышение качества профессиональной подготовки молодого рабочего.

Качественные изменения, происходящие в настоящее время в отраслях народного хозяйства, являются объективной предпосылкой для подготовки рабочих широкого профиля. Все чаще требуются рабочие, способные к быстрой смене характера и вида труда, например рабочие, которые могут выполнять монтаж, ремонт и обслуживание оборудования. Такие качества рабочего, как способность к творчеству, умение планировать, организовывать и контролировать свой труд, находить оптимальные решения, самостоятельно пополнять свои знания и применять их в постоянно изменяющихся внешних условиях, становятся главным залогом его успешной трудовой деятельности.

Рабочий широкого профиля должен проявлять в условиях постоянного изменения технологического базиса производства высокую профессиональную гибкость и мобильность. Узкий профиль профессиональной подготовки не может обеспечить быстрое приспособление к изменению условий производства, а современный квалифицированный рабочий должен быть готов не только к настоящим, но и к будущим условиям производства. Для этого ему необходимо получить общее среднее образование и широкую общетехническую и общепромышленную подготовку, переходящую в последний период обучения в специальную подготовку. Расширение производственного профиля рабочих – одно из условий наиболее полного использования достижений науки и техники, повышения эффективности использования рабочей силы.

Современный рабочий должен обладать совокупностью общепромышленных, общетехнических и общепромышленных знаний и умений, т. е. его подготовка должна основываться на политехническом обучении. Это обеспечит ему хорошую ориентацию во всей системе данного производства, позволит выполнять широкий круг взаимосвязанных по тех-

нологии сложных видов работ, постоянно повышать квалификацию, совершенствовать профессиональное мастерство, высокопроизводительно и творчески работать в условиях динамично развивающегося производства с различными формами организации труда.

Данное учебное пособие предназначено для подготовки рабочих по следующим специальностям электротехнического профиля:

- электромонтажник по распределительным устройствам;
- электромонтажник по кабельным сетям;
- электромонтажник по освещению и осветительным сетям;
- электромонтажник по силовым сетям и электрооборудованию;
- электромонтажник по вторичным цепям;
- электромонтажник-наладчик;
- электромонтажник по сигнализации и блокировке на железнодорожном транспорте и наземных линиях метрополитена.

Учебное пособие состоит из унифицированного учебного материала для всех учащихся и дифференцированного материала по каждой специальности.

Базовыми для всех специальностей являются сведения об однотипных технических средствах труда, общих основах технологии производства и общих функциях производственной деятельности рабочего. Соотношение общего и дифференцированного материала учебного пособия определяется уровнем технической общности данных специальностей и планируемым уровнем расширения профессиональной подготовки учащихся.

Общими для указанной ранее группы специальностей являются:

- сведения об основах электромонтажных работ;
- вопросы монтажа, обслуживания и ремонта осветительных и силовых электроустановок;
- вопросы монтажа, обслуживания и ремонта кабельных и воздушных линий;
- сведения по стандартизации и контролю качества продукции;
- вопросы производства, передачи и распределения электроэнергии;
- вопросы устройства и монтажа защитного заземления.

К специальным для каждой отдельной специальности относятся следующие вопросы: монтаж измерительных трансформаторов, вторичных цепей, комплектных трансформаторов;

торных подстанций, комплектных распределительных устройств и др.

В учебном пособии последовательно отражены структура отрасли и схема ее управления, техника и технология электро-монтажа, сведения о применяемых материалах и технических средствах, вопросы охраны и безопасности труда, что должно обеспечить формирование у учащихся целостного представления о выбранной профессии.

Содержание и объем учебного материала в учебном пособии соответствуют действующей программе, профессионально-квалификационным характеристикам соответствующих специальностей и учебному плану профессии.

Трехуровневая система вопросов для самоконтроля (I, II, III) обеспечивает возможность оценки качества подготовки учащихся на всех этапах обучения.

Глава 1. ПРОИЗВОДСТВО, ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

1.1. Основные сведения об электрической энергии

Одним из важнейших показателей уровня технического развития любой страны является уровень развития ее энергетики. Современная энергетика — это в основном электричество, т. е. производство и потребление электрической энергии определяют уровень развития государства.

Электрическая энергия используется во всех отраслях промышленности, строительства, транспорта и сельского хозяйства вследствие ряда присущих только ей свойств: ее можно передавать на большие расстояния, а также преобразовывать в другие виды энергии — механическую, тепловую, химическую.

Возможность передачи электрической энергии на расстояния, достигающие нескольких сотен и даже тысяч километров, обуславливает строительство электростанций вблизи мест нахождения топлива или на многоводных реках, что оказывается более экономичным, чем подвозить большое количество топлива к электростанциям, расположенным вблизи потребителей электроэнергии.

Возможность преобразования электрической энергии в механическую с помощью электроприводов, т. е. применение для получения энергии конструктивно простых и удобных для эксплуатации электродвигателей вместо громоздких и сложных паровых машин и двигателей внутреннего сгорания, позволяет более рационально использовать производственные площади предприятий, снижать эксплуатационные расходы, осуществлять автоматизацию производственных процессов. Вот почему современные промышленные предприятия насыщаются электродвигателями мощностью от нескольких ватт до нескольких сотен и даже тысяч киловатт. О масштабах применения электродвигателей свидетельствует тот факт, что в настоящее время они потребляют более 50 % всей электроэнергии, производимой в России. Широкое применение находит электричество не только в промышленности, но и на транспорте: с его помощью приводятся в движение поезд, трамвай, троллейбусы и даже автомобили.

Однако роль, возможности и масштабы применения электрической энергии не будут полностью охарактеризованы, если не сказать о ее использовании в технологиях различных производств: с ее помощью варят сталь, сваривают и режут металлы, наносят на поверхность металлов стойкие антикоррозийные покрытия и т. д.

Незаменима роль электричества в автоматизации и телеуправлении производственных процессов. Здесь ни один вид энергии, известный современной науке, не может полностью заменить электрическую энергию.

1.2. Типы и основные характеристики электрических станций

Электрическая энергия вырабатывается на электрических станциях, которые в зависимости от используемых в них энергоносителей подразделяются на тепловые (паротурбинные), атомные (реакторные) и гидроэлектрические (гидротурбинные). Существуют также электростанции, использующие энергию ветра и тепла солнечных лучей, но они представляют собой маломощные источники электроэнергии, предназначенные только для электроснабжения отдельных мелких потребителей, отдаленных от мощных электростанций и системных сетей.

На тепловых электростанциях (ТЭС) используют тепловую энергию, получаемую при сжигании в топках котлов угля, торфа, горючих сланцев, мазута или природного газа.

В тепловой электростанции (рис. 1.1, а) вода в котлах превращается в пар, который по паропроводу поступает в паровую турбину

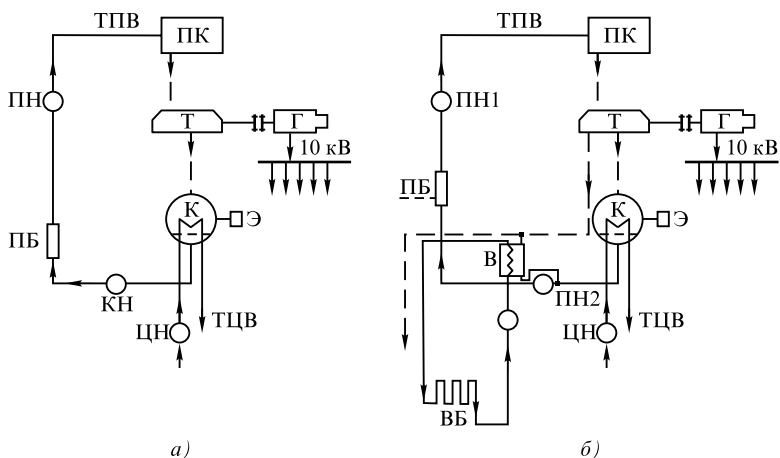


Рис. 1.1. Схемы тепловых электростанций:

а – конденсационной; *б* – теплоэлектроцентрали; ТПВ – трубопровод питательной воды; ПК – паровой котел; Т – турбина; Г – генератор; К – конденсатор; Э – эжектор; ТЦВ – трубопровод циркуляционной воды; ЦН – циркулярный насос; КН – конденсатный насос; В – водоподогреватель; ПН, ПН1, ПН2 – питательные насосы; ВБ – водяная батарея; ПБ – паровая батарея

и приводит в движение ее ротор, а также механически соединенный с ним ротор генератора. В генераторе механическая энергия преобразуется в электрическую, и генератор становится источником электрического тока. Таким образом, тепловая энергия пара превращается в механическую энергию вращения турбины, а последняя, в свою очередь, преобразуется в электрическую энергию.

Превращение энергии из одного вида в другой неизбежно сопровождается потерями, которые зависят главным образом от способа преобразования, а также от совершенства и состояния преобразующих устройств.

Отработавший пар, пройдя все ступени турбины, поступает в конденсатор, где, охлаждаясь, превращается в конденсат, который вновь подается насосом в котел. Возврат чистого конденсата уменьшает образование накипи в котлах и тем самым увеличивает срок их службы. Так, по замкнутому циклу работает тепловая конденсационная электростанция (КЭС), снабжающая потребителей только электрической энергией.

Тепловые конденсационные электростанции имеют невысокий КПД (30...40%), так как большая часть энергии теряется с отходящими топочными газами и охлаждающей водой конденсатора. Сооружать КЭС выгодно в непосредственной близости от мест добычи топлива. При этом потребители электроэнергии могут находиться на значительном расстоянии от станции.

Снабжение потребителей не только электрической, но и тепловой энергией осуществляется тепловой электростанцией (рис. 1.1, б), называемой теплоэлектроцентралью (ТЭЦ). В ней происходит описанный выше цикл преобразования тепловой энергии в механическую, а затем и в электрическую, но значительная часть тепловой энергии в этом случае поступает в виде горячей воды и пара потребителям, расположенным в непосредственной близости от электростанции.

Коэффициент полезного действия ТЭЦ достигает 60...70%. Такие станции строят обычно вблизи потребителей – промышленных предприятий или жилых массивов. Чаще всего они работают на привозном топливе.

Рассмотренные тепловые электростанции по виду основного теплового агрегата (паротурбинной установки – ПТУ) относятся к паротурбинным станциям. Значительно меньшее распространение получили тепловые станции с газотурбинными (ГТУ), парогазовыми (ПГУ) и дизельными (ДУ) установками.

Атомная электростанция (АЭС) по своей сущности является тепловой электростанцией, отличаясь от последней лишь тем, что на ней вместо котельного агрегата используется атомный реактор с теплообменником и для получения пара используется тепло, получаемое в процессе деления ядер атомов урана или плутония. АЭС

получают широкое распространение в России, поскольку их можно сооружать в районах, отдаленных от источников природного топлива или не располагающих гидроэнергетическими ресурсами. Одним из основных преимуществ АЭС является малый расход потребляемого топлива, а следовательно, и резкое снижение затрат на его перевозку.

Первая в мире атомная электростанция, преобразующая энергию расщепления ядер атомов тяжелых элементов в электрическую, была построена в 1954 г. в Советском Союзе в городе Обнинск. Основным тепловым агрегатом АЭС, как и ТЭС, является паротурбинная установка. Водяной пар также служит средой, преобразующей тепловую энергию в механическую. Принципиальное отличие АЭС от ТЭС состоит в том, что теплота, необходимая для выработки пара, получается не при сгорании топлива, а при расщеплении ядер тяжелых элементов в ядерных реакторах. Такими элементами являются природный изотоп урана-235 или получаемые искусственным путем изотопы урана-233 и плутония-239. Из 1 кг урана можно получить столько же теплоты, сколько и при сжигании примерно 3000 т каменного угля.

За годы, прошедшие со времени пуска в эксплуатацию первой АЭС, было создано несколько конструкций ядерных реакторов, на основе которых началось широкое развитие атомной энергетики в нашей стране. Атомные электростанции классифицируются по типу реактора и числу контуров, по которым выделяющаяся теплота может передаваться рабочему телу (пару) паровой турбины. Тепловая схема АЭС может быть двух- и трехконтурной (рис. 1.2). В трехконтурной схеме в первом контуре нагретый

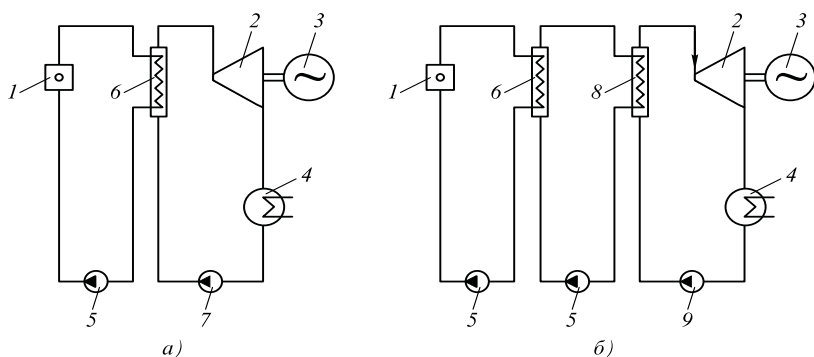


Рис. 1.2. Тепловые схемы атомных двухконтурной (а) и трехконтурной (б) электростанций:

1 – реактор; 2 – турбина; 3 – генератор; 4 – конденсатор; 5 – циркуляционный насос; 6 – парогенератор; 7, 9 – топливный насос; 8 – теплообменник

в реакторе 1 радиоактивный теплоноситель поступает в парогенератор 6, где отдает теплоту рабочему телу (пару), и с помощью циркуляционного насоса 5 возвращается в реактор. Во втором контуре пар через промежуточный теплообменник 8 и турбину 2 вращает генератор 3, а затем через конденсатор 4 с помощью насоса 9 возвращается в теплообменник (третий контур). Таким образом, в трехконтурной АЭС контуры первичного теплоносителя, которым могут быть вода и пароводяная смесь, и рабочего тела (пара) разделены. В этой схеме радиоактивный контур включает в себя не все оборудование, а лишь его часть, что упрощает эксплуатацию.

Обеспечение радиационной безопасности персонала и населения, являющееся важнейшей задачей при эксплуатации атомной электростанции, достигается созданием специальных конструкций и устройств защиты, очисткой воды и воздуха, извлечением и надежной локализацией радиоактивных загрязнений.

Гидроэлектростанции (ГЭС) сооружают на реках, используя напор потока воды, искусственно создаваемый за счет разности ее уровней с двух сторон плотины (рис. 1.3).

Вода, подаваемая под определенным напором в гидротурбину, вращает ее рабочее колесо (ротор) и соединенный с ним ротор

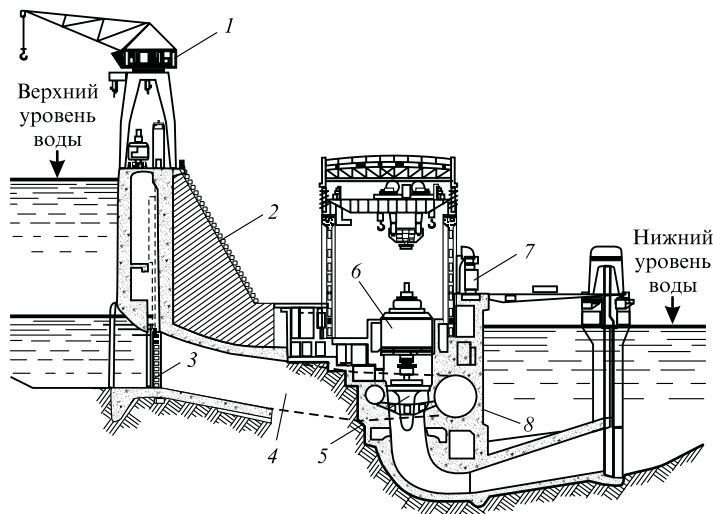


Рис. 1.3. Схематичный разрез гидротехнических сооружений и зданий гидроэлектростанции:

- 1 — кран для подъема водозапорных щитов; 2 — плотина; 3 — генератор; 4 — повышающий трансформатор; 5 — отсасывающая труба; 6 — спиральная камера; 7 — рабочее колесо гидротурбины; 8 — водозапорный щит

электрического генератора. При этом энергия потока воды преобразуется генератором в электрическую энергию.

Разновидностью ГЭС являются гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС), предназначенные для покрытия «пиковых» нагрузок и заполнения «провалов» в графиках потребления электроэнергии. Работа ГАЭС заключается в смене двух разделенных во времени режимов: накопления энергии и отдачи ее потребителям. Такие станции оснащают обратимыми агрегатами, которые могут работать в режимах и двигателя, и генератора.

Гидроэлектростанции по сравнению с тепловыми электростанциями имеют более высокий коэффициент полезного действия, требуют меньших эксплуатационных затрат и позволяют получать электроэнергию, стоимость каждого киловатт-часа которой в несколько раз ниже. Однако в нашей стране строятся преимущественно тепловые электростанции, что объясняется:

- наличием больших запасов низкокалорийного топлива, пригодного к использованию только на электростанциях;
- возможностью быстрого сооружения тепловых электростанций из типовых строительных конструкций;
- необходимостью меньших капиталовложений.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Что представляет собой тепловая электростанция?
 2. Что представляет собой гидроэлектростанция?
 3. Что представляет собой атомная электростанция?
- II.
 1. В чем отличие тепловой электростанции от тепловой электроцентрали?
 2. Какие разновидности тепловых станций вы знаете?
 3. Как обеспечивается безопасность на атомной электростанции?
 4. Назовите основные преимущества гидроэлектростанций по сравнению с тепловыми.
- III.
 1. Поясните работу тепловой электростанции.
 2. Поясните работу гидроэлектростанции.
 3. Поясните работу атомной электростанции.
 4. Какие электростанции имеются в вашем городе?

1.3. Организация электроснабжения

В нашей стране снабжение потребителей электроэнергией осуществляется преимущественно от электрических сетей, объединяющих несколько электростанций. Необходимость такого объединения вызвана тем, что электрические станции, находящиеся даже на территории одной области, работают с неодинаковой нагрузкой, т. е. одни электростанции могут быть перегружены, а в то же

время другие могут работать в основном с недогрузкой. Разница в степени загрузки электростанций становится более ощутимой при значительном отдалении районов потребления электроэнергии друг от друга в направлении с востока на запад, что объясняется разновременностью утренних и вечерних максимумов нагрузки.

Чтобы обеспечить надежность электроснабжения потребителей и возможно полнее использовать мощности электростанций, работающих в разных режимах, их объединяют в электроэнергетические системы.

Представление о системе производства, передачи и распределения электрической энергии дает схема электроснабжения потребителей, приведенная на рис. 1.4. Электрическая энергия, вырабатываемая на электрической станции генераторами, передается при напряжении более высоком, чем генераторное, по линии электропередачи высокого напряжения на подстанцию промышленного предприятия. Для изменения напряжения в системе применяются трансформаторы. Со сборных шин подстанции электроэнергия распределяется по различным электроприемникам: электродвигателям, источникам света, нагревательным приборам и т.д.

Производство электрической энергии и ее потребление – процессы непрерывные и единые во времени. Электрическую энергию нельзя накапливать в больших количествах, не передавая потребителям, т.е. в каждый момент времени ее выработка должна

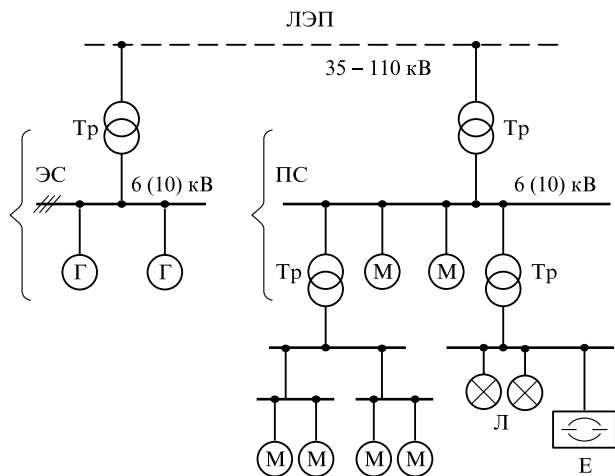


Рис. 1.4. Схема электроснабжения потребителей:

ЭС – электрическая станция; Г – генератор; ЛЭП – линия электропередачи, Тр – трансформатор; ПС – подстанция; М – электродвигатель; Л – источник света; Е – нагревательный прибор

соответствовать потреблению. Отдельные электростанции не могут обеспечить бесперебойную подачу электроэнергии потребителям, поэтому по мере развития энергетики их объединяют в системы, в которых они работают параллельно на общую нагрузку.

Объединение электростанций в электроэнергетические системы имеет большое значение для обеспечения согласованной работы станций различных типов, особенно тепловых и гидростанций. Мощность гидроагрегатов ГЭС в период паводка и в зимнее время различна, поэтому весной основную нагрузку в энергосистеме несут гидростанции, на тепловых же станциях в это время часть агрегатов основного назначения останавливают, что обеспечивает экономию топлива и проведение плановых ремонтных работ. В зимнее время роли тепловых и гидростанций меняются. Таким образом, появляется возможность создания экономически выгодных режимов работы разных типов электростанций.

Создание энергосистем повышает надежность энергоснабжения и улучшает качество электроэнергии, обеспечивает постоянство напряжения и частоты вырабатываемого тока, поскольку колебания потребления воспринимаются одновременно многими электрическими станциями.

Энергетическая система (энергосистема) представляет собой совокупность электростанций, линий электропередачи, подстанций и тепловых сетей, связанных в одно целое общностью режима и непрерывностью процессов производства и распределения электрической и тепловой энергии.

Электрическая система является частью энергосистемы и состоит из генераторов, распределительных устройств, электрических сетей (подстанций и линий электропередачи различных напряжений) и электроприемников.

В состав энергосистем (электросистем) входят также производственные предприятия и мастерские, лаборатории и подъемно-транспортные средства, необходимые для выполнения работ, связанных с эксплуатацией всех элементов этих систем.

Эксплуатация энергосистемы осуществляется инженерами, техниками, мастерами и рабочими соответствующих квалификаций. Оперативное управление энергосистемой (электросистемой) обеспечивают диспетчеры, обслуживают оборудование электростанций и подстанций — дежурным персоналом, а линии электропередачи — линейный персонал.

Энергетические системы отдельных районов, соединенные между собой линиями электропередачи, образуют объединенные энергосистемы (например, Уральскую, Сибирскую, Центральную, Северо-западную и др.). Объединением ряда энергосистем (Уральской, Южной, Центральной и др.) была создана Единая Европейская энергосистема России.

1.4. Основные сведения об установках, передающих, распределяющих и потребляющих электроэнергию

Вырабатываемая электрическая энергия поступает к месту потребления через систему взаимосвязанных передающих, распределяющих и преобразующих электроустановок. Передача электроэнергии осуществляется по воздушным линиям электропередачи с напряжением от нескольких сот до сотен тысяч вольт. Электрическая энергия передается по системным воздушным сетям с напряжениями 35, 110, 150, 220 кВ и выше по шкале номинальных напряжений, установленной ГОСТом. Распределение электроэнергии осуществляется при помощи центра питания (ЦП), распределительных пунктов (РП) и распределительных линий (РЛ).

Центром питания называются распределительные устройства (РУ) генераторного напряжения электростанции или вторичного напряжения понижающей подстанции энергосистемы с регулятором напряжения, к которому подсоединены распределительные сети данного района.

Распределительным пунктом называется подстанция промышленного предприятия или городской электрической сети, предназначенная для приема и распределения электроэнергии с одним напряжением без ее преобразования.

Распределительной линией называется линия, питающая ряд трансформаторных подстанций от ЦП или РП или вводы к электроустановкам потребителей.

Подстанцией называется электрическая установка, служащая для преобразования и распределения электроэнергии и состоящая из трансформаторов или других преобразователей электроэнергии, распределительных устройств напряжением до 1000 В и выше, аккумуляторных батарей, аппаратов управления и вспомогательных сооружений.

Электроснабжение промышленных, городских и сельских потребителей электроэнергией осуществляется от трансформаторных подстанций, основным элементом которых является трансформатор, преобразующий (трансформирующий) электроэнергию одного напряжения в электрическую энергию другого (более высокого или более низкого напряжения). Принципиальная схема передачи и распределения электрической энергии показана на рис. 1.5. Электрическая энергия, вырабатываемая генераторами с номинальным напряжением 10... 15 кВ, поступает в трансформаторы электростанции *А*, где ее напряжение повышается до 220 кВ, после чего она подается на сборные шины открытой подстанции этой электростанции, а затем при помощи ЛЭП 220 кВ передается на шины 220 кВ понижающей подстанции, связанной также ЛЭП 220 кВ с электростанцией *Б*.

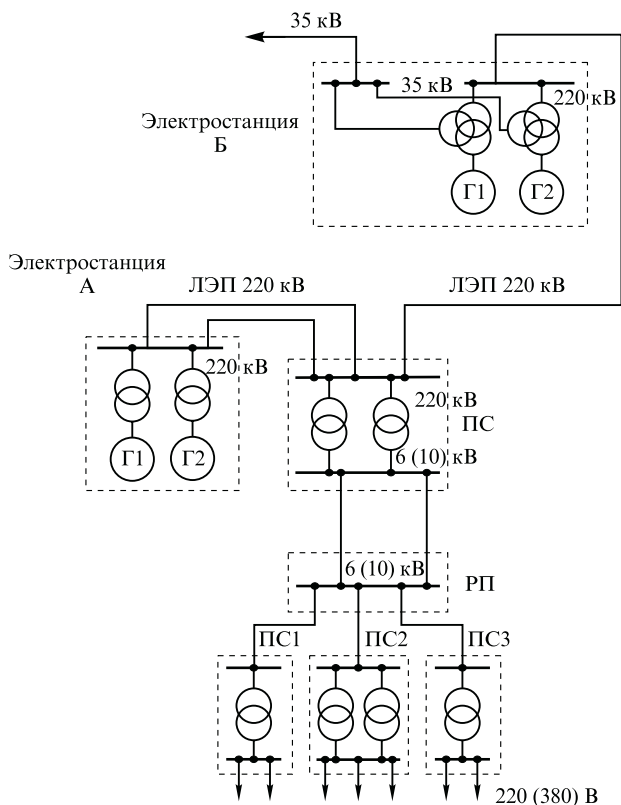


Рис. 1.5. Принципиальная схема передачи и распределения электроэнергии:

Г1, Г2 – генераторы; ПС, ПС1, ПС2, ПС3 – подстанции;
РП – распределительный пункт

На понижающей подстанции напряжение электрической энергии с 220 кВ понижается трансформаторами до 10 (или 6) кВ и с этим напряжением она подается к распределительному пункту, а от него к подстанциям ПС1, ПС2, ПС3 с силовыми трансформаторами, понижающими в свою очередь напряжение до 380 (или 220) В, т.е. до значений, с которыми электроэнергия поступает потребителям.

Электрическая энергия используется: в электродвигателях на двигательные цели; в лампах накаливания и люминесцентных лампах для освещения; в электрических печах, гальванических ваннах и различных аппаратах для обеспечения технологических процессов; в электросварочных агрегатах для сварки металлов и для других целей.

При потреблении электрической энергии происходит процесс ее обратного преобразования: в электродвигателях электроэнергия преобразуется в механическую; в лампах накаливания – сначала в тепловую, а затем в энергию светового потока; в электронагревательных печах – в тепловую и т. д. Эти преобразования также сопровождаются потерями, преимущественно в виде тепла, излучаемого в окружающую среду.

Производство, передача и потребление электрической энергии осуществляются при определенных напряжениях, установленных ГОСТами. Для электродвигателей и различных электрических аппаратов номинальными являются напряжения, на которые рассчитана их изоляция и при которых обеспечивается их нормальная работа, гарантированная заводом-изготовителем. Номинальное напряжение электрооборудования обязательно указывается в его паспорте (для электродвигателей, аппаратов) или клейме (для реле, приборов и др.). Подсоединение приборов и аппаратов к питающей сети с напряжением, соответствующим их номинальным напряжениям, является обязательным требованием, гарантирующим сохранность изоляции и нормальную длительность работы этого электрооборудования.

Номинальное напряжение определяет нормальную работу электрической аппаратуры. Так, на баллоне или цоколе лампы накаливания указано, что она рассчитана на напряжение 220 В. Это означает, что если ее подключить к сети с напряжением 220 В, она будет создавать нормальный для нее световой поток и работать длительное время, гарантированное заводом-изготовителем. Если напряжение сети будет меньше номинального напряжения лампы, то срок ее службы несколько увеличится, но световой поток резко сократится, и наоборот, при увеличении напряжения сети сверх номинального лампа будет давать больше света, но при этом срок ее службы станет во много раз меньше. На работу электродвигателей питающее напряжение влияет следующим образом. При повышении напряжения сверх номинального обмотки двигателя чрезмерно нагреваются, создается опасность повреждения изоляции. Если же электродвигатель работает при пониженном напряжении, то значительно уменьшается его номинальная мощность, что в итоге также приводит к перегреву обмоток.

С точки зрения электроснабжения современный промышленный город с многотысячным населением представляет собой огромное число электроприемников. Здесь и станки на промышленных предприятиях, и городской электротранспорт, и освещение улиц, домов, учебных, торговых, культурных учреждений и т. д. Перерыв в подаче электроэнергии нежелателен для любого потребителя, но если для одних потребителей перерыв в электроснабжении еще допустим на непродолжительное время, то для других он должен быть

вообще исключен. Например, кратковременный перерыв в подаче электроэнергии на такие объекты, как промышленные предприятия с автоматическими линиями, металлургические заводы, шахты, химические комбинаты, причиняет большой экономический ущерб, может вызвать массовый брак продукции, выход из строя оборудования и даже создать опасность для здоровья и жизни людей. А отключение электроэнергии в жилом доме создает только определенные неудобства для его жильцов.

По степени требуемой надежности электроснабжения все потребители электрической энергии подразделяются на три категории, определяющие необходимое число источников электроэнергии и схему электроснабжения.

К *первой категории* относятся потребители, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства. Эти потребители должны получать электроэнергию не менее чем от двух независимых и взаимно резервируемых источников питания.

Вторую категорию потребителей образуют электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к недовыпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества населения. Эти потребители могут обеспечиваться электроэнергией от двух независимых источников. При нарушении электроснабжения от одного из них, допустим перерыв электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания дежурным персоналом или выездной оперативной бригадой.

Все остальные потребители электроэнергии относятся к *третьей категории*. Электроснабжение этих потребителей допускается от одного источника.

Нормальная работа любого потребителя электроэнергии требует не только бесперебойного электроснабжения, но и обеспечения определенного *качества электрической энергии*, к показателям которого относятся: отклонения напряжения и частоты от заданных номинальных значений, колебания напряжения и частоты, несинусоидальность формы кривой напряжения, несимметричность трехфазной системы напряжения.

Под отклонением частоты тока понимают разность между фактическим значением его частоты и номинальным в интервале 10 мин. Это отклонение не должно превышать 0,1 Гц. Сверх того допускаются колебания частоты тока не более 0,2 Гц/с. Для поддержания постоянной частоты тока используются включение при необходимости

ти в работу дополнительных генераторов или разгрузка электросистемы путем ограничения использования электроэнергии или отключения от источника потребителей третьей группы.

Допустимые отклонения напряжения для разных потребителей различны. Так, например, для ламп они составляют 2,5...5 % от номинального, для электродвигателей – 5...10 %, а для остальных потребителей – 5 %.

Для ограничения колебаний напряжения переключают ступени напряжения силовых трансформаторов на подстанциях, включают на параллельную работу или отключают резервные трансформаторы, линии и генераторы электростанций.

На производство, передачу и распределение электрической энергии затрачивается много топлива и различных технических средств, а также труд большого числа людей, занятых эксплуатацией и ремонтом электрических сетей станций и подстанций, поэтому расходовать ее необходимо экономно.

Существует много способов экономии электроэнергии. Так, например, в промышленности это может обеспечиваться сокращением холостого хода станков, нормальной загрузкой электродвигателей, хорошим уходом за электрооборудованием (своевременной заменой смазки в подшипниках, качественным ремонтом электродвигателей), правильностью технологических процессов и т.д. Значительной экономии электроэнергии при освещении можно достигнуть за счет правильного выбора конструкций светильников и мощности устанавливаемых ламп, своевременной очистки арматуры и ламп от копоти и пыли. Практически каждый потребитель имеет свои возможности и резервы экономии электроэнергии, которые должны быть выявлены и использованы в интересах самого потребителя и народного хозяйства.

Классификация помещений по условиям окружающей среды

Основные принципы организации и требования к производству монтажа электротехнических установок регламентируются Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и Строительными нормами и правилами (СНиП), а также монтажными инструкциями, технологическими правилами и инструкциями заводов-изготовителей.

В ПУЭ перечислены требования к электрическим сетям и элементам электроснабжения; указаны правила выбора проводников по нагреву и экономической плотности тока, а также электрических приборов и аппаратов по условиям короткого замыкания; приведены общие требования и указания по устройству электротехнических установок, руководящие положения по обеспечению безопасности при монтаже и эксплуатации электротехнических ус-

тройств, объем и нормы приемо-сдаточных испытаний электроустановок.

В СНиП приведены нормы и основные технологические параметры и правила монтажа всех видов электротехнических устройств; определены общие требования по организации работ, требования к проектной и технической документации, а также к зданиям и сооружениям, принимаемым под монтаж электрооборудования; рассмотрены другие вопросы организационно-технической подготовки монтажных работ. Кроме того, указаны требования к поставке оборудования, порядок и условия его приемки, хранения и сдачи для монтажа.

Нормальная работа электроустановок зависит от различных факторов окружающей среды. На электрические сети и электрооборудование влияют температура окружающей среды и резкие ее изменения, влажность, пыль, пары, газ, солнечная радиация. Эти факторы могут изменять срок службы электрооборудования и кабелей, ухудшать условия их работы, вызывать аварийность, повреждения и даже разрушение всей установки. Особенно зависят от условий окружающей среды электрические свойства изоляционных материалов, без которых не обходится ни одно электрическое устройство. Эти материалы под влиянием климата и даже изменения погоды могут быстро и существенно менять, а при критических обстоятельствах терять свои электроизоляционные свойства.

Влияние неблагоприятных факторов окружающей среды на электрооборудование необходимо учитывать при проектировании, монтаже и эксплуатации электроустановок. Требования по защите электрооборудования и кабельных изделий от воздействия неблагоприятных факторов в процессе хранения, монтажа и эксплуатации изложены в ПУЭ и СНиП.

В зависимости от характера окружающей среды и требований по защите электроустановок от ее воздействия в ПУЭ различают внутренние помещения и наружные установки. В свою очередь, внутренние помещения делятся на сухие, влажные, сырые, особо сырые, жаркие, пыльные, с химически активной средой, пожароопасные и взрывоопасные, а наружные (или открытые) установки – на нормальные, пожароопасные и взрывоопасные. Электроустановки, защищенные только навесами, относят к наружным.

Сухими считают помещения, в которых относительная влажность воздуха не превышает 60 %. Если в таких помещениях температура не превышает 30 °С, нет технологической пыли, активной химической среды, пожаро- и взрывоопасных веществ, то их называют помещениями с *нормальной средой*. *Влажные* помещения характеризуются относительной влажностью воздуха 60...75 % и наличием паров или конденсирующейся влаги, выделяющихся временно и в небольших количествах. Большая часть электрооборудования

рассчитана на работу при относительной влажности, не превышающей 75 %, поэтому в сухих и влажных помещениях используют электрооборудование в нормальном исполнении. К влажным помещениям относят насосные станции, производственные цеха, где относительная влажность поддерживается в пределах 60...75 %, отапливаемые подвалы, кухни в квартирах и т. п.

В *сырых* помещениях относительная влажность длительно превышает 75 % (например, некоторые цеха металлопроката, цементных заводов, очистных сооружений и т.п.). Если относительная влажность воздуха в помещениях близка к 100 %, т. е. потолок, пол, стены, предметы в них покрыты влагой, то эти помещения относят к *особо сырým*.

На отдельных производствах металлургической и других отраслей промышленности (например, в литейных, термических, прокатных и доменных цехах) температура воздуха длительное время превышает 30 °С. Такие помещения называют *жаркими*. Одновременно они могут быть влажными или пыльными.

Пыльными считают помещения, в которых по условиям производства образуется технологическая пыль в таком количестве, что она оседает на проводах, проникает внутрь машин, аппаратов и т. д.

Различают пыльные помещения с токопроводящей и нетокопроводящей пылью. Пыль, не проводящая ток, не ухудшает качество изоляции, однако благоприятствует увлажнению ее и токоведущих частей электрооборудования вследствие своей гигроскопичности.

В помещениях с *химически активной средой* по условиям производства постоянно или длительно содержатся пары или образуются отложения, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

Пожароопасными называют помещения, в которых применяют или хранят горючие вещества. По степени пожароопасности их подразделяют на три класса: П-I, П-II, П-IIIа. К первому классу относятся помещения, в которых используют или хранят пожароопасные жидкости, ко второму классу – помещения, по условиям производства в которых выделяется взвешенная горючая пыль, не образующая взрывоопасных концентраций, а к последнему классу – помещения, где хранятся и используются твердые или волокнистые горючие вещества, не образующие взвешенных в воздухе смесей.

Взрывоопасными называют помещения, в которых по условиям производства могут образоваться взрывоопасные смеси горючих газов или паров с воздухом, кислородом или другими газами – окислителями горючих веществ, а также смеси горючих пылей или волокон с воздухом при переходе их во взвешенное состояние.

Взрывоопасные установки по степени опасности использования электрооборудования разделяют на шесть классов: В-I, В-Ia, В-Iб, В-Iг, В-II и В-IIa. В установках класса В-I по условиям производства может происходить не длительное образование взрывоопасных смесей горючих газов или паров с воздухом либо другим окислителем при нормальных технологических режимах. К классу В-Ia относят установки, в которых взрывоопасные смеси паров и газов могут образоваться только при авариях или неисправностях технологического оборудования. Для установок класса В-Iб характерно лишь местное образование взрывоопасных концентраций паров и газов в воздухе в незначительных объемах при надежно действующей вентиляции. Наружные установки, образующие опасные взрывные концентрации горючих газов или паров, относят к классу В-Iг. В установках класса В-II могут создаваться взрывоопасные концентрации взвешенных горючих пылей при нормальной работе технологического оборудования, а в установках класса В-IIa – лишь при авариях или неисправностях.

Наружные установки, в которых перерабатывают или хранят горючие жидкости либо твердые горючие вещества (открытые склады минеральных масел, угля, торфа, дерева и т. п.), относятся к пожароопасным класса П-III.

Помещения классифицируют по наиболее высокому классу взрывоопасности расположенных в них установок. Агрессивная, сырая, пыльная и подобные им среды не только ухудшают условия работы электрооборудования, но и повышают опасность электроустановок для обслуживающих их людей. Поэтому в ПУЭ помещения в зависимости от возможности поражения людей электрическим током подразделяют на три группы: с повышенной опасностью, особо опасные и без повышенной опасности.

Большинство производственных помещений относятся к помещениям с повышенной опасностью, т. е. для них характерны наличие сырости (относительная влажность длительное время превышает 75 %) или проводящей пыли, токопроводящих полов (металлических, земляных, железобетонных, кирпичных), высокой температуры (длительное время превышающей 30 °С), а также возможности одновременного прикосновения человека к соединенным с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

Для особо опасных помещений характерны особая сырость или наличие химически активной среды либо двух и более условий повышенной опасности.

Если в помещениях отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность, их называют помещениями без повышенной опасности.

В зависимости от вида технологической деятельности в помещениях различных категорий и возможности поражения людей электрическим током в ПУЭ определяются характер исполнения электрооборудования, применяемого для данной среды, виды и способы выполнения электрических сетей.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Что представляет собой энергосистема?
 2. Дайте определение центру питания, распределительному пункту, распределительной линии, распределительной подстанции.
- II.
 1. Назовите основные свойства электроэнергии.
 2. Что является основным элементом подстанции?
 3. Какие вам известны категории потребителей электроэнергии?
 4. Что понимают под качеством электроэнергии?
- III.
 1. Поясните схему передачи и распределения электроэнергии.
 2. В каких устройствах происходит обратное преобразование энергии?
 3. Какое напряжение для электродвигателей считается номинальным?
 4. С каким напряжением осуществляется питание электроприемников?
 5. Как увеличить срок службы лампы накаливания?
 6. Как влияет напряжение питания на работу электродвигателя?

Глава 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗДАНИЯХ, СООРУЖЕНИЯХ И ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТАХ

2.1. Понятие о строительных нормах и правилах

В развитии народного хозяйства России огромную роль играет капитальное строительство, т. е. сооружение заводов, фабрик, электростанций, шахт, больниц, школ, дорог, жилых домов и других объектов. Все требования, правила и нормы, связанные с производством строительных работ, сведены в сборник «Строительные нормы и правила» (СНиП), выполнение которых обязательно для всех строительных, проектных и монтажных организаций, а также предприятий выпускающих строительные материалы.

СНиП – это сборник нормативных документов Госстроя России, который устанавливает порядок разработки новых и пересмотра действующих документов, представления этих документов на утверждение, введения их в действие и издания, правила регистрации и хранения информации, а также основные требования при проектировании и строительстве, правила производства и приемки работ, организации строительства и разработки сметных норм. Требования СНиП обязательны для всех ведомств.

Классификатор, разделяющий СНиП на шесть частей, каждая из которых состоит из групп, предназначен для определения состава и соответствующего обозначения (шифра) строительных норм и правил. Шифр включает в себя обозначение СНиП, номер части (одна цифра), номер группы (две цифры) и номер документа (две цифры), разделенные точками, и год утверждения документа, отделенный тире. Например, СНиП 2.03.05–82.

Номера документам присваиваются при регистрации сквозные в пределах каждой группы или в соответствии с разработанными для данной группы документами.

Разделение СНиП на части и группы

Часть I. Организация, управление, экономика.

1. Система нормативных документов в строительстве.
2. Организация, методология и экономика проектирования и инженерных изысканий.
3. Организация строительства. Управление строительством.

4. Нормы продолжительности проектирования и строительства.
5. Экономика строительства.
6. Положения об организациях и должностных лицах.

Часть II. Нормы проектирования.

1. Общие нормы проектирования.
2. Основания и фундаменты.
3. Строительные конструкции.
4. Инженерное оборудование зданий и сооружений. Внешние сети.
5. Сооружения транспорта.
6. Гидротехнические и энергетические сооружения, мелиоративные системы и сооружения.
7. Планировка и застройка населенных пунктов.
8. Жилые и общественные здания.
9. Промышленные предприятия, производственные здания и сооружения, вспомогательные здания. Инвентарные здания.
10. Сельскохозяйственные предприятия, здания и сооружения.
11. Склады.
12. Нормы отвода земель.

Часть III. Организация, производство и приемка работ.

1. Общие правила строительного производства.
2. Основания и фундаменты.
3. Строительные конструкции.
4. Защитные, изоляционные и отделочные покрытия.
5. Инженерное и технологическое оборудование и сети.
6. Сооружения транспорта.
7. Гидротехнические и энергетические сооружения, мелиоративные системы и сооружения.
8. Механизация строительного производства.
9. Производство строительных конструкций, изделий и материалов.

Часть IV. Сметные нормы.

1. Состав и обозначение сметных норм и правил, установленных Госстроем России.

Часть V. Нормы затрат материальных и трудовых ресурсов.

1. Нормы расхода материалов.
2. Нормы потребности в строительном инвентаре, инструменте и механизмах.
3. Нормирование и оплата проектно-изыскательских работ.
4. Нормирование и оплата труда в строительстве.

Часть VI. Эксплуатация и ремонт зданий, сооружений и конструкций.

1. Общие нормативные документы.
2. Здания, сооружения и конструкции.
3. Коммуникации.

Ведомственные нормативные документы

Кроме сборника СНиП в строительстве действуют ведомственные нормативные документы. Они устанавливают требования к проектированию, инженерным изысканиям, строительству, производству строительных конструкций, изделий и материалов, а также к эксплуатации зданий, сооружений и конструкций с учетом специфики отрасли народного хозяйства, относящейся к данному министерству (ведомству).

Ведомственные нормативные документы утверждают министерства и ведомства России в соответствии с предоставленными им правами и эти документы обязательны для всех организаций, учреждений и предприятий, входящих в министерство (ведомство), утвердившее эти документы. Для организаций, учреждений и предприятий других ведомств эти документы могут быть обязательными при условии их утверждения или введения в действие соответствующими министерствами (ведомствами). Ведомственные нормативные документы обязательны также для всех организаций, учреждений и предприятий, осуществляющих проектирование и строительство предприятий, зданий и сооружений для отрасли народного хозяйства, руководимой данным министерством (ведомством).

Ведомственные нормативные документы не должны противоречить основным нормативным документам или дублировать их. К ведомственным нормативным документам относятся ведомственные (отраслевые) строительные нормы (ВСН), ведомственные нормы технологического проектирования (ВНТП), а также отдельные сметные нормативы.

Ведомственные строительные нормы устанавливают требования к проектированию, инженерным изысканиям и строительству, а также к эксплуатации зданий, сооружений и конструкций с учетом специфических условий. Эти строительные нормы утверждают соответствующие министерства в рамках предоставленных им прав.

2.2. Классификация и основные части зданий и сооружений

Объекты, возводимые для удовлетворения материальных и культурных потребностей общества, называются *сооружениями*. По геометрическому признаку все они делятся: на объемные (здания всех видов и назначений), площадочные (спортплощадки, складские территории) и линейные (дороги, воздушные линии электропередачи, наружные трубопроводы).

Сооружения, расположенные выше планировочной отметки территории, называются наземными (эстакады, путепроводы, башни), ниже планировочной отметки – подземными (подвалы, кабельные линии) и глубинными (колодцы, скважины).

Значительную часть сооружений составляют здания, которые, как правило, характеризуются наличием помещений, необходимых для деятельности человека. По назначению здания подразделяются на жилые, общественные, производственные, сельскохозяйственные и складские. К общественным зданиям относятся детские учреждения, учебные, торговые, медицинские, культурные, спортивные заведения и др.

СНиП предусматривает также классификацию зданий и сооружений в зависимости от числа этажей: промышленные здания подразделяются на одноэтажные и многоэтажные, гражданские – на одноэтажные, малоэтажные (2 или 3 этажа), многоэтажные (до 10 этажей) и высотные (более 10 этажей).

По роду материала наружных стен различают каменные здания (из естественного или искусственного камня), деревянные и смешанные.

По виду несущего остова различают здания с несущими наружными и внутренними стенами, каркасные и комбинированные (например, коробчатое с несущими наружными стенами и внутренним каркасом).

По огнестойкости все здания и сооружения подразделяются на пять степеней, определяемых группой возгораемости используемых материалов и пределом огнестойкости основных строительных конструкций. В частности, несгораемые конструкции выполняются из кирпича и бетона, трудносгораемые – из трудносгораемых материалов, а также из сгораемых материалов, защищенных несгораемой облицовкой (например, деревянные оштукатуренные стены). Сгораемыми называются конструкции, изготовленные из сгораемых материалов и не защищенные от огня или высоких температур.

Любое здание или сооружение состоит из конструктивных элементов, выполняющих определенные функции. Основными из них являются фундамент, стены, опоры, перекрытия, крыша, перегородки, лестницы, окна, фонари и двери.

Фундамент – это подземная конструкция, воспринимающая нагрузку от здания и передающая их основанию, т. е. грунту. Плоскость, которой фундамент опирается на грунт, называется подошвой, а расстояние от подошвы до поверхности земли – глубиной заложения фундамента.

Стены отделяют помещения от внешнего пространства (наружные) или от соседних помещений (внутренние). Они могут быть *несущими*, воспринимающими кроме собственного веса нагрузку от перекрытий и крыши и передающими ее фундаменту; *самонесущими*, воспринимающими собственный вес и нагрузку от ветра и передающими эту нагрузку на фундамент; *ненесущими*, опирающимися на каркас и воспринимающими собственный вес в пре-

делах одного этажа. Огнестойкая и, как правило, глухая стена называется *брандмауэром*.

Опорами называются столбы или колонны, которые поддерживают перекрытия и крышу (а иногда и стены) и передают нагрузки от них на фундамент.

Перекрытиями называются конструкции, разделяющие здание по высоте. Они принимают и передают на стены или опоры приходящие на них нагрузки и, кроме того, обеспечивают пространственную жесткость здания. В зависимости от места установки перекрытия могут быть подвальными, междуэтажными и чердачными.

Крыша служит верхним ограждением здания или сооружения, защищающим его от внешних атмосферных воздействий. Водонепроницаемую оболочку крыши называют *кровлей*, а пространство между крышей и чердачным перекрытием – *чердаком*. В современном строительстве чердачное перекрытие часто объединяют с крышей, и тогда такая конструкция носит название бесчердачного покрытия, или совмещенной крыши.

Перегородки – это внутренние стены, разделяющие этаж на отдельные помещения. Так же, как и стены, они могут быть несущими и ненесущими в зависимости от характера воспринимаемой нагрузки.

Лестницы служат для сообщения между этажами и, как правило, располагаются в помещениях, огражденных стенами – лестничных клетках.

Окна предназначены для естественного освещения помещений и их проветривания. Если для освещения и проветривания помещения (картинной галереи или цеха с пыльным производством) окон недостаточно, в перекрытиях устраивают *фонари* – большие проемы с остекленными подвижными рамами.

Двери служат для сообщения между помещениями (внутренние) или между помещениями и наружным пространством (наружные). В промышленных, складских и других зданиях для доставки оборудования и материалов предназначены ворота.

В состав здания могут также входить и другие элементы – крыльцо, балкон и т.д.

При проектировании зданий и сооружений предусматривают искусственное освещение и различные санитарно-технические устройства для обеспечения отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, газоснабжения, горячего и холодного водоснабжения, канализации и др.).

Вопросы для самоконтроля

- I. 1. Дайте определения здания и сооружения.
2. Назовите основные части здания и сооружения.
- II. 1. Как подразделяются сооружения по геометрическому признаку?

2. Какие типы зданий вы знаете?
 3. Перечислите степени огнестойкости зданий и сооружений.
 4. Дайте определения основных частей зданий и сооружений.
- III. 1. Чем отличается здание от сооружения?
2. Что общего у здания и сооружения?
 3. Какими могут быть стены, в чем их отличие?

2.3. Структура управления и организация строительномонтажных работ

В электромонтажный трест входят управления по производству электромонтажных и наладочных работ, управление производственно-технологической комплектации и механизации, лаборатория, учебный пункт и некоторые другие подразделения. Электромонтажное управление включает в себя монтажные участки, непосредственно выполняющие работы на объектах строительства, участок подготовки производства, мастерские электромонтажных заготовок (МЭЗ), участок комплектации снабжения и транспорта.

Непосредственное руководство электромонтажными работами на строительных объектах осуществляют начальник участка, прорабы и мастера, причем у начальника участка, как правило, находятся в подчинении не менее двух прорабов, а у прораба — не менее двух мастеров.

Организационная структура строительномонтажных предприятий может отличаться от описанной, но в любом случае она должна представлять собой гибкую систему управления.

Весь комплекс работ по возведению зданий можно разделить на пять этапов: подготовительные работы; нулевой цикл — все работы по возведению подземных конструкций до нулевой отметки, т. е. до уровня пола первого этажа (рытье котлована и траншей, возведение фундамента и подвального этажа, прокладка трубопроводов, гидроизоляция и др.); возведение надземной части — строительномонтажные, санитарно-технические, электромонтажные работы и монтаж оборудования; отделочные работы; благоустройство территории (озеленение площадки, устройство дорог, тротуаров, наружного освещения и др.).

Выполнение всех этих работ может осуществляться различными методами. *Последовательный* метод заключается в том, что отдельные здания или части большого здания (так называемые захватки) возводят последовательно, т. е. строительство на последующей захватке начинают после полного завершения всех работ на предыдущей. При *параллельном* методе строительства здание или отдельные его части возводят одновременно. В этом случае значительно сокращаются сроки строительства, но требуется одновременно большое число рабочих, соответствующих машин и меха-

низмов. Суть наиболее эффективного и широко применяемого *поточного* метода состоит в том, что технологический процесс возведения объекта разделяется на отдельные виды работ, причем продолжительность каждого из них должна быть одинакова. После выполнения определенного вида работ на одной захватке рабочие переходят на следующую захватку, а на предыдущей начинается следующий вид работ. В этом случае сокращается общая продолжительность строительства и эффективнее используются рабочая сила, материальные ресурсы, машины и механизмы.

Строительство, как правило, ведется по *проекту организации строительства* (ПОС), включающему в себя: сводный календарный план с выделением в нем очередности возведения основных объектов; сетевые графики производства работ; данные об объемах основных строительных, монтажных и специальных работ, необходимом числе и составе рабочих; строительный генеральный план с указанием положения вспомогательных зданий и сооружений, дорог, складов, монтажных механизмов; пояснительную записку с обоснованием принятых методов производства работ и основными технико-экономическими показателями.

На основе созданного в проектом институте проекта организации работ строительная или монтажная организация составляет *проект производства электромонтажных работ* (ППЭР), который является основным документом и должен содержать решение всех основных технических, технологических и организационных вопросов подготовки и выполнения этих работ. Материалы ППЭР позволяют электромонтажникам, ознакомившись с проектной документацией, своевременно заказать материалы, приспособления и инструмент, а также осуществлять контроль за поставками оборудования, организацией и выполнением работ. ППЭР бывают типовые, индивидуальные, а по составу – полные и сокращенные. Типовые ППЭР составляют для объектов, строительство которых ведется по привязываемым типовым проектам или документам повторного применения. Сокращенные ППЭР разрабатывают для объектов при технически несложном и небольшом объеме работ. Полный ППЭР разрабатывают для крупных комплексов строительства, возводимых по индивидуальному проекту с применением новых технических решений. ППЭР должен быть минимальным по объему и конкретным по содержанию, в нем не должны повторяться материалы проектной документации.

Исходными материалами для составления ППЭР служат рабочие чертежи, сметная документация и проект организации строительства; данные о заказе и сроках поставки основного оборудования и материалов заказчиком и генеральным подрядчиком; сведения о наличии необходимых машин, механизмов и возможности их использования; действующие нормативные документы – ПУЭ,

СНиП, строительные нормы, технологические инструкции и документы, а также руководящие материалы по технике безопасности.

Как правило, ППЭР состоит из пяти частей.

Первая часть содержит пояснительную записку, в которой приводятся общие сведения по объекту и его характеристика; краткое описание и принципиальную схему электроснабжения объекта с учетом требований технологического процесса строящегося предприятия; таблицы технико-экономических и электротехнических показателей – физических объемов, сметной стоимости, выработки, трудоемкости. В уменьшенном масштабе здесь помещают генплан с указанием объектов титульного списка и выделением электротехнических помещений и трасс канализации электроэнергии, а также приводят перечень изменений, внесенных в рабочие чертежи при разработке ППЭР. В таблице физических объемов содержатся сведения о трансформаторах, электродвигателях, комплектных устройствах, электрических щитах, шкафах и пультах, а также сведения о требуемом числе подъемно-транспортных устройств и их грузоподъемности. Здесь же перечисляются материалы и кабельно-проводниковая продукция, необходимые для монтажа сетей; для кабелей и проводов указываются типы, номинальные напряжения и их назначение. Отдельно перечисляются требуемые магистральные, распределительные и другие виды шинопроводов, шины и цветные металлы, трубы стальные и пластмассовые. Приводятся данные о выпрямляющих устройствах, преобразовательных агрегатах и другом специализированном оборудовании. По электромонтажным объектам основные технико-экономические показатели рассчитываются отдельно для мастерских электромонтажных заготовок и монтажной зоны; приводится протокол разделения работ со смежными монтажными организациями. Материалы первой части определяют планировку, контроль и оперативное управление строительством.

Вторая часть охватывает вопросы организации и технологии выполнения электромонтажных работ на строительной площадке и содержит исходные данные для составления графика производства этих работ; рекомендации по технологии монтажа; схему грузопотоков; ведомость необходимых механизмов, приспособлений, специальных инструментов и приборов; специальные указания по технике безопасности и промсанитарии, а также сведения о приемо-сдаточной документации. Объект при этом разбивают на отдельные монтажные зоны (например, общее освещение, электроснабжение напряжением выше 1 кВ, магистральные шинопроводы напряжением до 1 кВ и др.).

Третья часть состоит из лимитно-комплектовочных ведомостей на оборудование и материалы, электроконструкции, монтаж-

ные изделия, укрупненные узлы и блоки. При этом сводные спецификации проекта на электрооборудование уточняются по рабочим чертежам проекта и разбиваются по поставщикам (заказчик, генподрядчик, субподрядчик), если это не выполнено в проектной документации.

Четвертая часть содержит задания мастерским электромонтажных заготовок. В ней приводится ведомость необходимых изделий с указанием их числа, стоимости и сроков изготовления, а также калькуляции трудовых затрат на отдельные изделия и работы, составляемые по чертежам и эскизам.

Пятая часть состоит из калькуляций затрат труда и заработной платы для монтажной зоны.

При наличии утвержденного ППЭР приступают к подготовке электромонтажных работ, которые начинают, как правило, с приема здания или сооружения под монтаж представителем электромонтажной организации или будущим руководителем производства работ при участии представителя организации, выполнившей строительные работы на данном объекте.

При приеме под монтаж проверяют:

состояние и соответствие проекту имеющихся в помещениях и на лестничных клетках каналов, борозд, ниш и отверстий, предназначенных для канализации электроэнергии;

наличие законченных оштукатуренных поверхностей в помещениях, где проектом предусмотрена открытая прокладка проводов или кабелей;

возможность безопасного ведения электромонтажных работ одновременно со строительными, сантехническими и другими работами или отдельно от них;

наличие условий, обеспечивающих сохранность смонтированного электрооборудования и его защиту от атмосферных воздействий и возможных повреждений при строительных или отделочных работах.

Прием зданий или сооружений под монтаж оформляют соответствующим актом.

При готовности зданий и сооружений под монтаж представители строительной и электромонтажной организаций составляют совмещенный график работ таким образом, чтобы выполнение электромонтажных работ по срокам почти совпадало со строительными и лишь в отдельных случаях несколько отставало от последних. Совмещенные графики утверждаются руководителями (главными инженерами) строительной и монтажной организаций.

Обеспечение качества и современных темпов строительства возможно без индустриализации, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов.

Одним из главных направлений современной организации электромонтажного производства является его индустриализация – это такой способ ведения работ, при котором основные из них, наиболее массовые и трудоемкие, выполняются вне зоны монтажа на специализированных заводах и базах. Применение индустриальных методов монтажа (ИММ) позволяет в значительной мере устранить зависимость электромонтажных работ от выполнения общестроительных и специальных работ. ИММ позволяют в процессе выполнения строительных работ прокладывать трубы в фундаментах, устраивать сквозные проходы и различные каналы для электрических коммуникаций, устанавливать закладные части и т.д. Одновременно с этим на заводах производится монтаж соответствующего электрооборудования, комплектуются укрупненные блоки шинных конструкций и электропроводок, собираются силовые шкафы, распределительные устройства и др.

Совмещение во времени строительных и электромонтажных работ позволяет:

- сократить продолжительность электромонтажных работ;
- рационально, с высокой степенью загрузки использовать монтажные механизмы, инструменты и приспособления;
- выполнять трудоемкие монтажные работы в более приспособленных для этого условиях на объекте монтажа;
- полнее использовать имеющиеся материальные ресурсы электромонтажной организации и ее вспомогательных подразделений;
- добиться существенного снижения стоимости электромонтажных работ.

Основным способом индустриализации электромонтажного производства является изготовление на заводах крупноблочных комплектных устройств, использование которых позволяет достичь большого экономического эффекта. Так, например, монтаж на специализированном заводе комплектного распределительного устройства (КРУ) или комплектной трансформаторной подстанции (КТП) для электроснабжения цеха промышленного предприятия позволяет отказаться от строительства для них специальных помещений, а также от ревизии, наладки и испытаний электрооборудования этих устройств.

К месту монтажа доставляются специальным транспортом:

комплектное устройство, которое при помощи соответствующего грузоподъемного механизма устанавливается в подготовленном месте или на готовом фундаменте;

крупные щиты и пульты управления со снятыми приборами, которые монтируют после установки и крепления щита на месте, чем предотвращается их повреждение;

шкафы КРУ наружной установки со снятыми или защищенными проходными изоляторами воздушного ввода электропитания.

Сборные шины и шины вторичной коммутации обычно демонтируются на заводе и поступают на монтажный объект упакованными в отдельную тару. Все детали, входящие в КРУ, маркируются на заводе согласно комплектационной ведомости. Контактные поверхности сборных шин покрываются на заводе специальным защитным сплавом, предохраняющим их от окисления, поэтому необходимость обработки этих поверхностей на объекте монтажа отпадает.

Весь монтаж таких комплектных устройств сводится обычно к распаковке и установке снятых деталей, а также присоединению к устройству питающих и отходящих линий.

Индустриальными методами ведутся работы и по монтажу цеховых электрических сетей, в частности шинных магистралей. Готовые замаркированные секции шин соответствующих конструкций и сечений доставляются в цех, где их крепят на опорных конструкциях и соединяют между собой либо присоединяют к ним секции шин отходящих линий.

Индустриальным методом электромонтажного производства является также комплектование крупноблочных конструкций, сборочных единиц, электропроводок и изделий в мастерских электромонтажных заготовок (МЭЗ). Высокая степень готовности продукции МЭЗ позволяет монтировать ее без дополнительных затрат труда на сборку, окраску, маркировку и т. д.

Комплексная механизация — это механизированное выполнение ряда смежных строительных работ. Для обеспечения непрерывности технологического процесса используются машины и механизмы с одинаковой производительностью.

Автоматизация строительных работ предполагает широкое использование автоматизированных технологических линий для изготовления сборных элементов зданий. Самой современной формой автоматизации является автоматизированная система управления (АСУ) с применением электронно-вычислительных машин для решения сложных организационно-технических задач и диспетчеризации.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Перечислите методы выполнения строительно-монтажных работ и дайте их определения.
 2. Что такое ППЭР и каковы основные его части?
 3. На основе чего разрабатывается ППЭР?
 4. Как классифицируются ППЭР?
- II.
 1. Назовите этапы комплекса работ по возведению здания.
 2. Что включает в себя ПОС?
 3. В чем заключается проверка здания при приеме его под монтаж?

4. Назовите главное направление современной организации электро-монтажного производства.

5. Назовите основной способ индустриализации электро-монтажного производства.

III. 1. Охарактеризуйте все части ППЭР.

2. Назовите преимущества совмещения во времени ведения строительных и электро-монтажных работ.

3. Охарактеризуйте основные этапы электро-монтажных работ.

4. Какие электро-монтажные работы проводились при строительстве здания, в котором вы находитесь?

Глава 3. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ

3.1. Электромонтажные материалы и изделия

Материалы и изделия, применяемые для монтажа электроустановок, можно разделить на четыре основные группы:

- электрические кабели, провода и шнуры;
- электроизоляционные материалы и изделия;
- металл и трубы;
- монтажные и электроустановочные изделия и детали.

Электрические кабели, провода, шнуры, электроизоляционные материалы и изделия

Кабели и провода служат для канализации (передачи и распределения) электрической энергии, а также для соединения различных элементов электроустановок. Кабели разделяются на силовые и контрольные. Последние предназначены для создания цепей контроля, сигнализации, дистанционного управления и автоматики. Кроме того, выпускаются кабели специального назначения, например для горных разработок, судовые, для подвижного состава и др.

Кабель состоит из одной или более изолированных токопроводящих жил, заключенных в герметичную (металлическую или неметаллическую) оболочку, поверх которой в зависимости от условий прокладки и эксплуатации могут быть броня и защитные покрытия.

Основными элементами кабелей являются токопроводящие жилы, изоляция, оболочка, броня и наружные покрытия. В зависимости от назначения и условий эксплуатации кабелей отдельные элементы в их конструкции могут отсутствовать. Токопроводящие жилы изготавливаются из алюминия и меди.

Проводниковая медь представляет собой очищенный от различных примесей металл красновато-оранжевого цвета с температурой плавления $1083\text{ }^{\circ}\text{C}$ и температурным коэффициентом линейного расширения, равным $17 \cdot 10^6\text{ }1/^{\circ}\text{C}$. Медь обладает хорошими механическими свойствами и пластичностью, что позволяет получать из нее проволоку диаметром $0,03 \dots 0,01\text{ мм}$, а также тонкие ленты. Проводниковая медь очень устойчива к атмосферной коррозии, чему способствует тонкий слой оксида, которым она покрывается на воздухе и который препятствует дальнейшему проникновению в нее кислорода.

Отечественная промышленность выпускает проводниковую медь шести марок с различной степенью чистоты. Примесями в меди являются висмут, сурьма, железо, свинец, олово, цинк, никель, фосфор, сера и кислород. Для изготовления проводниковых изделий (обмоточных и монтажных проводов и кабелей) применяют сорта проводниковой меди с содержанием примесей 0,05...0,1 %.

Проволока из меди маленького диаметра обладает большим разрушающим напряжением при растяжении и большим удельным электрическим сопротивлением. Для проводов очень малого диаметра (0,01 мм), предназначенных для работы при повышенных температурах (выше 300 °С) применяют проволоку, изготовленную из бескислородной меди, отличающейся наибольшей чистотой. Температурный коэффициент удельного сопротивления $TK=0,0043 \text{ 1/}^\circ\text{C}$ для всех марок меди.

Алюминий является вторым после меди проводниковым материалом благодаря его сравнительно большой проводимости и стойкости к атмосферной коррозии. На воздухе алюминий очень быстро покрывается тонкой пленкой оксида, которая надежно защищает его от проникновения кислорода. В то же время эта пленка обладает значительным электрическим сопротивлением, поэтому в плохо зачищенных местах соединений алюминиевых проводов могут быть большие переходные сопротивления.

При попадании влаги в места соединения алюминиевых проводов с проводами из других металлов могут образоваться гальванические пары. При этом алюминиевый провод будет разрушаться возникающими местными гальваническими токами. Чтобы избежать образования гальванических пар, места соединений необходимо тщательно защищать от влаги (например, лакированием). Алюминиевые провода и токоведущие детали можно соединять друг с другом горячей или холодной сваркой, а также пайкой, но с применением специальных припоев и флюсов.

Для *электрической изоляции жил* кабеля применяют пропитанную кабельную бумагу, резину, пластмассу (поливинилхлорид, полиэтилен и др.).

Кабельная бумага является основным изоляционным материалом, применяемым в кабелях высокого напряжения. После намотки на кабель ее пропитывают электроизоляционным маслом. При намотке на кабельную жилу ленты из бумаги подвергают механическому натяжению. Поэтому кабельная бумага должна обладать достаточно высокой механической прочностью при растяжении и перегибах.

Кабельную бумагу вырабатывают из сульфатной целлюлозы преимущественно жирного помола в целях обеспечения высокой механической прочности, а также большой плотности и малой пористости. Жидкое вещество (масло или маслоканифольный состав)

разбивается бумагой при пропитке на тонкие пленки и каналы, повышая ее электрическую прочность. Кабельная бумага выпускается для изоляции жил силовых кабелей, рассчитанных на напряжения 35, 110 и 220 кВ.

Характерным свойством всех *резин* является их большая эластичность, т. е. способность сильно удлиниться при растяжении без остаточного удлинения после снятия растягивающей нагрузки. Следует также отметить высокую водостойкость и газонепроницаемость резин и их хорошие электроизоляционные характеристики. Основным компонентом всех резин является натуральный или синтетический каучук.

Сырая резина обладает пластичностью, легко накладывается и обволакивает голую жилу провода, образуя его основную изоляцию. Для повышения эластичности сырой резины, увеличения механической прочности и уровня электрических характеристик ее подвергают вулканизации, т. е. тепловой обработке при температуре 140 ... 200 °С. Для этого провода, покрытые слоем сырой резины, наматывают на металлические барабаны и загружают в вулканизационные котлы. В паровую рубашку котла и его внутреннее пространство впускают насыщенный водяной пар под давлением или нагретый воздух. Процесс вулканизации длится 30 ... 70 мин и более. В результате получают резину с хорошими механическими и изоляционными свойствами.

Полиэтилен – твердый непрозрачный материал белого или светло-серого цвета, несколько жирный на ощупь. Это термопластичный материал, поступающий на заводы в виде гранул. Изделия из полиэтилена получают методами литья под давлением, горячего прессования и экструзии (при нанесении полиэтиленовой изоляции на провод, а также при изготовлении изоляционных шлангов и трубок). Для улучшения термомеханических свойств полиэтилена на него воздействуют ионизирующим облучением, например потоком электронов, получаемых из ускорителя. Изоляция проводов и кабелей из облученного полиэтилена отличается повышенными нагревостойкостью (до 100 °С) и механической прочностью.

Поливинилхлорид представляет собой порошок белого цвета, из которого получают горячим прессованием или горячим выдавливанием механически прочные изделия (платы, трубы и др.), стойкие к воздействию минеральных масел, многих растворителей, щелочей и кислот. Горячим прессованием порошкообразного поливинилхлорида получают твердый, жесткий материал – винипласт в виде листов, пластин, труб и стержней, обладающих высокой механической прочностью и имеющих хорошие электроизоляционные свойства.

Бумажная пропитанная изоляция кабелей постепенно вытесняется пластмассовой изоляцией, которая также обладает высоки-

ми диэлектрическими свойствами, но ее влагостойкость и влаго-непроницаемость, химическая стойкость и механическая прочность позволяют обходиться без металлических герметичных оболочек, благодаря чему уменьшаются масса кабеля и его наружные размеры, а также упрощаются технологии изготовления и монтажа. Отсутствие жидкого пропитывающего состава позволяет прокладывать кабели с пластмассовой изоляцией на вертикальных и крутонаклонных трассах.

Оболочки кабелей могут быть свинцовыми, алюминиевыми, резиновыми, пластмассовыми. Они защищают изоляцию токопроводящих жил от воздействия света, влаги, химических веществ и других факторов окружающей среды, а также от механических повреждений.

Защитные покровы кабелей обеспечивают их надежность и долговечность при эксплуатации в различных условиях прокладки. В зависимости от этих условий кабели могут быть небронированными или бронированными стальными лентами, а также прямоугольными либо круглыми оцинкованными проволоками с наружными защитными покровами из волокнистых материалов, пластмасс и др.

Нормальный наружный покров поверх брони кабеля состоит из бумаги, слоя битумного состава или битума, пропитанной кабельной пряжи, второго битумного слоя и мелового покрытия, предохраняющего витки кабеля от слипания.

Силовой четырехжильный кабель с бумажной изоляцией показан на рис. 3.1.

В марках кабелей применяются следующие обозначения: оболочка – С (свинцовая), А (алюминиевая), Н (негорючая резина), В (поливинилхлоридная); защитное покрытие – Б (броня из лент), П (броня из плоских проволок); отсутствие наружного покрова –

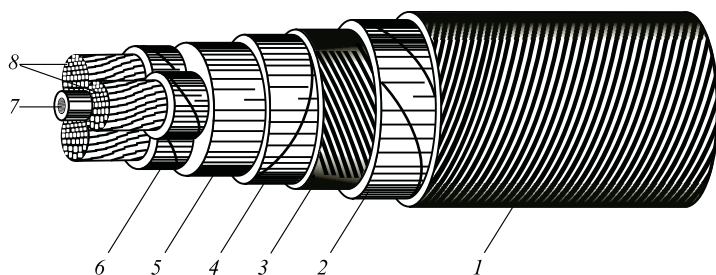


Рис. 3.1. Четырехжильный кабель:

1, 4 – покровная и внутренняя оболочки; 2 – броня; 3 – подушка;
5 – поясная бумажная изоляция; 6 – жильная изоляция; 7 – нулевая жила; 8 – токопроводящая жила

Г (голый), а также в них могут быть буквы, указывающие на наличие других элементов конструкций. Например, если марка начинается с буквы О, это указывает на наличие в кабеле отдельно оцинкованных жил. Кабели с медными (алюминиевыми) жилами:

ВВГ (АВВГ) – с поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой;

ПВГ (АПВГ) – с полиэтиленовой изоляцией и поливинилхлоридной оболочкой;

ВВБ (АВВБ) – с поливинилхлоридными изоляцией и оболочкой, бронированный стальными лентами с наружным покровом;

ПВБ (АПВБ) – с полиэтиленовой изоляцией и поливинилхлоридной оболочкой, бронированный стальными лентами с наружным покровом.

Широко применяются для магистральных сетей силовые кабели марки ААШв (АШв) с алюминиевыми (медными) жилами, бумажной пропитанной изоляцией, в алюминиевой гладкой оболочке, в поливинилхлоридном шланге, которые рассчитаны на напряжение 1... 10 кВ и прокладываются в помещениях, каналах, туннелях и земле (траншеях). Поверх алюминиевой оболочки этих кабелей под поливинилхлоридным шлангом имеются концентрические слои битумного состава и ленты поливинилхлоридного пластика.

Поливинилхлоридный пластикат – это гибкий рулонный материал, получаемый из порошка поливинилхлорида, смешанного с пластификаторами – густыми маслообразными жидкостями. Этот материал широко применяется в качестве основной изоляции монтажных проводов, а также для изготовления защитных оболочек – шлангов кабелей. Поливинилхлоридный пластикат обычно бывает окрашен в черный, синий, желтый, красный и другие цвета. Из него изготавливают гибкие изоляционные трубки и липкую изоляционную ленту. Характерным свойством поливинилхлоридных материалов является то, что, будучи вынесены из пламени, они прекращают свое горение.

Провод представляет собой одну неизолированную жилу или одну и более изолированных жил, поверх которых в зависимости от условий прокладки и эксплуатации могут иметься неметаллическая оболочка и металлические или неметаллические защитные покрытия.

Провода разделяются на изолированные и неизолированные, защищенные и незащищенные. Неизолированные (голые) провода, применяемые в основном для прокладки воздушных линий, могут быть алюминиевыми, сталеалюминиевыми, медными, бронзовыми и стальными. Изолированные провода могут иметь только алюминиевые и медные токопроводящие жилы. В качестве электрической изоляции жил проводов применяют резину и пластмассу.

Для защиты от механических воздействий, света и влаги провода покрывают оболочкой из резины, пластмассы или металлических лент с фальцованным швом. Провода, имеющие внешнюю защитную оболочку, называют защищенными, провода, не имеющие защитной оболочки, — незащищенными. Провода имеют также легкий защитный покров в виде ленты из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом.

Шнур состоит из двух или более изолированных гибких или особо гибких жил, скрученных или уложенных параллельно, поверх которых в зависимости от условий эксплуатации могут иметься неметаллическая оболочка и защитные покровы. Шнуры отличаются от проводов гибкостью многопроволочных жил.

В маркировке проводов и шнуров первая буква А указывает материал токопроводящей жилы — алюминий (отсутствие буквы А означает, что токопроводящая жила из меди). Вторая буква П обозначает провод, а третья — материал изоляции (Р — резина, В — поливинилхлорид, П — полиэтилен). В марках проводов и шнуров могут быть и другие буквы, например: О — оплетка, Т — прокладка в трубах, П — плоский элемент с разделительным основанием, Ф — металлическая фальцованная оболочка, Г — гибкость и др.

Провода и кабели различают по числу и сечениям жил, а также номинальному напряжению. Число жил может быть от одной до четырех (контрольные кабели имеют от четырех до тридцати семи жил); а сечения от 0,75 до 600 мм². Стандартными являются следующие сечения жил: 0,5; 0,75; 1; 1,5, 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500; 625 и 800 мм².

Провода изготавливают на напряжения 380, 660 и 3000 В переменного тока, кабели — на все стандартные напряжения до 110 кВ.

Для монтажа электропроводок кроме проводов применяются также кабели с небольшими сечениями резиновой или пластмассовой изоляцией и защитной оболочкой (марок АНРГ, АВРГ, АСРГ и др.)

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Для чего служит кабель?
 2. Какие марки кабелей вы знаете?
 3. Что представляют собой провод и шнур?
- II.
 1. Какие бывают кабели?
 2. Что применяют в качестве изоляции кабеля?
 3. Какие бывают оболочки у кабеля?
 4. Чем отличается провод от кабеля?
 5. Какие вам известны провода?
 6. В чем отличие шнура от провода?
- III.
 1. Из чего состоит кабель?
 2. В чем преимущества бумажной изоляции перед пластмассовой?
 3. Как расшифровывается маркировка кабеля?

4. Где применяется кабель марки АНРГ и как расшифровывается его маркировка?

5. Расшифруйте маркировку провода ППР, назовите область его применения.

Металл и трубы

Прокат черных металлов в виде угловой, полосовой, листовой и круглой стали рационально применяется в мастерских электромонтажных организаций для изготовления различных монтажных изделий, деталей и конструкций, которые не выпускаются заводами, а также для заземления элементов электроустановок. Для производства электромонтажных работ чаще всего используют угловую равнобокую сталь малых и средних размеров (сечений) от $20 \times 20 \times 30$ до $70 \times 70 \times 6$ мм, полосовую сталь толщиной от 4 до 8 мм и шириной от 20 до 80 мм, листовую сталь толщиной от 0,8 до 4 мм и длиной листа до 2000 мм и стальную проволоку диаметром от 2,5 до 8 мм. Реже применяют швеллерную и круглую стали.

Стальные водогазопроводные *обыкновенные трубы* применяются для электропроводки только в тех случаях, когда по условиям окружающей среды недопустим другой вид проводки, например на химических предприятиях с взрывоопасной или химически активной средой, ряде металлургических производств и др. В сухих, влажных, жарких и пыльных помещениях преимущественно используются стальные тонкостенные электросварные и неметаллические трубы.

Гибкие металлорукава служат для защиты проводов на вводах в электрооборудование и в местах пересечений трубных проводок с другими коммуникациями. Рукава выпускают трех типов: из стальной оцинкованной ленты с хлопчатобумажным уплотнением марки РЗ-Ц-Х, из стальной оцинкованной ленты с асбестовым уплотнением марки РЗ-Ц-А и из алюминиевой ленты с хлопчатобумажным уплотнением и медной луженой оплеткой марки РЗ-АД-Х-Л. Первые могут быть с диаметром 15, 18, 20, 22, 25, 29, 32, 38, 50 мм и массой 1 м от 0,26 до 1,3 кг; вторые – с диаметром 12, 15, 18, 22 мм и массой 1 м от 0,14 до 0,45 кг; третьи – с диаметром 25, 27, 29, 34, 38, 42 мм и массой 1 м от 0,47 до 0,91 кг.

Для электропроводки вместо стальных труб часто используют полимерные трубы – винилпластовые, полиэтиленовые, полипропиленовые.

Винилпластовые трубы изготавливают четырех видов: легкие (Л), среднелегкие (Сл), средние (С) и тяжелые (Т). В качестве защитных оболочек используются трубы шести диаметров от 16 до 63 мм, с толщиной стенок от 1,8 до 2,2 мм и длиной 5... 8 м. Наряду с трубами отечественного производства применяются трубы румын-

ского производства с наружными диаметрами от 16 до 63 мм: легкие с толщиной стенок 1; 1,1; 1,3; 1,6 и 1,8 мм; средние с толщиной стенок 1,1... 3 мм; тяжелые с толщиной стенок 1,2... 4,7 мм.

В зависимости от толщины стенок *полиэтиленовые трубы* подразделяют на легкие (толщина стенок от 2 до 3 мм), среднелегкие (от 2 до 4,7 мм), средние (от 2 до 6,7 мм) и тяжелые (от 2 до 10,5 мм), они могут быть также низкой и высокой плотности (последние с меньшей толщиной стенок). Их изготавливают с наружным диаметром от 16 до 63 мм и поставляют в бухтах до 25 м.

Полипропиленовые трубы различают двух видов – легкие (с толщиной стенок 2; 2,4 и 2,8 мм) и средние (2; 2,3; 2,8 и 3,6 мм) с наружным диаметром от 16 до 63 мм.

Метизы – это винты, шайбы, шурупы, болты, гайки. Чаще всего используются винты длиной от 10 до 50 мм при диаметре резьбы от 3 до 10 мм. Винты могут быть с полукруглой и потайной головками. Шайбы выпускаются под болты всех стандартных диаметров. Кроме нормальных применяют также пружинные шайбы для усиления контактных соединений. Шурупы с полукруглой головкой выпускаются диаметром 3 мм и длиной от 12 до 30 мм; диаметром 4 мм и длиной от 22 до 60 мм; диаметром 5 мм и длиной от 25 до 70 мм.

В качестве шин при производстве электромонтажных работ применяются в основном прямоугольные алюминиевые полосы, а в специальных случаях, обоснованных в проекте, – медные. При переменном токе до 200 А и постоянном токе используется плоская, круглая или трубчатая сталь. Монтаж ошиновки аккумуляторных помещений выполняется круглыми медными шинами.

Алюминиевые прямоугольные шины применяют для токопроводов, распределительных устройств, сборок и других электротехнических устройств. Выпускают их шириной от 10 до 120 мм и толщиной от 3 до 12 мм. Медные шины выпускают шириной от 16 до 120 мм и толщиной от 4 до 30 мм.

Припой – сплав из цветных металлов, служащий для пайки металлических изделий. Применяемые при производстве электромонтажных работ припои делятся на две группы: оловянно-свинцовые марки ПОС с температурой плавления до 400 °С и безоловянистые марок А, Б и ЦА-15. Различают также мягкие и твердые припои. Мягкий припой – это сплав свинца с оловом с температурой плавления 230... 250 °С. К мягким припоям относятся также серебряные припои с содержанием серебра до 3 % (ГОСТ 8190–85). К твердым припоям относятся серебряные припои с содержанием серебра 10... 70 % марок ПСр-25, ПСр-45, ПСр-70, ПСр-71. В качестве примесей в них добавляют медь, цинк, олово. Температура плавления этих припоев 700... 800 °С.

В последнее время вместо твердых серебряных используются медно-фосфористые припой. Для пайки алюминия применяют специальные припой марок АВИА-1, ВПТ-4 и др.

При пайке применяются *флюсы* – материалы, предназначенные для очистки спаиваемых поверхностей. Для мягких оловянистых припоев в качестве флюса используется канифоль или паста со следующим составом: канифоль – 2,5 %, сало – 5 %, хлористый цинк – 20 %, хлористый аммоний – 2 %, вазелин технический – 65,5 %, вода дистиллированная – 5 %. Для медно-фосфористых и серебряных припоев в качестве флюса применяют буру в виде порошка или в смеси с поваренной солью.

Поскольку алюминий и его сплавы, соприкасаясь с воздухом, быстро окисляются, пайка их обычными способами не дает удовлетворительных результатов. Поэтому рекомендуется следующий способ. На алюминий в месте пайки наносится жидкое минеральное масло, и его поверхность под слоем масла зачищают скребком или лезвием, удаляя пленку окиси. Припой наносится хорошо нагретым паяльником. Для пайки тонкого алюминия достаточно паяльника мощностью 50 Вт, а для пайки алюминия толщиной 1 мм и более желательно использовать паяльник мощностью 90 Вт. Масло лучше применять оружейное, но хорошее и удовлетворительное качество пайки достигается и при использовании минерального масла для швейных машин, вазелинового масла и масла «Универсал». Припой должен содержать не менее 50 % олова (например, легкоплавкий припой ПОС-61). При пайке алюминия толщиной более 2 мм место пайки перед нанесением масла желательно прогреть паяльником.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Где применяется прокат черных металлов?
 2. Какие виды труб вы знаете?
 3. Что такое метизы?
 4. Что представляют собой шины?
 5. Дайте определение припоя.
- II.
 1. Какие трубы применяются для различных проводок?
 2. Для чего служат гибкие металлорукава?
 3. Как подразделяются трубы в зависимости от толщины стенок?
 4. Какие вы знаете припой?
- III.
 1. Назовите область применения алюминиевых шин.
 2. Как производится пайка алюминия?

Монтажные и электроустановочные изделия и детали

Монтажные изделия и детали используются во всех электрических установках и при всех видах электромонтажных работ и опе-

раций. Они применяются при подготовке трасс для прокладки проводов, кабелей, шин и при их прокладке, закреплении, соединении и присоединении к машинам, приборам и аппаратам, используются для защиты их от воздействий окружающей среды и механических повреждений, а также для установки приборов, аппаратов, светильников и др.

Изделия и детали для прокладки проводов и кабелей. Лоток представляет собой сварную металлическую решетчатую конструкцию, состоящую из двух параллельных профилей или пластин (полос). Для прокладки проводов и кабелей применяют сварные и перфорированные лотки, которые комплектуются различными деталями: уголочками, уголками для разделения прокладываемых проводов и кабелей различных цепей, подвесками и пряжками для крепления кабелей на сварных лотках, прижимами для крепления лотков к кабельным полкам.

Короба представляют собой профили прямоугольной формы из листовой стали со съёмными крышками. Изготавливают короба следующих размеров: 60×30 , 220×117 мм и др. Сечение типового короба эквивалентно сечению стальной трубы с диаметром 2". Короба комплектуют из прямых секций, крестовин, тройников, угольников для поворота трассы в горизонтальной плоскости, по вертикали вверх и вниз, торцовых крышек и соединительных скоб,

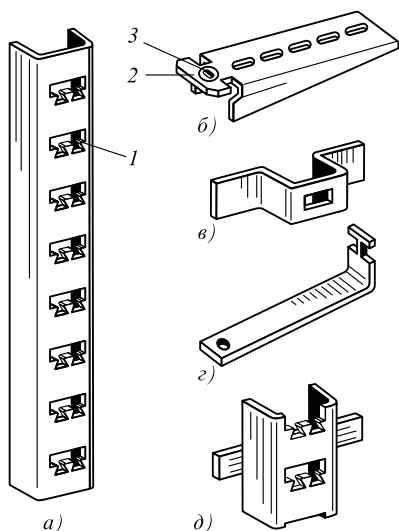


Рис. 3.2. Кабельные конструкции: а – стойка; б – полка; в – скоба; г – подвеска; д – основание; 1 – язычок; 2 – хвостовик; 3 – овальное отверстие в хвостовике

а также вспомогательных деталей для крепления к строительным конструкциям – скоб и подвесов. Длина прямой секции короба 3 м. Стальные короба КЛ-1 и КЛ-2 служат для прокладки в них питающих проводов и подвески к ним люминесцентных светильников в один и два ряда.

Кабельные конструкции предназначенные для прокладки кабелей в производственных помещениях, каналах, тоннелях, каналах и других кабельных сооружениях, собираются из стандартных элементов – стоек и полок (рис. 3.2). Стойки, укомплектованные полками, закрепляются в строительных основаниях, на полках прокладывают кабели горизонтальными рядами. При сборке кабельных конструкций хвостовик 2 полки вставляется в отвер-

стие стойки так, чтобы язычок 1, имеющийся на стойке, вошел в овальное отверстие 3 хвостовика полки. Затем специальным ключом 2 (рис. 3.3) язычок поворачивается на 90°, в результате чего образуется неразъемное соединение полки со стойкой, а также необходимый электрический контакт. Стойки могут быть высотой 400, 600, 800, 1200 и 1800 мм с числом овальных отверстий для установки полок соответственно 8, 12, 16, 24 и 36. Длина полок 160, 250, 350 и 450 мм. Кабели укладывают непосредственно на полках либо в лотках, устанавливаемых на них (рис. 3.4). Новые серии кабельных конструкций (К1100ц... К1167ц) изготавливаются из оцинкованной стали.

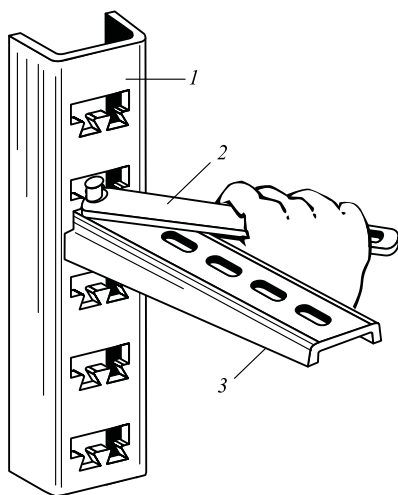
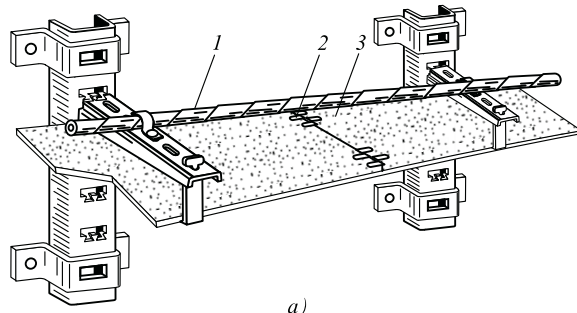


Рис. 3.3. Крепление полки к стойке:
1 – стойка; 2 – ключ; 3 – полка

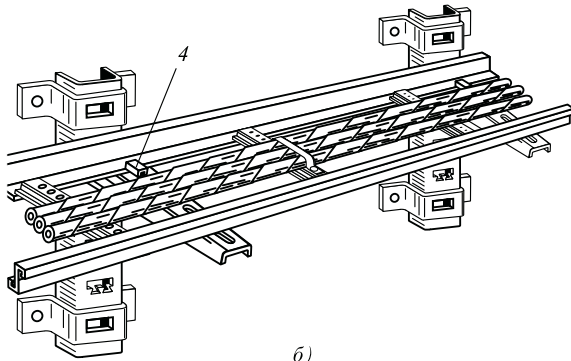
Разновидностью сборных кабельных конструкций являются стойки с закладными подвесками для прокладки кабелей рядами в вертикальной плоскости. Дополнительно к этим основным изделиям для прокладки кабелей выпускаются некоторые комплектующие детали: скобы для крепления кабельных стоек пристрелкой; лотки для укладки соединительных муфт на сборных кабельных конструкциях; основания для установки одной полки и для укладки и соединения асбоцементных разделительных перегородок; подвески и соединители.

Соединения и ответвления проводов выполняются в стальных и пластмассовых коробках разных размеров для различных видов электропроводок. Коробки для тросовой электропроводки и для проводки в трубах рассматриваются далее.

Монтажные профили и полосы из перфорированной стали. Выпускаемые заводами изделия из перфорированной стали – полосы, пинты, швеллеры, рейки и другие монтажные профили с перфорацией обеспечивают изготовление различных опорных и крепежных конструкций с минимальными трудовыми затратами в мастерских и при монтаже. Из них получают рамы и каркасы для сборки блоков щитков и пусковых устройств, их используют для подвески собранных в блоки светильников и крепления труб, проводов и кабелей. Применение монтажного профиля с закладной гайкой позволяет крепить трубы, кабели, аппараты без подготовки но-



а)



б)

Рис. 3.4. Прокладка кабелей на полках (а) и в лотках (б):

1 – кабель; 2 – соединитель перегородок; 3 – перегородка из асбоцементной плиты; 4 – прижим

вых отверстий при изменении мест крепления. Из перфорированной полосы легко изготовить планки, скобы, траверсы. Полосы с пряжками облегчают закрепление труб или кабелей привязкой. Эти пряжки имеют вырезы для закрепления в перфорации полосы и прямоугольные отверстия для подосок, крепящих кабели или трубы.

Наконечники и гильзы. Для оконцовки и соединения жил проводов и кабелей выпускаются:

- медные наконечники серий Т и П;

- медноалюминиевые наконечники серии ТАМ и штифтовые серии ШП;

- алюминиевые наконечники серии ТА и медные гильзы серии ГМ;

- алюминиевые гильзы серии ГА и гильзы для однопроволочных жил серии ГАО;

- ответвительные сжимы в пластмассовом корпусе.

Наконечники и гильзы используются для жил проводов и кабелей с сечениями до 240 мм² включительно. Соединения и ответ-

вления однопроволочных алюминиевых проводов с сечениями $2,5 \dots 10 \text{ мм}^2$ выполняются в гильзах серии ГАО с односторонним и двусторонним заполнением их жилами. При этом максимальное суммарное сечение всех жил — $32,5 \text{ мм}^2$. Выпускают также алюминиевые наконечники, формируемые из прутка, с продольными ребрами на внутренней трубчатой части.

Новым способом в настоящее время является объемная штамповка оконцевателя из секторной монолитной жилы. На специальном пороховом прессе за один выстрел штампуются оконцеватель с отверстием, получающий необходимую контактную поверхность в форме наконечника.

В перечень монтажных изделий заводов входят изделия для монтажа ошинок и вторичных устройств, разные крепежные детали, элементы для подвески светильников, конструкции для оснастки деревянных опор ЛЭП и многие другие. Типы и индексы этих изделий, их технические характеристики и области применения приводятся в номенклатурных справочниках соответствующих заводов-изготовителей.

Изделиями для монтажа шин являются шинодержатели, переходные пластины, шинные компенсаторы, междушинные прокладки, изоляционные вставки, шайбы и др. Шинодержатели серий ШП и ШР для крепления плоских шин (одиночных и по 2—3 штуки в пакете с разными сечениями, шириной от 40 до 120 мм и толщиной от 4 до 12 мм) на плоскость и ребро, а также шинодержатели для крепления профильных шин (с коробчатым сечением) показаны на рис. 3.5. Для присоединения алюминиевых шин к медным плоским или стержневым выводам электрических аппаратов и машин применяют переходные медно-алюминиевые пластины серии МА и пластины серии АП из сплава марки АД31Т1. При размерах шин от 4×40 до 10×120 мм длина пластин должна быть от 100 до 190 мм, соединение их сварное.

Для компенсации температурных удлинений протяженных участков алюминиевой ошиновки используют шинные компенсаторы

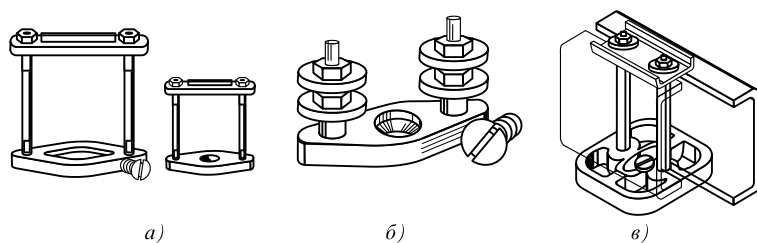


Рис. 3.5. Шинодержатели для крепления плоских шин на плоскость (а) и ребро (б) и для крепления профильных шин (в)

шириной 50...120 мм и толщиной 6...10 мм. Соединение их с шиной сварное.

Для фиксации зазоров в пакете плоских медных и алюминиевых шин служат междушинные прокладки размером $110 \times 28 \times 8$ и $150 \times 22 \times 10$ мм, для секционирования шинных магистралей из плоских шин — изоляционные вставки. Для болтовых соединений алюминиевых шин применяют специальные стальные шайбы серий А8, А10 и А12 толщиной 3...4 мм и диаметром 18, 22, 28 мм, а также серий АС-12 и АС-16 толщиной 4 и 6 мм и диаметром 34, 38 мм.

Наборные зажимы (рис. 3.6) служат для соединения проводов вторичных цепей, проложенных по панелям, с контрольными кабелями. По конструкции различают:

на нормальные зажимы серии КНБ, служащие для безкольцевого (втычного) соединения жил проводов и кабелей сечением $1,5...6 \text{ мм}^2$;

нормальные зажимы серии КН, предназначенные для соединения двух проводов различных участков цепи сечением $1,5...6 \text{ мм}^2$. Концы проводов и жил кабелей в этом случае изогнуты в кольцо;

специальные зажимы серии КС-3М, служащие для подключения двух проводов и соединения их с соседними аналогичными зажимами, а также для подключения жил проводов, изогнутых в кольцо. Их разновидностью является специальный концевой зажим серии КСК-3М, предназначенный для установки перемычки с наборными зажимами КС-3М при отсутствии приборов в цепи трансформатора тока (в концевом зажиме перемычка устанавливается только с одной стороны; конструкция такого зажима предусматривает подключение жилы провода сечением $1,5...6 \text{ мм}^2$, изогнутой в кольцо);

щитовые испытательные зажимы серии ЗЩИ, предназначенные для проверки и испытания вторичных цепей. Конструкция зажима позволяет соединять несколько проводов одного назначения (под каждый контактный винт — один провод).

Испытательный зажим представляет собой пластмассовое основание с укрепленной на нем латунной контактной частью, состоящей из двух изогнутых контактных планок, соединенных мостиком. Эти зажимы закрепляют на рейках серии К109 с помощью хвостовика пластмассового основания и пружинки. Такая конструкция позволяет устанавливать и заменять зажимы в любом месте рейки — с торца и в середине. Фиксация и маркировка групп наборных зажимов выполняется с помощью маркировочных колодок серии КМ-5.

Для монтажа проводки вторичных цепей выпускают и другие изделия: шайбы-звездочки для присоединения алюминиевых жил контрольных кабелей, бирки-оконцеватели и пластмассовые маркировочные бирки, втулки, наконечники, трубки и др.

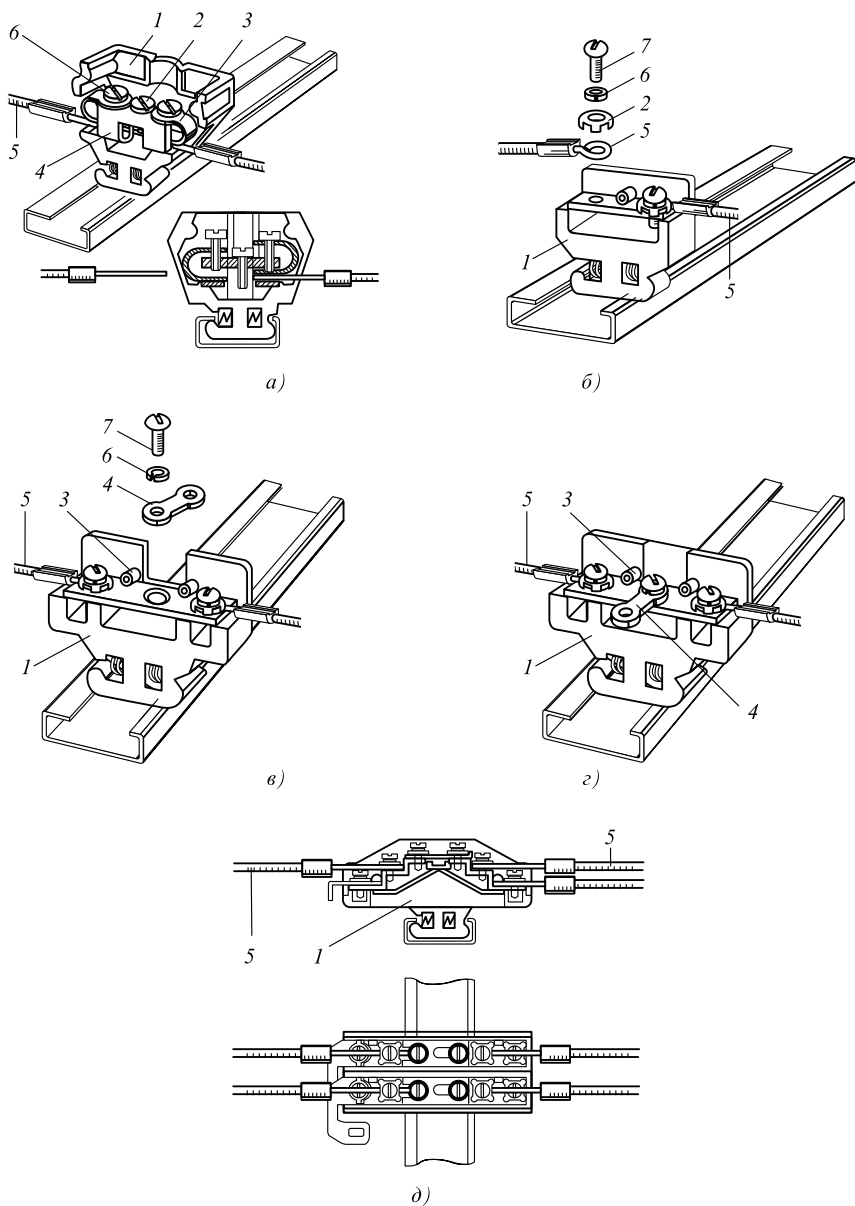


Рис. 3.6. Наборные зажимы:

a – нормальный серии КНБ; *б* – нормальный серии КН; *в* – специальный серии КСК-3М; *г* – специальный концевой серии КС-3М; *д* – испытательный серии ЗЩИ; *1* – корпус; *2, 6* – соответственно пружинная и ограничивающая шайбы; *3* – контактная пружина; *4* – вкладыш для безкольцевого (торцового) подключения проводов; *5* – провод вторичных цепей; *7* – винт

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Что представляет собой лоток?
 2. Что такое кабельная конструкция?
 3. Какие вы знаете изделия, изготовленные из перфорированной стали?
 4. Какие изделия применяются для оконцовки жил кабеля?
 5. Какие вам известны изделия для монтажа шин?
 6. Что такое наборный зажим?
- II.
 1. Где применяются монтажные и установочные изделия?
 2. Какие короба вам известны?
 3. Для чего служат монтажные полосы и профили из перфорированной стали?
 4. Какие вам известны наконечники?
 5. Как подразделяются наборные зажимы по конструкции?
- III.
 1. Из чего состоят кабельные конструкции?
 2. Где применяются изделия для монтажа шин?
 3. Как производится соединение медных и алюминиевых шин?
 4. Поясните устройство наборного зажима.

3.2. Электромонтажные механизмы, инструменты и приспособления

Механизмы и инструменты для пробивных и крепежных работ

При производстве электромонтажных работ в мастерских и непосредственно на объектах монтажа используют механизмы, инструменты и приспособления как общестроительного применения, так и специализированные электромонтажные. В мастерских создаются поточные технологические линии по индустриальной обработке и заготовке труб, листовой и сортовой стали, шин, комплектов электропроводов, кабелей и др. Для выполнения работ непосредственно на объектах комплектуют специализированные автомашины или автоприцепы и передвижные мастерские.

Все машины, механизмы и средства механизации, применяемые в электромонтажном производстве, можно разделить на пять групп:

механизированный и ручной инструмент, приспособления и другие средства малой механизации (электрифицированные, пневматические и пиротехнические инструменты, слесарно-монтажный и режущий инструмент, монтажные инвентарные приспособления);

сварочное оборудование (сварочные трансформаторы и генераторы постоянного тока, полуавтоматы для дуговой сварки в среде защитных газов, оборудование для газовой сварки и резки);

специализированные автомашины и автоприцепы и передвижные мастерские;

металлообрабатывающие станки и механизмы, сосредоточенные главным образом в мастерских на поточных технологических линиях и в ремонтных цехах (ножницы, прессы, шинотрубогибы, вальцы, листогибочные, сверлильные, обдирочные, заточные, токарные, фрезерные и строгальные станки);

монтажные механизмы для разгрузочно-погрузочных и монтажных работ (автомобильные краны, краны на пневмоколесном ходу, трубоукладчики и тракторные краны, гидроподъемники и телескопические вышки, буровые и бурильно-крановые машины, кранбалки и электротали, аккумуляторные и автомобильные погрузчики, башенные краны и краны-погрузчики, тали и лебедки, блоки и полиспасты), а также общестроительные механизмы (тракторы, бульдозеры и др.).

Крупные общестроительные, монтажные механизмы и металлообрабатывающие станки описаны в каталогах заводов-изготовителей и специальных справочниках и здесь не рассматриваются.

В качестве средств механизации пробивных работ используют электромагнитобуры, электросверлильные машины и электромолотки с рабочим инструментом (сверлами, буриками, шлямбурами, коронками), оснащенным пластинами из твердых сплавов, а также перфораторы, пневматический и пороховой инструмент.

Электромагнитобур СЦ-2 (рис. 3.7), предназначенный для бурения отверстий, состоит из двух независимых двигателей, смонтированных в дюралевом корпусе: однофазного синхронного электромагнитного двигателя ударного действия и однофазного коллекторного двигателя вращательного действия. Оба двигателя заблокированы между собой.

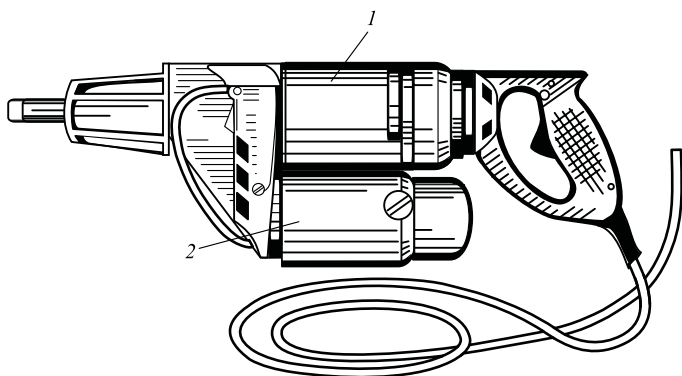


Рис. 3.7. Электромагнитобур СЦ-2:

- 1 – синхронный электромагнитный двигатель ударного действия;
2 – коллекторный двигатель вращательного действия

Двигатель ударного действия состоит из двух катушек – прямого и обратного хода, внешнего магнитопровода, диамагнитной направляющей втулки и бойка с буферной пружиной. Боек при работе двигателя совершает внутри направляющей втулки непрерывное челночное движение и наносит по хвостовику шпинделя 3000 ударов в минуту. Пружина служит для накопления энергии обратного хода бойка. Включение двигателя осуществляется с помощью микровыключателя, расположенного на боковой рукоятке, а питание – выпрямленным пульсирующим током с напряжением 44 В от кремниевых силовых вентиляей.

Двигатель вращательного действия через трехступенчатый редуктор и фрикционную муфту соединен со шпинделем, которому сообщает крутящий момент. Рабочий инструмент соединен со шпинделем с помощью конуса. Питается двигатель переменным током с напряжением 44 В и частотой 50 Гц. Микровыключатель расположен на задней рукоятке. Преобразовательное устройство состоит из понижающего трансформатора 220/44 В и двух кремниевых выпрямителей. Все оборудование смонтировано в металлическом футляре, на боковой стенке которого расположена четырехполюсная штепсельная розетка для присоединения кабеля. Охлаждение электромагнитобура – принудительное, от вентилятора коллекторного двигателя.

В качестве рабочего инструмента электромагнитобура СЦ-2 применяют обычные спиральные сверла по металлу, оснащенные пластинками из твердого сплава. Затачивают сверла с отрицательным углом 90... 100°. Приведем основные технические характеристики электромагнитобура:

Максимальный диаметр бурения по бетону, мм	26
Частота вращения, об/мин	420
Число ударов в минуту	3000
Энергия удара, Н	4,5
Масса (без кабеля), кг	8
Мощность двигателя, Вт:	
электромагнитного	500
коллекторного	220
Мощность понижающего трансформатора, В · А	900
Напряжение двигателей, В	44
Частота тока двигателей, Гц	50
Масса преобразовательного устройства, кг	19

При работе электромагнитобура сначала включается электродвигатель вращения шпинделя, а после внедрения сверла на небольшую глубину в основание (3–4 оборота инструмента) – ударный двигатель. После достижения необходимой глубины бурения отключают ударный двигатель, вынимают из пробуренного отверстия рабочий инструмент и затем отключают двигатель вращения.

При подключении электромагнитобура необходимо одновременно заземлять его корпус.

Электросверлильные машины бывают трех исполнений:

пистолетного типа для сверления отверстий диаметром до 10 мм; с одной верхней закрытой рукояткой для отверстий диаметром до 15 мм; с двумя боковыми рукоятками и грудным или винтовым упором для сверления отверстий диаметром более 15 мм.

Электросверлильные машины имеют три основные части: электродвигатель, зубчатую передачу и шпиндель. Они выпускаются на напряжение 220 В и ток промышленной частоты с одинарной и двойной изоляцией и на напряжение 36 В и ток повышенной частоты 200 Гц. При питании электросверлильных машин током с повышенной частотой применяются преобразователи частоты. Такие машины, имеющие меньшую массу и двигатель с короткозамкнутым ротором (а не коллекторный со щеточным механизмом), безопасны в работе. Однако необходимость использования при производстве работ специальных переносных преобразователей частоты сравнительно большой массы ограничивает их применение. Электросверлильные машины с двойной изоляцией также безопасны в работе, так как две независимые ступени их изоляции выполнены так, что повреждение одной из них не приводит к появлению потенциала на доступных металлических частях.

Электросверлильная машина с ударно-поворотной насадкой (рис. 3.8) предназначена для бурения отверстий в железобетонных

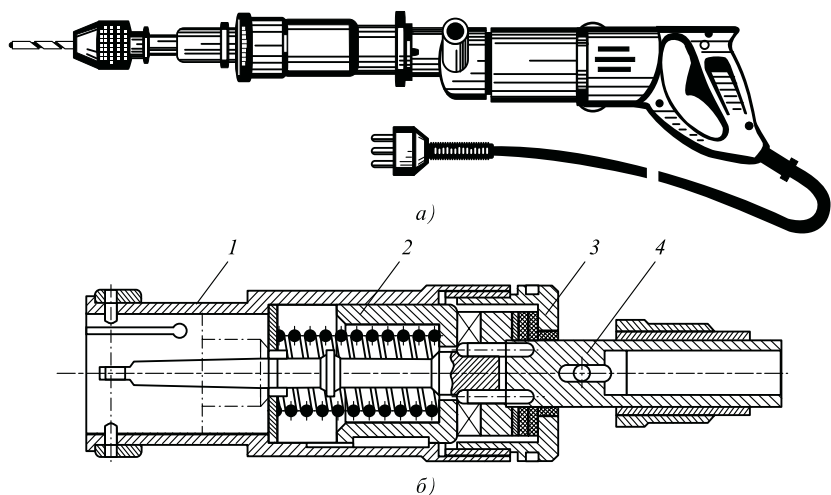


Рис. 3.8. Электросверлильная машина (а) и устройство ее ударно-поворотной насадки (б):

1 – корпус; 2 – ударный механизм (бок); 3 – головка; 4 – шпиндель

основаниях. На корпусе редуктора такой машины закрепляют насадку, которая преобразует вращательное движение рабочего инструмента в ударно-поворотное. Насадка состоит из трех основных частей: вала со шпинделем 4, ударного механизма 2 (бойка) и корпуса 1. Вращение от шпинделя электросверлильной машины передается через вал на шпиндель насадки и рабочий инструмент. Вал соединяет оба механизма: один его конец вставляют в шпиндель машины, а другой — соединяют со шпинделем насадки двумя цилиндрическими шпонками. Сама насадка крепится двумя стяжными полухомутами.

Ударный механизм состоит из трех кулачковых полумуфт и пружины. Передняя полумуфта является частью шпинделя насадки, а задняя — частью бойка. При вращении шпинделя насадки боек под действием пружины ударяет по шпинделю. Так как удар осуществляется энергией сжатой пружины, работающему не требуется прилагать значительных усилий. Когда нажатие на рабочий инструмент прекращается, пружина отводит шпиндель насадки в начальное положение, и он продолжает вращаться без удара. Насадка имеет сферический резиновый пылесборник. Для крепления рабочего инструмента шпиндель насадки имеет внутренний конус Морзе № 2. Приведем основные технические характеристики электросверлильной машины с ударно-поворотной насадкой:

Максимальный диаметр бурения, мм	15
Частота вращения шпинделя, об/мин	650
Число ударов в минуту (три удара за один оборот шпинделя)	1950
Энергия удара, кН	2,0
Масса насадки, кг	2,5
Масса насадки вместе с электросверлильной машиной, кг	5,3
Потребляемая мощность, Вт	270

Электрические молотки представляют собой ручные машины ударного действия, в которых рабочий инструмент совершает возвратно-поступательное перемещение от двигателя, а поворот инструмента производится вращением рукоятки.

Для образования отверстий под дюбели, пробивки сквозных отверстий в бетоне и железобетоне применяются *электрические перфораторы* ударно-вращательного действия.

Электрические молотки и перфораторы выпускаются с комплектом инструментов.

Пневматический инструмент с массой 4... 10 кг, что в 2,5—3 раза меньше массы электроинструмента той же мощности, имеет низкий уровень шума при работе и прост в обслуживании, но требует наличия источника сжатого воздуха.

С помощью пневматических ручных машин, а также электрических молотков и перфораторов производят выборку (прорезание) борозд в бетонных строительных основаниях с любым наполнителем глубиной до 60 мм и шириной более 7 мм.

Для выборки борозд (штроб) глубиной 20 мм и шириной 8 мм в легких стеновых материалах (кирпичных стенках и гипсолитовых перегородках) для скрытой электропроводки выпускают механизм *МВБ-3* (заменивший механизм МВБ-2М). Производительность этого механизма по гипсолиту 3,5 м/мин, а по кирпичу 2 м/мин, масса 5 кг. Приводом служит электросверлилка ИЭ1023 с двойной изоляцией, рабочий инструмент которой – дисковая фреза с впадинами по окружности пластинами из твердых сплавов. Механизм снабжен пылесборником в виде емкости из брезента, ручками для удобства пользования, роликами для передвижения его по обрабатываемой плоскости, а также для фиксации заданной глубины борозды.

В *пиротехнических инструментах и механизмах* используется энергия взрыва порохового заряда. К ним относятся строительно-монтажные пистолеты, служащие для крепления изделий и деталей с помощью дюбелей, колонки, предназначенные для пробивки отверстий в железобетонных плитах и прессы, применяющиеся для опрессования кабельных наконечников. Кроме того, прессами осуществляют соединение стальных труб, пробивку отверстий в стенках металлических коробов, ящиков и шкафов.

Основными деталями *строительно-монтажного пистолета ПЦ52-1* (рис. 3.9), однозарядного, самовзводного, косвенного действия, являются прижим 1, наконечник 2, муфта 3, коробка с ручкой 4 и спусковой рычаг 5. Дюбель забивается с помощью поршня, перемещающегося под действием пороховых газов, без предварительного разгона из состояния покоя. При этом дюбель не приобретает опасного потенциала энергии, т.е. при ударе бойка по патрону порох воспламеняется, пороховые газы передвигают

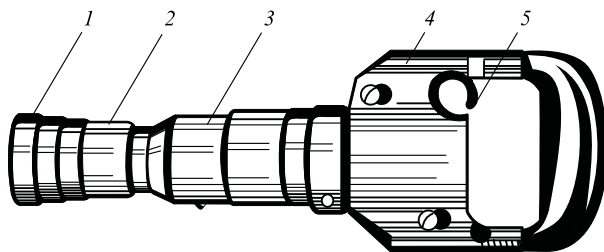


Рис. 3.9. Строительно-монтажный пистолет ПЦ52-1:
1 – прижим; 2 – наконечник; 3 – муфта; 4 – коробка с ручкой; 5 – спусковой рычаг

поршень по каналу, и он, ударя по дюбелю, забивает его. Для пробивания отверстий в железобетонных плитах поршень заменяют на пробойник.

Благодаря большой массе поршня скорость забиваемого дюбеля невелика — 60...80 м/с. При работе с пистолетом косвенного действия значительно повышается безопасность, исключаются рикошет дюбеля и сквозной прострел основания, значительно снижается уровень шума. При выстреле в малопрочное основание или при ошибочном использовании слишком мощного патрона поршень останавливается специальным упором-амортизатором, исключающим его опасный вылет.

Производительность пистолета составляет 50 выстрелов в час, масса — не более 3,6 кг. В качестве источника энергии используются монтажные малогабаритные снаряды (патроны) двух групп: более мощные А (длинные) и менее мощные К (короткие), заряженные бездымным порохом. В комплекте пистолета соответственно имеется два ствола: № 1 (основной) с патронником длиной 22 мм и № 2 с патронником длиной 15 мм. Кроме того, в комплект пистолета входят магнитный прижим для удержания мелких стальных деталей (до 100 г) и пружинный прижим для уменьшения раскрашивания бетонной поверхности в месте забивания дюбелей.

Выбор патрона производится по мощности заряда, который должен соответствовать материалу строительного основания, а также материалу и толщине закрепляемого изделия. Патроны обеих групп различаются по номерам (1; 2; 3 и 4), массе, энергии используемого порохового заряда, соответствующего условной мощности (слабая, средняя, сильная и сверхсильная), и цвету окраски упаковки (белый, желтый, синий, красный).

При работе с пистолетом обычно используют дюбеля-гвозди (рис. 3.10) длиной от 27 до 100 мм с диаметром стержня 3,7; 4,5; 6,8 мм, реже используются дюбеля-винты длиной от 35 до 70 мм с диаметром резьбовой головки М4, М6, М8 и М10.

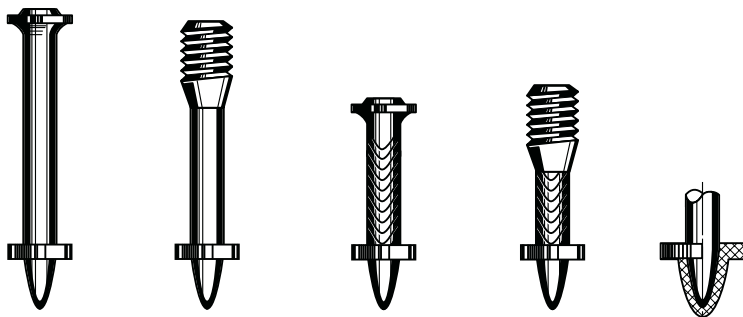


Рис. 3.10. Дюбеля к строительно-монтажному пистолету ПЦ52-1

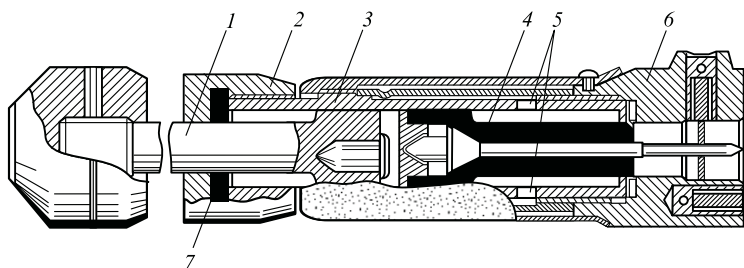


Рис. 3.11. Устройство пиротехнической оправки ОДП-4м:

1 – зарядный шток; 2 – запорная гайка; 3 – корпус; 4 – поршень; 5 – выхлопное отверстие корпуса; 6 – фланец; 7 – тормозная шайба

Пиротехническая оправка ОДП-4м (или ОДП-6 более совершенной конструкции) служит для забивания дюбелей в бетонные и кирпичные основания с целью закрепления электропроводки, электроустановочных и других изделий небольшой массы. Дюбельная пиротехническая оправка ОДП-4м более производительна, чем ручная оправка ОД-6, так как забивает дюбель за один удар.

Устройство пиротехнической оправки показано на рис. 3.11. В стальном корпусе 3 оправки расположены камера для патрона (патронник) и поршень 4, воздействующий на дюбель. В полости корпуса свободно перемещается зарядный шток 1 с головкой, с помощью которого осуществляется накал капсюля патрона. Сам корпус оправки представляет собой полую втулку с наружной резьбой для навинчивания фланца 6 с отверстием для дюбеля на одном конце и крышки – на другом. На корпус надет кожух, представляющий собой стальную втулку, обрезиненную снаружи.

Работа оправки, как и строительно-монтажного пистолета, основана на использовании энергии расширяющихся пороховых газов, воздействующих через поршень на дюбель. Поэтому оправка также относится к пиротехническому инструменту косвенного действия. В качестве источника энергии в ней используются беспыжевые патроны от В4 до В9. Удар молотком по штоку оправки (рис. 3.12) вызывает воспламенение капсюля патрона, и под действием пороховых газов через поршень дюбель вдавливается в основание.



Рис. 3.12. Применение оправки ОДП

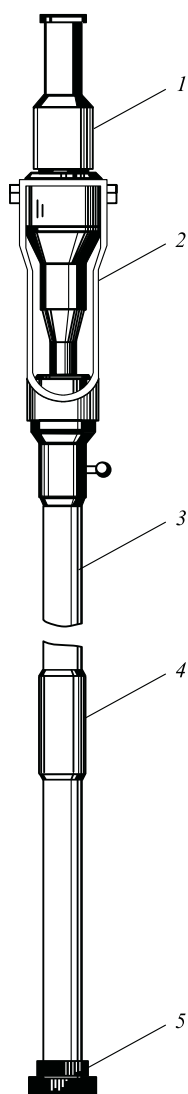


Рис. 3.13. Устройство ударной колонки УК-2М: 1 – пиротехническая головка; 2 – узел поворота и амортизация головки; 3 – штанга; 4 – муфта; 5 – подпятник

Пиротехнической оправкой забивают дюбеля-гвозди диаметром 3,5 мм и длиной 25 и 35 мм при несъемном креплении деталей и дюбеля-винты тех же размеров при креплении съемных деталей и изделий гайками. Для фиксации дюбеля в оправке и его центровки используются металлические шайбы диаметром 8 мм. Подбор группы и номера патронов для оправок производится по определенной таблице в зависимости от материала основания, марки и размера дюбеля. При забивании оправкой дюбелей-гвоздей на последние должны быть предварительно насажены центрирующие шайбы. Дюбеля рекомендуется забивать в ряд по прямой линии с расстоянием между ними в 40 мм. Масса оправки 2 кг, размер 280 × 55 мм, производительность 250... 300 выстрелов в смену, долговечность 5000 выстрелов (с использованием запасных частей).

Для пробивки отверстий в многопустотных железобетонных междуэтажных перекрытиях применяется ударная пиротехническая колонка УК-2М (рис. 3.13). Отверстие пробивается пробойником, который перемещается в стволе колонки под действием пороховых газов (рис. 3.14). В качестве источника энергии в ней используются беспыжевые патроны от В7 до В9 и Г1, Г2. Ствол колонки соединен с корпусом, в котором смонтирован ударно-спусковой механизм. Под воздействием пружины ударник накалывает капсюль патрона, происходит выстрел, и под давлением пороховых газов пробойник устремляется вперед, пробивая отверстие в плите перекрытия.

В колонке УК-2М применяется пробойник конической формы, которая обеспечивает его самоторможение в пробитом отверстии. Пробойник выталкивается находящимся в стволе колонки поршнем, которому при выстреле сообщается энергия пороховых газов. Разгон пробойника до строительного основания составляет 30 мм, а за пределами направляющего цилиндра – 60 мм. Дальнейшее движение пробойника ограничивается амортизатором.

Колонка УК-2М имеет простой и надежный ударно-спусковой механизм и блокировку, исключая возможность случайного выстрела. В кон-

струкции пробойника предусмотрена рациональная схема амортизации, а также гасительное устройство, снижающее силу звука при выстреле. Рабочий, использующий колонку, испытывает незначительную отдачу.

Масса колонки не более 8 кг, длина 1800 мм, максимальный диаметр пробиваемого отверстия 40 мм в бетоне толщиной 15... 50 мм марок 200... 400, максимальная производительность 250... 300 выстрелов в смену, долговечность с использованием запчастей 5000 выстрелов.

Первый выстрел производят патроном В8, но если отверстие не пробилось, его повторяют патроном с большим зарядом В9, а если и этот заряд оказался недостаточным, в третий раз используют патрон Г2. Применять патроны с более высоким зарядом Г3 и Г4 запрещено. Если после спуска ударного механизма выстрела не происходит, это можно объяснить одной из следующих причин: осечкой из-за неудовлетворительного качества патрона, ослаблением или поломкой пружины ударника, затуплением конца ударника, загрязнением ударного механизма. Для определения причины неисправности необходимо повторно взвести ударный механизм и произвести спуск ударника. При повторном отсутствии выстрела следует заменить патрон и произвести 2–3-кратный спуск ударника, если выстрел опять не происходит, колонку сдают на ремонт.

Пиротехнические колонки отличаются простотой конструкции, удобством в работе, высокой производительностью, не требуют применения противозумных наушников, безопасны и обладают достаточной мощностью.

Вопросы для самоконтроля

- I. 1. Перечислите инструменты, предназначенные для пробивных и крепежных работ.
2. Для чего служат электромагнитобур и электросверлильные машины?
3. Какого исполнения могут быть электросверлильные машины?
4. Какие пневматические инструменты вы знаете?



Рис. 3.14. Пробивка отверстия в плите перекрытия помещения при помощи колонки УК-2М

5. Какие пиротехнические инструменты вы знаете?
- II. 1. Из чего состоит электромагнитобур СЦ-2?
 2. Из каких частей состоят электросверлильные машины?
 3. В чем преимущество пневматического инструмента перед электрическим?
 4. Каково устройство строительно-монтажного пистолета?
 5. Поясните устройство пиротехнической оправки.
 6. Как устроена ударная пиротехническая колонка?
- III. 1. Поясните принцип действия электромагнитобура.
 2. Как работает электросверлильная машина?
 3. Поясните принцип действия строительно-монтажного пистолета.
 4. Как работает пиротехническая оправка?
 5. Поясните принцип действия ударной пиротехнической колонки.

Инструменты и механизмы для соединения и оконцовки кабелей

Клещи КСИ-1 (рис. 3.15, а), предназначенные для снятия изоляции с концов проводов сечением $0,75 \dots 4 \text{ мм}^2$ и их перекусывания, состоят из трех частей, связанных между собой шарнирно: рычага для зажатия проводов, рычага с ножами для надреза изоляции и рычага с ползунком-эксцентриком, перемещающим прижим и фасонный нож в губках клещей. Работают они следующим образом. Провод вставляют в отверстие при сомкнутом положении губок; сжав рукоятки верхнего и среднего рычагов 3, его зажимают и надрезают изоляцию. Затем, не разжимая сжатых рукояток, подхватывают той же рукой рукоятку нижнего рычага и нажимают на нее, при этом губки клещей раздвигаются и снимают

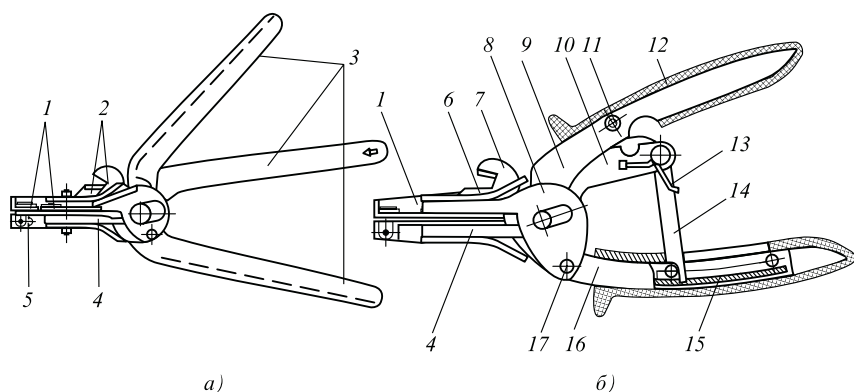


Рис. 3.15. Клещи КСИ-1 (а) и КСИ-2 (б):

1 – нож для подрезания изоляции; 2, 6, 7 – ножи для откусывания провода; 3, 9, 10, 16 – рычаги; 4 – прижим; 5, 17 – эксцентрики; 8 – ползун; 11 – штифт; 12 – пластмассовый чехол; 13 – пружина; 14 – упор; 15 – пластина

изоляцию с проводника на установленной длине. Откусывание проводов производится специальными ножами при сжиме нижнего и среднего рычагов клещей.

Модернизированные клещи КСИ-2 (рис. 3.15, б) с двумя ручками более производительны и удобны в работе. Они работают следующим образом: конец провода вставляют в прорезь между прижимами в отверстие ножей и сжимают рычаги. Происходит зажим проводов и перекусывание изоляции в месте смыкания ножей. При дальнейшем сжатии концы рычагов раздвигаются и надрезанный конец изоляции сбрасывается. Перекусывание проводов производится ножами кусачек. Ход рычагов ограничивается упорами. Ножи сменяются по мере необходимости.

Инструмент МБ-2 (рис. 3.16), предназначенный для снятия изоляции с двужильных плоских проводов сечением $0,5 \dots 4 \text{ мм}^2$ с одновременным разрезанием перемычки между ними, выполняется в виде клещей с двумя ручками 1 и 3. В губках 4 и 5 клещей размещены неподвижный 6 и подвижный 7 ножи и прижим 8, изготовленный как единое целое с одной из рабочих губок. Масса инструмента 0,6 кг.

Модернизированный инструмент МБ-1М имеет дополнительно введенные ножи для перекусывания проводов и жил кабелей сечением от $0,75$ до 6 мм^2 . Его масса $0,25 \text{ кг}$, длина участка захвата для снятия изоляции от 5 до 30 мм. Также выпускают клещи М-1 для снятия изоляции с проводов малых сечений ($0,25$; $0,35$; $0,5$; $0,75$; 1 мм^2) и их перекусывания. Длина их участка захвата для снятия изоляции составляет от 5 до 30 мм, а масса $0,1 \text{ кг}$.

Пресс-клещи ПК-3 предназначены для опрессовки жил алюминиевых проводов с суммарным сечением $7,5$; 13 и 20 мм^2 в гильзах марок ГАО-4, ГАО-5, ГАО-6 и медных жил сечением $4 \dots 6 \text{ мм}^2$ в наконечниках типа Т и гильзах типа ГМ, а также для оконцовки медных многопроволочных жил сечением $1,5$ и $2,5 \text{ мм}^2$ в кабельных кольцевых наконечниках П. Эти пресс-клещи

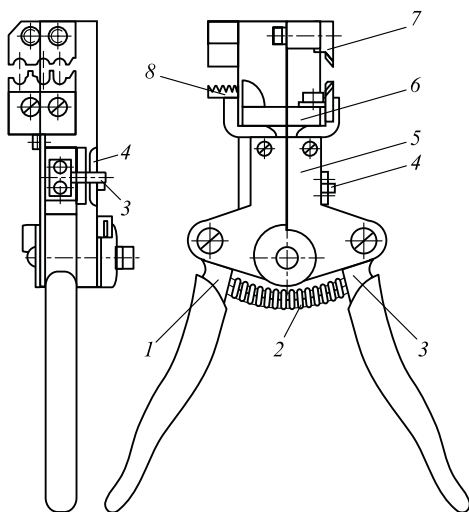


Рис. 3.16. Инструмент МБ-2 для снятия изоляции:

1, 3 – ручки; 2 – пружина; 4, 5 – губки; 6, 7 – соответственно неподвижный и подвижный ножи; 8 – прижим

не требуют наличия набора сменных матриц и пуансонов. Рабочий инструмент размещается в цилиндрической обойме головки пресса, секторы которой соответствуют определенному сечению жил. Максимальное рабочее усилие на пуансоне 12,5 кН при усилии сжима рукоятки 300 Н. Масса клещей 1 кг.

Пресс-клещи ПК-4 предназначены для опрессовки алюминиевых наконечников и соединительных гильз на проводах и кабелях сечением 16...35 мм² и гильз марок ГАО-5, ГАО-6, ГАО-8. Эти пресс-клещи имеют блокирующее устройство, которое не позволяет раскрывать их во время работы и снимать наконечник или гильзу до окончания опрессовки на требуемую глубину. Возврат рычагов в начальное (открытое) положение производится после срабатывания блокирующего устройства в момент полного завершения опрессовки, т. е. в момент соприкосновения плечиков матрицы и пуансона. Максимальное рабочее усилие на пуансоне 14 кН при усилии сжима рукоятки 300 Н, масса клещей 2,5 кг.

Пресс-клещи ПК-1М (рис. 3.17, а) состоят из удлиненных рукояток 3 с вилками, двух рычагов 1 и блокирующего устройства 2. На рычагах закрепляются сменные пуансоны и матрицы. Блокирующее устройство не позволяет раскрывать клещи во время

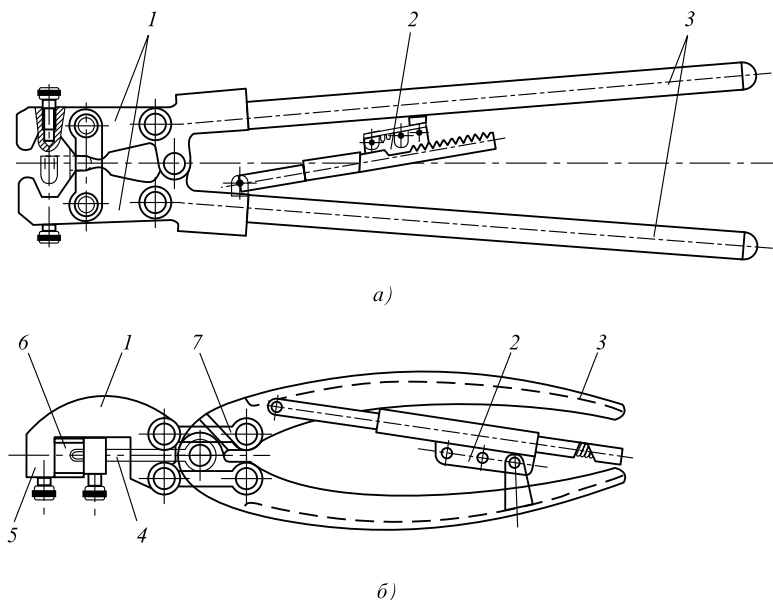


Рис. 3.17. Пресс-клещи ПК-1М (а) и ПК-2М (б):

1 – рычаги; 2 – блокирующее устройство; 3 – рукоятка; 4 – шток с пуансоном; 5 – головка для установки матрицы; 6 – матрица; 7 – тяга

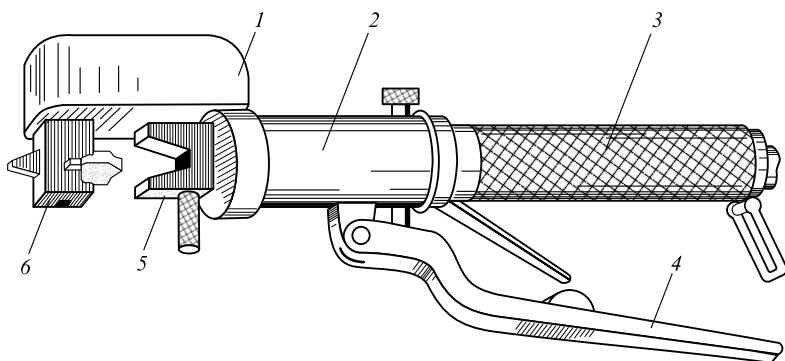


Рис. 3.18. Гидравлические монтажные клещи ГКМ:

1 – бугель; 2 – корпус; 3 – масляный резервуар; 4 – рукоятка насоса; 5 – матрица на штоке поршня; 6 – блок с пуансоном

опрессовки и снимать наконечник или гильзу до ее окончания. Возврат рычагов в начальное (открытое) положение производится после срабатывания блокирующего устройства.

Пресс-клещи ПК-2М состоят из рычага 1, двух рукояток 3, головки 5, штока 4, двух тяг 7 и блокирующего устройства 2. На штоке закрепляется пуансон, а на головке клещей устанавливается матрица 6.

Гидравлические монтажные клещи ГКМ (рис. 3.18) предназначены для опрессовки гильз типа ГАО с диаметром до 6 мм, гильз типа ГА и наконечников типа ГА для жил с сечениями до 25 мм². Клещи действуют на принципе перетекания и давления масла в замкнутом сосуде.

Для опрессовки наконечник или гильзу закладывают в матрицу 5, перемещение которой осуществляется нажатием рукоятки 4. Матрица прижимает наконечник к блоку 6 с пуансоном, устанавливаемому в бугель 1. Окончание опрессовки происходит при срабатывании перепускного клапана. Для возвращения поршня с матрицей в начальное положение открывается вентиль на корпусе 2, и масло возвращается в масляный резервуар 3.

Ручные и приводные шиногибы и трубогибы предназначены для изгибания шин на плоскость и ребро, а также для изгибания труб.

Ручным шиногибом (рис. 3.19) изгибают медные и алюминиевые шины с сечениями до 50×6 мм как на плоскость, так и на ребро. Для изгибания на плоскость шину закладывают в щель 6 коробки 5 и прижимают винтами к стенке коробки; для изгибания на ребро шину устанавливают в зазоре 8 между шаблоном-прокладкой 3 и плитой 10 и прижимают ребром к шаблону-прокладке. При повороте рычага 12 вокруг оси подвижные ролики 7 или 9 дают

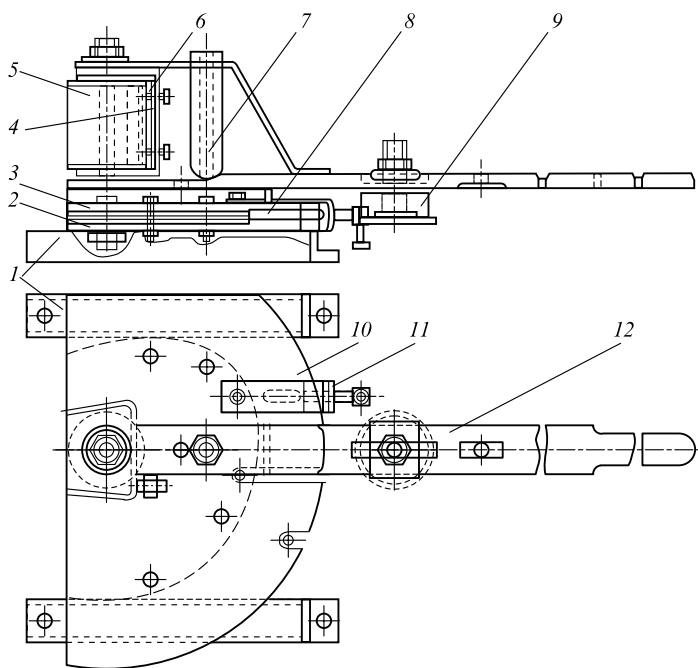


Рис. 3.19. Ручной шиногиб:

1 – опорные швеллеры; 2 – нижняя опорная плита; 3 – шаблон-прокладка; 4, 11 – прижимные приспособления; 5 – коробка; 6 – шель; 7, 9 – подвижные ролики; 8 – зазор; 10 – верхняя плита; 12 – рычаг

на шину и изгибают ее. Изогнув шину на заданный угол, отводят рычаг, отвертывают винты прижимных приспособлений 4 или 11 и снимают ее с шиногиба.

Приводные шиногибы и трубогибы позволяют изгибать шины и трубы соответственно с большими сечениями и диаметрами. С помощью универсального шинотрубогиба УШТМ-2 можно изгибать на плоскость и ребро медные и алюминиевые шины с сечениями до 100×10 мм, а также водогазопроводные трубы с внутренним диаметром до 50 мм и тонкостенные трубы диаметром до 60 мм на угол до 90° . Шинотрубогиб комплектуется съемными приспособлениями для шин и труб с разными сечениями и диаметрами.

Вальцы предназначены для правки шин с прямоугольным сечением. Например, на вальцах ВПШ-140 можно править шины шириной от 30 до 140 мм и толщиной от 3 до 12 мм. Места контактных соединений обрабатываются на станке 3Ш-120 и других механизмах. Резка шин производится *маятниковой пилой*, зачистка –

металлическими щетками, вращающимися с большой частотой, а смазывание зачищенных контактов – валом для смазки. Подача шин под щетки и на вал для смазки – ручная. Максимальное сечение обрабатываемой шины 120×12 мм.

Секторные ручные ножницы (рис. 3.20) предназначены для перерезания кабелей различных марок, сечений и диаметров.

Ножницы НС-1 применяются для перерезания кабелей с медными жилами с сечениями $3 \dots 10$ мм² и с алюминиевыми жилами с сечениями $3 \dots 25$ мм², алюминиевых однопроволочных проводов с сечением 50 мм² и многопроволочных проводов с сечением 70 мм², а также медных многопроволочных проводов с сечением 50 мм². Максимальный диаметр перерезаемого кабеля 25 мм.

Ножницы НС-2 используются для перерезания кабелей с медными жилами с сечениями $3 \dots 25$ мм² и с алюминиевыми жилами с сечениями $3 \dots 70$ мм², алюминиевых однопроволочных проводов с сечением 120 мм² и многопроволочных проводов с сечением 240 мм², а также медных многопроволочных проводов с сечением 150 мм². Максимальный диаметр перерезаемого кабеля 40 мм.

Ножницы НС-3 применяются для перерезания бронированного кабеля с медными жилами с сечениями $3 \dots 150$ мм² и с алюминиевыми жилами с сечениями $3 \dots 240$ мм². Максимальный диаметр перерезаемого кабеля 70 мм.

Ручной гидравлический пресс ПГЭ-20 с электроприводом предназначен для опрессовки многогранным обжатием соединений и оконцовки жил алюминиевых изолированных проводов и кабелей с сечениями $16 \dots 240$ мм², а также округления секторных одно-

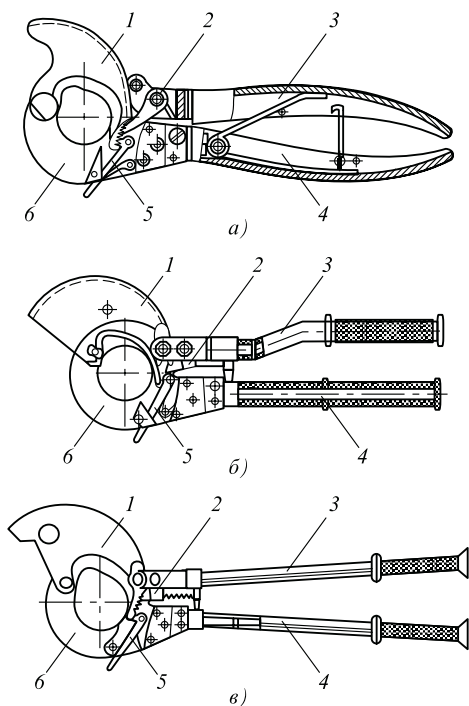


Рис. 3.20. Секторные ручные ножницы НС-1 (а); НС-2 (б); НС-3 (в):

1 – подвижный секторный нож с зубьями; 2, 5 – соответственно подающая и фиксирующая собачки; 3, 4 – соответственно неподвижная и подвижная рукоятки; 6 – неподвижный секторный нож

проволочных алюминиевых жил с сечениями 25...240 мм² и секторных комбинированных жил с сечениями 120...185 мм². Он состоит из трех основных частей: головки, являющейся рабочим цилиндром, в котором сосредоточена гидравлическая часть с рабочим поршнем; электропривода с вмонтированными в его ручку аварийным переключателем и реле; соединительного переходника, связывающего пресс с приводом. Пресс снабжен автоматическим блокировочным устройством, обеспечивающим мгновенное отключение привода в момент окончания опрессовки. В качестве привода в нем используется электросверлильная машина с двойной изоляцией ИЭ1032-1 мощностью 0,21 кВт. Масса прессы 7 кг, рабочее усилие 200 кН.

Электроприводом называется электромеханическая система, преобразующая электрическую энергию в механическую энергию одного или нескольких рабочих механизмов. Электропривод включает в себя системы преобразования, передачи, распределения энергии и управления этими процессами и может быть групповым, индивидуальным и взаимосвязанным.

В групповом приводе один электродвигатель приводит в движение с помощью разветвленной системы передачи группу механизмов или группу рабочих органов одного механизма, например несколько станков или различные рабочие органы одного станка. Кинематическая схема такого привода сложная и громоздкая, а сам привод неэкономичный, поэтому в настоящее время он находит лишь ограниченное применение.

Привод, в котором электродвигатель приводит в движение только один рабочий орган, получил название индивидуального. В этом случае существенно упрощается кинематическая схема механизма, повышается его экономичность и появляется возможность в ряде случаев встраивать электродвигатель непосредственно в механизм, что уменьшает его металлоемкость. Примером такого совмещения электродвигателя с рабочим органом может служить различный электроинструмент: электродрель, электрошпатель, электрошпindel и др.

Взаимосвязанным называют привод, в котором рабочие органы одного механизма приводят в движение несколькими электродвигателями. Такой электропривод может состоять из нескольких индивидуальных электроприводов, участвующих в общем технологическом процессе и установленных на одном производственном объекте. Например, в металлорежущих станках устанавливаются отдельные приводы главного движения заготовки режущего инструмента и приводы подачи. Промышленные роботы снабжаются несколькими отдельными приводами. Во взаимосвязанном приводе возможна работа нескольких электродвигателей на один рабочий орган, что позволяет снизить усилия в самом рабочем органе и передаче, распределить их в производственном механизме более равномерно, избежать предельных перекосов и т. д.

Основная функция электропривода – приводить в движение рабочий механизм и изменять его режим работы в соответствии с требованиями технологического процесса.

Ручной гидравлический пресс ПГР-20М1 предназначен для соединения и оконцовки алюминиевых и медных жил изолированных проводов и кабелей с сечениями 16...240 мм² способом опрессовки многогранным обжатием (шестигранное обжатие и местное вдавливание), а также для округления секторных однопроволочных алюминиевых жил с сечениями 25...240 мм² и секторных комбинированных жил с сечениями 120...185 мм².

Пресс (рис. 3.21) состоит из корпуса 2 с рабочим цилиндром и поршнем, скобы-бугеля 1 для закрепления матрицы и пуансонов, запорного и нагнетательного клапанов, подвижной 6 и неподвижной 7 рукояток насоса, стакана 3, соединяющего корпус с рукояткой, рычага 4 насоса, установленного шарнирно на стакане, и масляного баллона.

При завернутом до упора запорном клапане поршень перемещается под давлением, которое создается в рабочем цилиндре при качании рукоятки насоса. Чтобы поршень занял исходное положение, следует отвернуть запорный клапан на два-три оборота. Для выполнения опрессовки в прессе устанавливаются пуансон и матрица, соответствующие сечению и конструкции жилы кабеля или провода. В матрицу укладывается наконечник (или гильза), насаженный на жилу, и клапан закрывается. После этого рукоятку насоса качают до тех пор, пока пуансон не войдет в соприкосновение с матрицей. Затем открывают клапан, при этом поршень с пуансоном возвращается в исходное положение, и снимают опрессованный наконечник. Таким же образом производят округление секторных алюминиевых однопроволочных жил кабелей

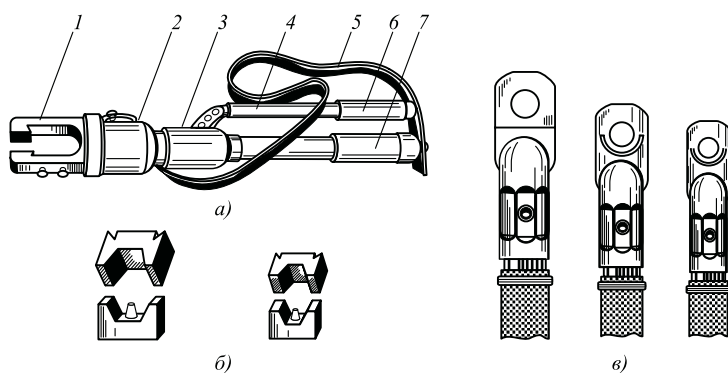


Рис. 3.21. Ручной гидравлический пресс ПГР-20М1 (а), пуансоны и матрицы (б), опрессованные наконечники (в):
 1 – скоба-бугель для установки матриц и пуансонов; 2 – корпус; 3 – стакан, соединяющий корпус с рукояткой; 4 – рычаг; 5 – ремень; 6, 7 – рукоятки насоса

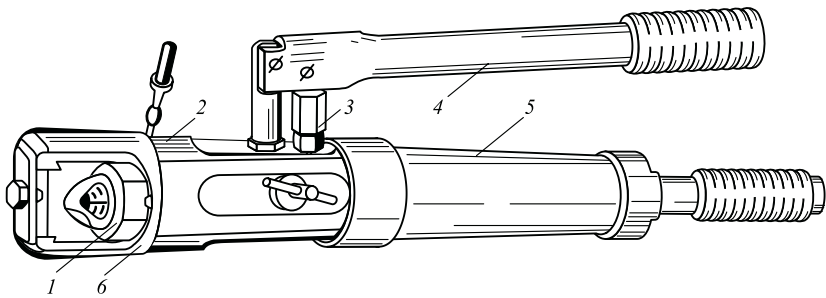


Рис. 3.22. Ручной гидравлический пресс РГП-7:

1 – поршень; 2 – корпус; 3 – насос; 4 – рычаг; 5 – резервуар с маслом; 6 – вилка с матрицей

и проводов. Максимальное усилие, развиваемое рабочим поршнем, 200 кН, масса пресса 5,3 кг.

При выполнении оконцовки и соединений жил комбинированным способом получают более равномерную деформацию по длине трубчатой части наконечника по сравнению с опрессовкой местным вдавливанием.

Ручной гидравлический пресс РГП-7 (рис. 3.22) состоит из корпуса 2, насоса 3 с клапанами, поршня 1 с пуансоном, резервуара 5 с маслом, вилки 6 с матрицей и рычага 4 насоса. При качании рычага насоса под действием давления масла перемещается поршень с пуансоном и происходит опрессовка наконечника.

Ножной гидравлический пресс с электроприводом ПГЭП-2 служит для опрессовки жил в наконечниках и гильзах двойным вдавливанием двузубого пуансона. Пресс состоит из насоса и рабочей головки, соединенных рукавом высокого давления длиной 2 м. Под действием давления масла перемещается рабочий поршень с пуансоном и происходит опрессовка путем вдавливания пуансона в наконечник или гильзу.

Ножной гидравлический пресс ПГЭП-2М с электроприводом, как и ручной пресс ПГР-20М1, предназначен для соединения и оконцовки медных и алюминиевых жил проводов и кабелей с сечениями 16...240 мм² методом опрессовки, а также для опрессовки овальных соединителей на проводах воздушных линий. Он состоит из двух узлов – насоса, приводимого в действие электродвигателем, и цилиндрической головки, соединенной с насосом шлангом высокого давления. Разделение на два отдельных узла облегчает работу электромонтажника, так как головка пресса, которую ему приходится держать в руках, значительно легче ручного гидравлического пресса ПГР-20М1. В качестве привода пресса используется электросверлильная машина; его масса с головкой 23 кг.

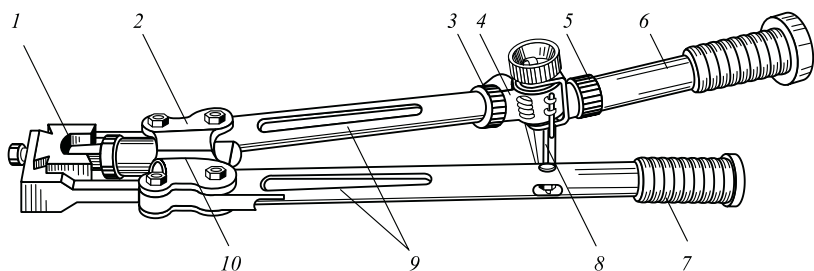


Рис. 3.23. Ручной механический пресс РМП-7М:

1 – матрица; 2 – пуансонодержатель; 3, 5 – кольца; 4 – барабан правого рычага; 6, 7 – соответственно подвижная и неподвижная ручки; 8 – трос; 9 – рычаги; 10 – корпус; 11 – откидная скоба

Ручной механический пресс РМП-7М (рис. 3.23) предназначен для опрессовки кабельных наконечников на жилах проводов и кабелей с сечениями 16... 240 мм² однозубым вдавливанием. На корпусе пресса, имеющего форму клещей, шарнирно закреплена откидная запирающаяся скоба 11, служащая для установки сменных матриц 1. В корпусе 10 установлен свободно перемещающийся пуансонодержатель 2, рабочее и возвратное движения которого осуществляются рычагами 9. Для уменьшения усилий рычаги сжимаются с помощью стального троса 8, намотанного на барабан 4 правого рычага. Опрессовка происходит качанием ручки, при этом на барабан наматывается трос, рычаги 9 сближаются, и плечики пуансона соприкасаются с матрицей, вдавливая пуансон в трубчатую часть наконечника и образуя зубья. Максимальное усилие, развиваемое прессом, 70 кН, его масса 5,3 кг.

Термоклещи ТК-1 (рис. 3.24) предназначены для снятия пластмассовой изоляции с жил проводов и кабелей с сечениями 1,5... 6 мм² на любом их участке. Клещи являются термомеханическими, т. е. они работают с использованием механического воздействия и расплавления изоляции. Благодаря электропрогреву ножей изоляция снимается с минимальным усилием. Рабочая температура ножа 170... 200 °С, мощность клещей 65 Вт, напряжение питания 36 В, масса 1 кг.

Пиротехническими прессами ППО-95М, ППО-240, а также новым прессом ППОО выполняется оконцовка жил силовых однопроволочных кабелей с сечениями 2,5... 240 мм². Опрессовка производится объемной штамповкой конца жилы с образованием контактной лапки с отверстием под соединительный болт.

Пиротехнические прессы применяются также и для других электромонтажных работ, например для пробивки отверстий в изделиях из стального листа толщиной до 2 мм (ящиках, коробках, кожухах).

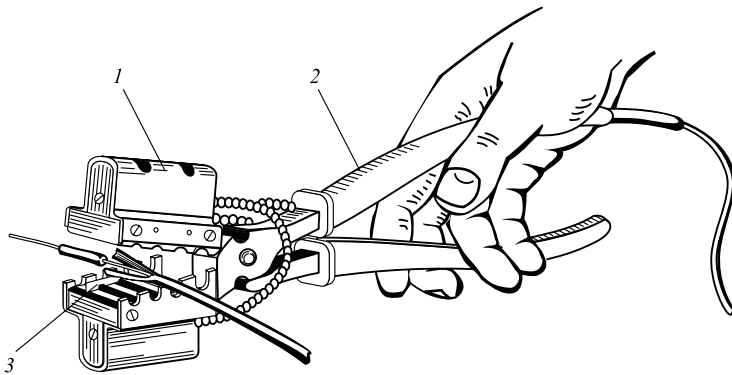


Рис. 3.24. Термоклеши ТК-1:

1 – нагревательные элементы; 2 – рукоятка; 3 – головка с ножами

Пиротехнический пресс ППО-95 (рис. 3.25) предназначен для оконцовки однопроволочных алюминиевых жил с сечениями 25...95 мм². Пуансон, перемещаясь под действием пороховых газов патрона вдоль оси пресса, производит формовку конца жилы кабеля за один выстрел. В качестве источника энергии пресса применяются патроны Д4 и МПУ-3 с пороховым зарядом в 1 г и укупоркой желтого цвета. Производительность пресса 40 выстрелов в час, масса 8,5 кг.

Универсальный набор инструментов соединения и оконцовки *НИСО* предназначен для алюминиевых жил проводов и кабелей с сечениями 16...240 мм², а также для скругления секторных однопроволочных жил кабелей с сечениями 25...240 мм² и секторных ком-

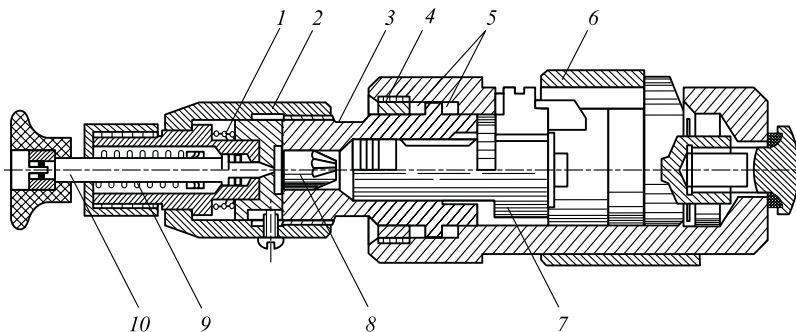


Рис. 3.25. Пиротехнический пресс ППО-95:

1 – возвратная пружина; 2 – корпус; 3 – ствол; 4 – замковая гайка; 5 – амортизатор; 6 – кожух; 7 – пуансон; 8 – патрон; 9 – боевая пружина; 10 – ударник

бинированных жил с сечениями 120...185 мм². Набор состоит из матриц и пуансонов, уложенных в ячейки панели футляра, на котором указана их маркировка, и используется он при работе с прессами ПГЭ-20 и ПГР-20М1. Масса набора 7 кг.

Набор инструментов НИОМ с унифицированным посадочным местом и стандартными медными наконечниками и гильзами предназначен для опрессовки медных жил всех конструкций, в том числе сегментной и секторной формы. При использовании этого набора номенклатура используемых наконечников и гильз для жил с сечениями 16...240 мм² сокращается до 10 типоразмеров, при этом упрощается их маркировка (цифровые обозначения сечений опрессовываемых жил наносят выштамповкой) и не требуется специальный инструмент для скругления. Масса набора 4 кг.

Инструменты ИУСА и УСА используются для опрессовки алюминиевых наконечников и жил соответственно однозубым и двухзубым вдавливанием; в их комплект входят матрица с пуансоном одного типоразмера.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Перечислите инструменты, служащие для соединения и оконцовки кабеля.
 2. Для чего применяются клещи КСИ-1?
 3. Для чего предназначены инструменты МБ-1М и МБ-2?
 4. Для чего служат пресс-клещи?
 5. Для чего предназначены трубогибы и шиногибы?
 6. Для чего служат ручные гидравлические прессы?
 7. Для чего предназначен ручной механический пресс?
 8. Для чего служат термоклещи?
 9. Для чего применяются пиротехнические прессы?
- II.
 1. Из каких частей состоят клещи КСИ-1?
 2. Как устроены инструменты МБ-1М и МБ-2?
 3. Из чего состоят пресс-клещи ПК-1М и ПК-2М?
 4. Как устроены трубогибы и шиногибы?
 5. Из чего состоит ручной гидравлический пресс ПГР-20М1?
 6. Как устроен ручной механический пресс РМП-7М?
 7. Из чего состоят термоклещи ТК-1?
 8. Как устроен пиротехнический пресс ППО-95?
- III.
 1. Как действуют клещи КСИ-1?
 2. Как работает инструмент МБ-2?
 3. Поясните принцип действия пресс-клещей и гидравлических монтажных клещей.
 4. Как действуют трубогибы и шиногибы?
 5. Как работает ручной гидравлический пресс ПГР-20М1?
 6. Поясните принцип действия ручного механического прессы РМП-7М.
 7. Как работают термоклещи ТК-1?
 8. Поясните принцип действия пиротехнического прессы ППО-95.

Инструменты для сварочных работ

Сваркой называют способ получения неразъемного соединения деталей с обеспечением сплошности материала. Различают дуговую, контактную, плазменно-дуговую и электронно-лучевую сварки.

При дуговой сварке детали нагреваются с помощью электрической дуги. При этом они служат одним из электродов этой дуги. Черные металлы свариваются стальным электродом с обмазкой. В процессе такой сварки электрод расплавляется и образует шов. Детали из цветных металлов чаще свариваются с помощью угольного или графитового электрода – катода. Присадку в этом случае вводят в зону сварки в виде отдельного прутка.

Дуговая сварка отличается повышенной электроопасностью, поэтому напряжение холостого хода источников питания сварочных аппаратов не превышает 90 В, рабочее напряжение составляет 35...70 В, а напряжение дуги находится в пределах 35...50 В.

В зависимости от толщины деталей сварочный ток может быть 100...1200 А.

Аппарат ВКЗ-1 предназначен для автоматической сварки без флюса одножильных алюминиевых проводов с сечениями до 6 мм². Он состоит из сварочного пистолета и корпуса, в котором установлены сварочный трансформатор 220/10,5 В, понижающий трансформатор 220/42 В, реле МКУ-48, катушки с проводом марки ШРПС и штепсельным разъемом. Принцип действия аппарата заключается в оплавлении концов скрученных проводов в монолит при прохождении электрической дуги между ними и электродом. Прекращение сварки в момент оплавления автоматическое. Масса аппарата 44,2 кг.

Установка УСАП предназначена для соединения и оконцовки алюминиевых проводов и кабелей сваркой способом контактного разогрева и состоит из сварочного трансформатора, электродержателя с угольным электродом, сварочных двухэлектродных клещей и двух охладителей со сменными вкладышами. Сварку выполняют в формах из графита, керамики или стали. Разогрев проводов до температуры плавления осуществляется за счет выделения теплоты при контакте угольного электрода с алюминиевой жилой. Угольный электрод в начале сварки плотно прижимается к жилам, а затем, при расплавлении алюминия, остается погруженным в жидкую ванночку до конца процесса. Сварка выполняется с применением флюса марки ВАМИ.

Контактная электросварка может быть стыковой точечной и роликовой. Точечная и роликовая (шовная) сварки производятся на контактных машинах мощными однополярными импульсами тока. При точечной сварке детали устанавливаются между электродами контактной машины и плотно сжимаются, после чего включается ток. В месте контакта дета-

лей металл расплавляется и образуется сварная точка. При роликовой сварке заготовки устанавливаются между роликами. При вращении роликов к ним импульсно подключается ток.

Высококачественная точечная сварка достигается при определенных амплитуде и длительности импульса тока. Коммутация тока производится в цепи первичной обмотки сварочного трансформатора (рис. 3.26). Напряжение и ток вторичной обмотки трансформатора регулируются тиристорными ключами (контакторами), управляемыми специальным управляющим устройством изменения фазы угла их открывания.

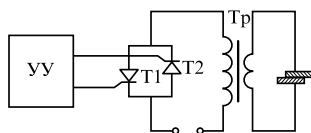


Рис. 3.26. Электрическая схема процесса сварки

УУ – управляющее устройство; Тр – трансформатор; Т1, Т2 – тиристорные ключи

Пистолет ПТЛ-2 предназначен для электрической точечной контактной приварки монтажных полосок толщиной до 0,5 мм к металлоконструкциям электротехнических установок. Он состоит из пластмассовой рукоятки, электрода и пусковой кнопки. Для сварки монтажную полоску прикладывают к зачищенному месту металлоконструкции и прижимают электродом, после чего нажимают пусковую кнопку пистолета, включающую сварочный ток.

Газовоздушная горелка ГПВМ-0,1 предназначена для сварки алюминиевых проводов разных сечений, пайки и других работ, связанных с нагревом. Она состоит из корпуса, держателя, запирающей иглы с маховиком, рукоятки и рукава. В комплект горелки входят паяльник и ванночка для пайки и лужения при кабельных работах. Максимальное сечение обрабатываемых проводов 35 мм²; применяемый газ – пропан-бутан (жидкий); емкость газовых баллонов 1 и 4 л.

Горелка ГПВМ-0,1 входит в состав набора НСП-1 для пропановоздушной пайки, в котором могут находиться два газовых баллона емкостью по 1 л каждый или один баллон емкостью 4 л и 2 м резинового шланга с краном. Соединение горелки с газовым баллоном емкостью 1 л производится через кран шланга, а с баллоном емкостью 4 л – с помощью переходника, ввинчиваемого в гайку при снятом шланге.

Наборы НСПК-1 предназначены для пропанокислородной сварки, которая широко внедряется для соединения и оконцовки алюминиевых жил проводов и кабелей с сечениями 16...240 мм², а НСПК-2 для жил с сечениями более 300 мм².

В настоящее время разработан и внедряется унифицированный набор НСПУ, состоящий из инструментов и приспособлений для сварки и пайки жил проводов и кабелей с сечениями 16...1500 мм². Кроме того, для соединения алюминиевых жил сетей освещения применяется набор НППГ-2.

Ранцевый монтажный полуавтомат ПРМ-4 предназначен для сварки плавящимся электродом в среде защитных газов конструкций из углеродистых и коррозионно-стойких сталей, меди, алюминия и его сплавов. Толщина свариваемых материалов от 1 до 50 мм. Применяется в стационарных и монтажных условиях. Комплект ПРМ-4 состоит из самого ранцевого полуавтомата, электрооборудования к нему и выпрямительной приставки ПВ-400.

Полуавтомат представляет собой ранец, на панели которого монтируются механизм подачи проволоки, съемная кассета (катушка) и горелка со шлангом. В зависимости от свариваемого металла применяется большая (300 А) или малая (200 А) горелки.

Электрооборудование, предназначенное для питания механической части полуавтомата и управления сварочным процессом, состоит из аппаратного шкафа, источника сварочного тока и электромагнитного газового клапана. Электрическая схема полуавтомата обеспечивает плавное регулирование и стабилизацию скорости подачи электродной проволоки, его кнопочный пуск и дистанционное управление, а также включение подачи в зону сварки защитного газа и перемещение электродной проволоки вперед и назад.

В качестве источника питания электрической дуги постоянным током используется выпрямительная приставка ПВ-400 (в комплекте со сварочным трансформатором). Приставка, состоящая из восьми кремниевых силовых вентилях, дросселя, передней и задней панелей, монтируется на тележке и закрывается защитным кожухом. Напряжение питающей сети 200 В, выпрямленного тока 65 В.

Работы по пробивке ниш, отверстий, гнезд, выборке борозд, закреплению конструкций и деталей с помощью пистолета, соединению и оконцовке жил проводов и кабелей с применением электрифицированного, пневматического и другого инструмента должны выполнять рабочие, прошедшие специальное обучение и имеющие удостоверение на право производства данных работ.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Какой инструмент применяется для сварочных работ?
 2. Для чего служит аппарат ВКЗ-1?
 3. Для чего предназначена газовоздушная горелка ГПВМ-0,1?
 4. Где и для чего применяется ранцевый монтажный полуавтомат ПРМ-4?
- II.
 1. Из чего состоит аппарат ВКЗ-1?
 2. Что входит в состав газовоздушной горелки ГПВМ-0,1?
 3. Что входит в комплект ранцевого монтажного автомата ПРМ-4?
- III.
 1. В чем заключается принцип действия аппарата ВКЗ-1?
 2. Каково назначение защитного газа в горелке ГПВМ-0,1?
 3. Объясните принцип управления напряжением и током точечной сварки.

Электромонтажные инвентарные приспособления

При электромонтажных работах используются различные инвентарные приспособления. К ним относятся приспособления для работы на высоте и для такелажных работ, контейнеры для комплектования и перевозки материалов, приспособления для испытания трубопроводов на герметичность и ввертывания электродов заземления и др. Рассмотрим некоторые из них.

Для организации рабочих мест электромонтажников на высоте с учетом правил техники безопасности применяются *инвентарные лестницы и подмости*.

Лестница-стремянка монтажная – ЛСМ (см. рис. 3.27, *а*), сваренная из профильного алюминиевого сплава и алюминиевого листа, состоит из двух шарнирно соединенных звеньев и применяется в качестве приставной лестницы и стремянки. Ее масса 12,5 кг, размер до верхней ступеньки в рабочем положении в качестве приставной лестницы 3180 мм, в качестве стремянки – 2120 мм.

Лестница с площадкой Л-312 (рис. 3.27, *б*) используется для производства работ на высоте до 4,5 м и состоит из двух опор-стоек, сваренных из дюралюминиевого листа, и горизонтальной площадки размером 500 × 600 мм с ограждением. Стойки снабжены опорными изолирующими оконцевателями с рифленой поверхностью и соединены стяжками. В транспортном положении лестницы стяжки снимаются, а стойки складываются. Масса лестницы 28 кг, высота до рабочей площадки 3 м.

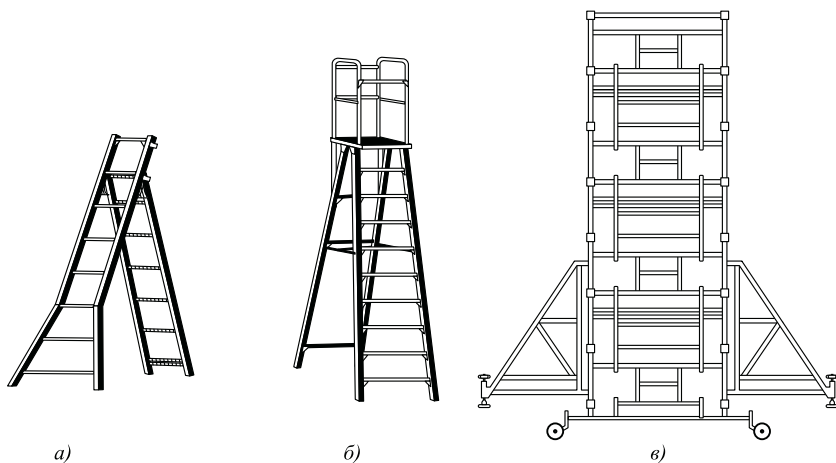


Рис. 3.27. Приспособления для работы на высоте:

а – лестница-стремянка монтажная; *б* – лестница с площадкой Л-312; *в* – сборно-разборные подмости ПСР-7

Сборно-разборные подмости ПСР-7 (рис. 3.27, в), снабженные грузоподъемной поворотной стрелкой для грузов до 100 кг, предназначены для работы двух монтажников на высоте от 2,2 до 7 м. Комплекуют их из опорной рамы и плоских трубчатых секций, которые позволяют собирать различные по высоте подмости с шагом высоты рабочей площадки 0,9 м. Площадь рабочего настила 1500 × 800 мм.

Гидравлическая подъемная платформа ГМПП-5Д (рис. 3.28) предназначена для производства электромонтажных работ на высоте до 6,5 м. Подъем рабочей площадки осуществляется гидродомкратом, вручную рукояткой или электроприводом; перемещается она вручную с помощью тележки с колесами. Масса платформы 390 кг, максимальная высота подъема рабочей площадки 5 м, грузоподъемность 250 кг. Скорость подъема вручную 1,2 м/мин, электроприводом — 5 м/мин.

Роликовая ручная тележка ТРР предназначена для перевозки бухт провода и других грузов по твердому основанию и состоит из рамы, двух колес, двух концевых роликов (вспомогательные

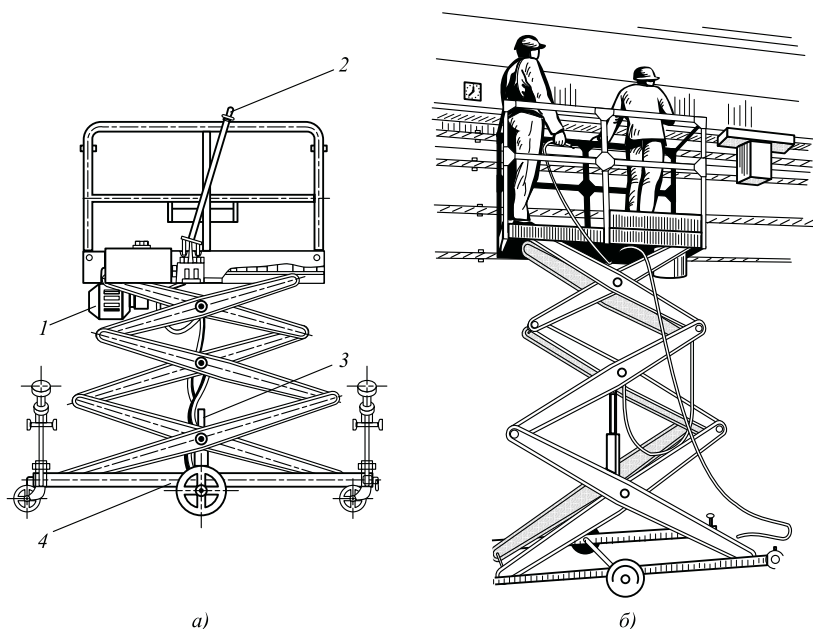


Рис. 3.28. Гидравлическая подъемная платформа с электроприводом ГМПП-5Д:

a – устройство; *б* – прокладка шинпровода с платформы; 1 – электродвигатель; 2 – рукоятка управления гидродомкратом; 3 – гидродомкрат; 4 – тележка

колеса) и съемных трубчатых бортов. Масса тележки 72 кг, грузоподъемность 300 кг.

Телескопический монтажный подъемник «Темп» (рис. 3.29) предназначен для подъема одного рабочего с инструментом и монтажными материалами на высоту до 9 м. Размер рабочей площадки 540×610 мм, скорость подъема и опускания 5 м/мин, грузоподъемность 100 кг, масса 125 кг. Минимальная высота от пола до рабочей площадки 3,9 м, максимальная — 7 м.

Подъемник состоит из тележки, неподвижной и подвижной секций и ручной лебедки, установленной на рабочей площадке.

Тележка *I* служит опорой подъемника и представляет собой разборную объемную конструкцию, изготовленную из дюралюминиевых труб. Четыре ходовых колеса могут свободно поворачиваться вокруг вертикальных осей. В рабочем положении подъемника колеса стопорятся; для его большей устойчивости откидные аутригеры, установленные на тележке, закрепляются. Конструкция ходовых колес обеспечивает установку подъемника по отвесу на неровном полу.

Неподвижная секция *2* представляет собой сварную объемную конструкцию из дюралюминиевых уголков, шарнирно соединенную с тележкой. В рабочем вертикальном положении нижняя часть телескопического устройства прижимается к поперечинам тележки при помощи двух эксцентриков. В транспортном горизонтальном положении неподвижное телескопическое устройство удерживается двумя гибкими растяжками, связывающими его с тележкой. Подвижная секция *3*, в верхней части которой крепится рабочая площадка *4* с лебедкой *5*, также представляет собой сварную дюралюминиевую конструкцию. Подвижная секция перемещается внутри неподвижной по текстолитовым роликам.

Подъем и опускание рабочей площадки осуществляется с помощью ручной лебедки, подъемный канат которой проходит

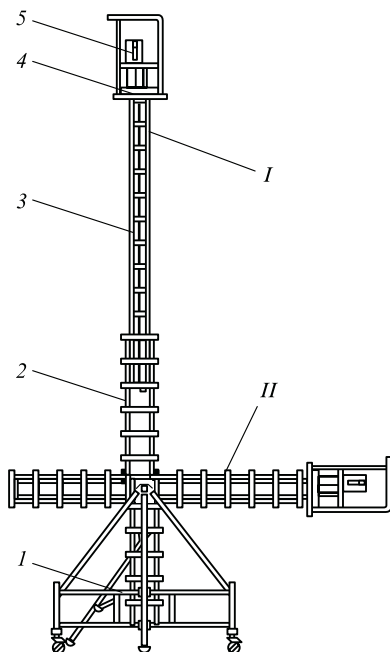


Рис. 3.29. Телескопический монтажный подъемник «Темп»: *I* — тележка; *2, 3* — соответственно неподвижная и подвижная секции; *4* — рабочая площадка; *5* — лебедка; *I* — рабочее положение; *II* — транспортное положение

через блоки подвижного телескопического устройства и одним концом закрепляется на неподвижной секции. При вращении рукоятки лебедки по часовой стрелке рабочая площадка вместе с монтажником поднимается, а при вращении ее против часовой стрелки — опускается. На случай обрыва каната предусмотрены ловители, которые стопорят подвижную секцию относительно неподвижной во время свободного падения. Подъемник транспортируется на колесах одним рабочим.

Малогабаритный передвижной подъемник (МПП) имеет гидравлический привод для подъема, а перемещается вручную. Грузоподъемность подъемника 300 кг, высота подъема груза 1600 мм, скорость подъема 50 м/мин, масса 100 кг.

Для механизации транспортировки грузов в монтажной зоне выпускаются тележки нескольких типов.

Тележку типа ТПБ (рис. 3.30, а), передвигаемую вручную, применяют для перевозки к месту установки отдельных или сблокированных между собой шкафов, камер, щитов и других электротехнических изделий. Она состоит из двух одноосных полутележек, соединенных между собой двумя стальными канатами, и рассчитана для перевозки изделий массой до 2 т. Для погрузки площадки полутележек с двух противоположных сторон подводятся под основания изделия, установленного на подкладках высотой около 50 мм, стальные канаты сматываются с барабанов на необходимую длину, а петли, имеющиеся на их концах, накидываются на крюки натяжных устройств. После доставки изделия к месту установки канаты ослабляются и изделие саморазгружается. Грузоподъемность тележки 2000 кг, масса 200 кг.

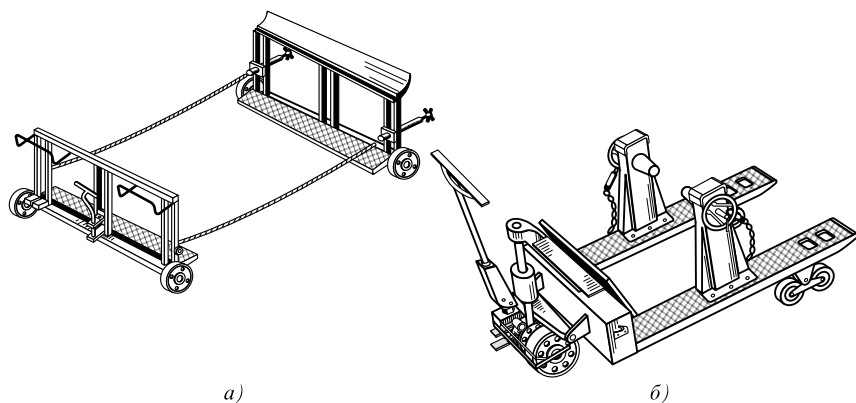


Рис. 3.30. Тележки типа ТПБ (а) для транспортировки комплектных электрических устройств и типа ТГБ (б) для транспортировки кабельных барабанов

Специальная тележка типа ТГБ (рис. 3.30, б), предназначенная для погрузки, транспортировки, разгрузки и раскатки тяжелых барабанов с кабелем, а также для транспортировки электрооборудования, состоит из рамы, гидравлического домкрата, зажима, колес, системы тяг и рычагов и складывающейся грузовой площадки. С помощью гидравлического домкрата с системой тяг и рычагов осуществляется подъем рамы для погрузки и ее опускание при разгрузке. В комплект тележки входит складная площадка, которая крепится к раме тележки при транспортировке малогабаритного электрооборудования. Грузоподъемность тележки 600 кг, масса 80 кг, а максимальная высота подъема рамы 100 мм.

Канаты и стропы, широко применяющиеся при такелажных работах (погрузке, разгрузке, горизонтальном перемещении и подъеме), могут быть пеньковые и стальные проволочные (тросы). Пеньковые канаты используются обычно для оснастки механизмов малой грузоподъемности (не более 200 кг), а стальные как более прочные – для подъема и перемещения грузов более 200 кг. Стропы (рис. 3.31) служат для подвешивания (подвязывания) груза на крюк подъемного механизма. Они могут быть универсальные, облегченные с кольцами и облегченные с крюками. При такелажных работах применяются также различные механизмы и приспособления: блоки, лебедки, полиспасты, тали, домкраты и др.

Блоки служат для изменения направления каната и уменьшения тягового усилия при подъеме и перемещении грузов. По числу роликов блоки делятся на однорولیковые, двухроліковые, трехроліковые и т. д.

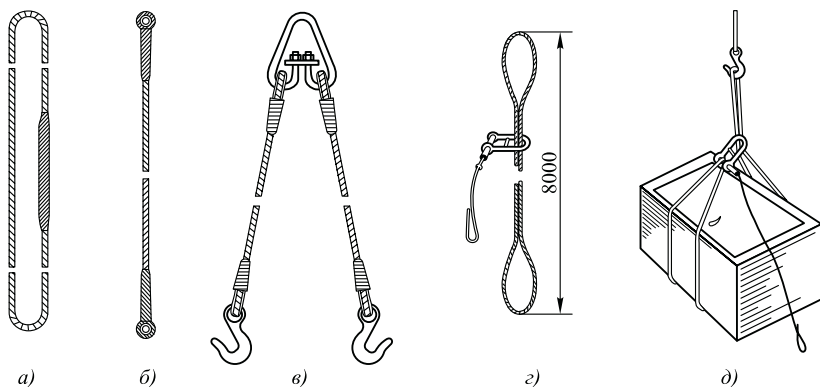


Рис. 3.31. Стропы универсальные (а), облегченные с кольцами (б), облегченные с крюками (в), общий вид замка со стропами (г), подъем шкафа станции управления (д)

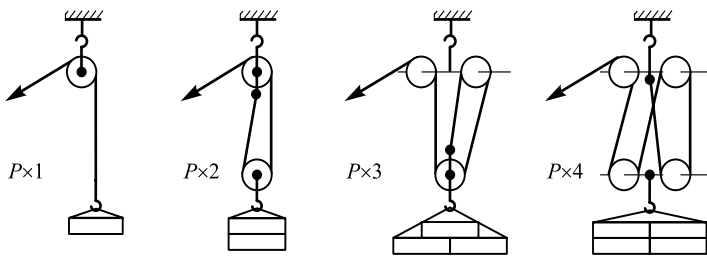


Рис. 3.32. Схемы полиспастов

Однорولیковые блоки, служащие для изменения направления каната, называются отводными. Ролики в этих блоках привязываются неподвижно у места изменения направления каната. Чтобы избежать протаскивания длинного конца каната через блоки, их выполняют с откидными деталями (щеками). Отводные блоки вместо крюка для подвешивания груза снабжаются серьгой. Диаметр ролика блока должен быть не меньше 10-кратного диаметра пенькового каната или 18-кратного диаметра троса.

Полиспасты состоят из верхнего неподвижного и нижнего подвижного однорولیковых или многорولیковых грузовых блоков. Тяговое усилие на канате при одинаковом грузе определяется числом ниток каната в полиспасте. На рис. 3.32 приведены схемы полиспастов; цифры указывают, во сколько раз может быть увеличен вес P груза, поднимаемого полиспастом, по сравнению с весом груза, поднимаемого однорولیковым блоком, при одинаковом тяговом усилии на канате. Полиспасты обычно применяются в сочетании с лебедками в грузоподъемных кранах, оснащенных тормозными устройствами.

Тали бывают ручные и электрические. Ручная таль представляет собой переносный грузоподъемный механизм, состоящий из цепного полиспаста и приводного механизма с тормозным устройством. По конструкции тали могут быть двух типов: с червячной и шестеренчатой передачами. Наибольшее распространение получили тали с червячной передачей (рис. 3.33).

Тали неподвижно подвешивают у места работ и приводят в действие снизу ручным натяжением тяговой цепи 3, вращающей при этом тяговое колесо 2, осью которого служит червяк. Последний приводит во вращение червячное колесо 1 со звездочкой для захвата грузовой цепи 5. Грузовая цепь, один конец которой крепится на неподвижной верхней части тали, вращает ролик 4 нижнего грузового блока, приводя его в поступательное движение, в результате чего груз поднимается или опускается. Тормозное устройство тали действует автоматически под давлением поднятого

груза. Тормоз обеспечивает плавное опускание груза, которое происходит только при воздействии на тяговую цепь.

Электрические тали (тельферы) в отличие от ручных оборудуются двумя электродвигателями, один из которых служит для подъема груза, а другой — для горизонтального передвижения тали по монорельсу. При подъеме груза соответствующий электродвигатель через систему зубчатой передачи приводит во вращение барабан, на который наматывается стальной канат полиспаста. Механизм подъема груза имеет электромагнитный тормоз. Другой электродвигатель через систему зубчатой передачи приводит во вращение ведущие колеса тали, которые катятся по монорельсу.

Домкраты представляют собой переносные механизмы, применяемые для подъема, перемещения на небольшие расстояния или для разворота в горизонтальной плоскости тяжелого оборудования и других грузов. По конструкции домкраты делятся на реечные, винтовые (или бутылочные) и гидравлические.

Реечный домкрат (рис. 3.34, а) состоит из деревянного или стального корпуса 3, внутри которого перемещается стальная зубчатая рейка 2, заканчивающаяся сверху поворотной головкой 1 для опоры груза, а снизу лапой 5 для подхвата и подъема низко расположенного груза. Рейка находится в зацеплении с зубьями шестерни, приводимой во вращение рукояткой 4. Для подъема и опускания груза рукоятку вращают в ту или другую сторону, в результате чего рейка перемещается в нужном направлении. Храповый механизм предотвращает опускание рейки под действием массы поднимаемого груза.

Винтовой домкрат (рис. 3.34, б) состоит из стального корпуса 3 в верхней части которого имеется отверстие с прямоугольной или трапециевидальной резьбой, винта 7 со свободно поворачивающейся на нем головкой 1 для упора груза и рычага 6 с храповиком. Для подъема или опускания груза качают рычаг с храповиком, а в некоторых домкратах поворачивают в нужную сторону винт с помощью стержня, вставляемого в отверстия винта. Винтовые домк-

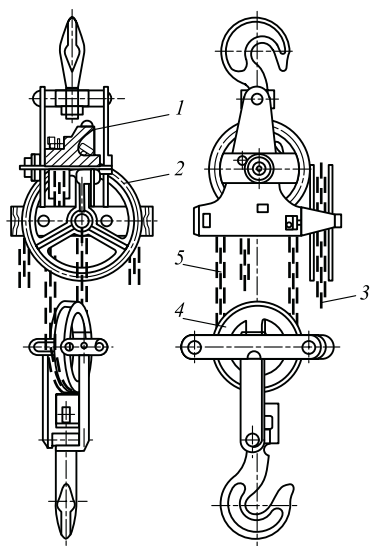


Рис. 3.33. Таль с червячной передачей:

1 — червячное колесо; 2 — тяговое колесо; 3 — тяговая цепь; 4 — ролик нижнего блока; 5 — грузовая цепь

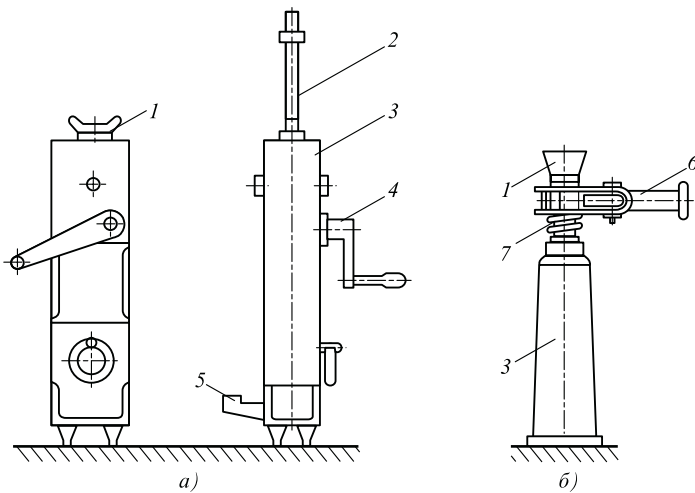


Рис. 3.34. Реечный (а) и винтовой (б) домкраты:

1 – головка; 2 – зубчатая рейка; 3 – корпус; 4 – рукоятка; 5 – лапа;
6 – рычаг с храповиком; 7 – винт

раты обладают свойством самоторможения, вследствие чего исключается самоопускание винта под действием массы поднимаемого груза, что повышает их надежность.

Гидравлические домкраты применяются для подъема тяжелого и крупногабаритного оборудования на небольшую высоту. Они приводятся в действие или собственным ручным насосом, составляющим единое целое с домкратом, или отдельно стоящим насосом.

Принцип работы гидравлического домкрата основывается на перемещении поршня в цилиндре под действием созданного насосом высокого давления рабочей жидкости (обычно масла). Массу поднимаемого груза воспринимает на себя поршень.

Электромонтажные работы на высоте можно производить с лесов или подмостей с настилами шириной не менее 1 м, имеющих надежное ограждение в виде перил высотой не менее 1 м, с исправных стремянок и приставных лестниц. При необходимости можно работать на высоте с неогражденных поверхностей или с постоянно укрепленных лестниц, но с наличием проверенных и испытанных предохранительных поясов.

Запрещается прикрепляться предохранительными поясами к приставным лестницам и стремянкам во время работ на них (допустимо, если лестницы крепятся к строительным конструкциям). Запрещается работать с лестниц и стремянок около работающих машин и над ними, вблизи токоведущих частей, находящихся под напряжением и незащищенных от случайного прикосновения к

ним. При необходимости работающие машины должны быть остановлены, а токоведущие части отключены и заземлены.

Для переноски и хранения инструментов, болтов и установочных деталей лица, работающие на высоте, должны быть снабжены индивидуальными ящиками или сумками.

При выполнении работ на высоте запрещается подниматься и опускаться по тросам и канатам, пользоваться для этой цели подъемными монтажными механизмами, переходить по незакрепленным конструкциям и работать на них, а также перелезать через ограждения и садиться на них.

При производстве электромонтажных работ с высоко расположенных подмостей и приставных лестниц должны быть приняты меры, исключающие возможность наезда на них мостовых кранов или перемещаемых кранами грузов.

Работать разрешается только исправным ручным инструментом. Ручные инструменты ударного действия (зубила, пробойники) не должен иметь повреждений (сколов, выбоин) рабочих кромок, заусенцев и зазубрин в месте захвата инструмента рукой, а также трещин и заусенцев на затылочной его части.

Рабочие места, на которых имеются открытые проемы в наружных стенах, отверстия в перекрытиях, опасные зоны, оборудуются защитными ограждениями с надписями, предупреждающими об опасности.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Какие приспособления для работы на высоте вы знаете?
 2. Для чего предназначена роликовая ручная тележка?
 3. Для чего служат канаты, стропы и блоки?
- II.
 1. Что представляет собой монтажный подъемник «Темп»?
 2. Какие типы тележек вы знаете?
 3. Из чего состоят полиспасты?
- III.
 1. Что представляют собой тали?
 2. Какие домкраты вы знаете и как они устроены?

3.3. Специализированные машины и передвижные мастерские

Новой формой организации монтажа является создание специализированных по отдельным видам электромонтажных работ машин и передвижных мастерских. Спецмашины и мастерские укомплектовываются средствами механизации, приспособлениями, инструментом, крепежными деталями и установочными изделиями. Для транспортировки крупных средств механизации, а также комплектов электромонтажных заготовок и материалов используются автоприцепы.

Специализированные машины и передвижные мастерские позволяют использовать двигатель автомобиля для привода механизмов, а автономные источники электроэнергии для питания электрифицированного инструмента. Наличие автономных источников электроэнергии в машинах и мастерских повышает их мобильность, позволяя широко применять их при отсутствии постоянного источника электроэнергии.

При наличии внешних источников электроэнергии имеющееся оборудование позволяет подключать мастерскую к электросети для обеспечения освещения рабочих мест и работы электрифицированных инструмента и приспособлений.

Передвижные мастерские со спецмашинами, оборудованные радиосвязью, позволяют осуществлять более полную и оперативную связь технического руководства с бригадами.

Специализированные передвижные мастерские, оборудованные ящиками-сиденьями, шкафами с отделениями для рабочей и чистой одежды, столами, умывальниками, обеспечивают при отсутствии на строительной площадке бытовых помещений нормальные производственные и санитарно-гигиенические условия для рабочих.

В мастерских хранятся техническая документация, необходимая для производства работ, инструкции и плакаты по технике безопасности, а также комплекты средств индивидуальной защиты, испытанные в соответствии с действующими правилами.

Специализированные автомашины с прицепами для монтажа электроосвещения жилых домов и гражданских зданий оснащаются генератором мощностью 12 кВт, преобразователем частоты, радиостанцией двухсторонней связи, сварочным трансформатором и слесарным верстаком; на прицепе устанавливают контейнеры для монтажных инструментов и материалов.

Специализированные автомашины с прицепами для монтажа силового электрооборудования должны иметь средства малой механизации, генератор мощностью 12 кВт, подъемное приспособление грузоподъемностью около 1000 кг и радиостанцию двухсторонней связи; на одноосном прицепе устанавливаются сварочное оборудование и преобразователь частоты. На машине имеются также ящики с механизмами, инструментом и различными приспособлениями, лестницы и стремянки.

Специализированная автомашина для выполнения дыропробивных, сварочных работ и монтажа контуров заземления укомплектовывается слесарным верстаком, генераторами переменного и постоянного тока, радиостанцией двухсторонней связи. В кузове помещаются контейнеры с монтажным инструментом и материалами, кабельные барабаны и электроды заземления, компрессор, электродрели, электро- и пневмомолотки с набором пробивного инструмента, проводов и шлангов.

На специализированном автоприцепе для монтажа трансформаторных подстанций и закрытых распределительных устройств устанавливаются слесарный верстак, сварочный трансформатор, лебедка, домкрат и контейнер с инструментами и материалами.

Аналогично комплектуются и другие спецмашины и прицепы.

Вопросы для самоконтроля

- I. 1. Для чего создают специализированные машины и мастерские?
2. Каково назначение автоприцепа к специализированным машинам?
- II. 1. Каким оборудованием оснащены специализированные машины?
2. Как повышается мобильность специализированных машин?
- III. 1. Каковы возможности специализированных машин и мастерских?
2. Каким оборудованием снабжена специализированная машина, если она предназначена для дыропробивных и сварочных работ?

3.4. Линии заготовки и технологической обработки элементов осветительных электроустановок

Большую роль в индустриализации электромонтажных работ играют мастерские электромонтажных заготовок (МЭЗ) – производственная база электромонтажных организаций. В мастерских выполняют сборку укрупненных монтажных блоков, заготовку трубных трасс и шин, сборку ошиновки, заготовку электропроводок, комплектных линий и элементов заземляющих устройств, ревизию и зарядку светильников, сборку их в блоки, а также изготавливают нестандартные изделия и конструкции. Современные мастерские – это участок электромонтажных заготовок и сборки укрупненных блоков.

Предварительная сборка оборудования, конструкций и изделий в укрупненные блоки и увеличение выпуска электромонтажных заготовок определяют получение значительного экономического эффекта. Работы выполняются в мастерских с применением механизмов и приспособлений заблаговременно, еще до готовности к монтажу строительных сооружений. Для монтажа электрических конструкций, оборудования и сетей, предварительно скомплектованных в укрупненные блоки, требуется меньшее число рабочих и более короткие сроки.

Заготовительные сварочные работы в МЭЗ выполняются на механизированных поточных технологических линиях, оснащенных высокопроизводительными инструментами и приспособлениями. Кроме обработки проводов и кабелей и маркировки заготовок бирками на технологических линиях или стендах (при малом объеме работ) производится комплектация узлов электропроводок и целых линий в контейнеры вместе с крепежными деталями, конструкциями и изделиями, которые затем транспортируются к месту

производства работ. Размеры заготовок принимаются по замерам или чертежам с выборочной проверкой по месту до передачи заказа в мастерскую. Номенклатура блоков и монтажных заготовок весьма разнообразна для всех видов электроустановок.

Основным направлением в индустриализации монтажа электросетей является централизованная стендовая заготовка элементов электропроводок и кабельных линий. Метод предварительной заготовки электрических сетей на технологических линиях МЭЗ впервые был разработан и широко внедрен в нашей стране. Заготовленные линии электропроводок вместе с установочными изделиями и приборами, крепежными деталями и конструкциями заводского изготовления укладывают в контейнеры и доставляют к месту монтажа.

Предварительная заготовка труб и сборка трубных блоков производится в мастерских отдельных монтажных организаций централизованно для всех монтажных объектов по замерам или чертежам рабочего проекта и журналам заготовки труб.

Блоки значительной протяженности для удобства транспортировки на машинах собирают из разборных секций. Отдельные трубные участки изготавливают и собирают в комплекте с соединительными ответвительными коробками и затянутыми проводами. Индустриальная заготовка стальных труб в мастерских сокращает трудозатраты примерно на 30 % по сравнению с заготовкой труб на месте монтажа.

Одиночные шины, элементы ошиновки и комплектные шинные устройства изготавливаются и собираются в мастерских по чертежам проекта или по снятым с природы замерам. Элементы ошиновки собираются вместе с опорными конструкциями, изоляторами, шинодержателями и другими деталями. Комплектные шинные устройства, например ошиновки трансформаторов, состоят из смонтированных на каркасе разъединителей с приводом, самой ошиновки на опорных изоляторах и проходной плиты.

Открытые шинные магистрали для канализации электроэнергии от внутрицеховых подстанций до распределительных пунктов цехов изготавливаются в мастерских, наматываются на кассеты и транспортируются на монтаж в комплекте с натяжными устройствами, компенсаторами и другими деталями.

Многопанельные щиты собираются укрупненными блоками по несколько панелей в блоке, исходя из условий транспортировки и монтажа на месте (размеров щитовых помещений, монтажных проемов, необходимости использования подъемных механизмов), с полностью законченной ошиновкой, вторичными проводками и предварительной наладкой.

В местах разъема блоков все стыки шин и связи вторичных цепей на время перевозки маркируются и разъединяются. Монтаж

блоков и сборка их в щиты производятся на закладных металлоконструкциях, заранее установленных при строительстве помещения, и сводятся только к установке, восстановлению межблочных связей по маркировке и присоединению проводов и кабелей внешней связи.

Панели магнитных станций собираются на конструкциях, укомплектованных необходимыми скобами, бирками и оконцевателями для отходящих фидеров. Ящики сопротивлений устанавливаются на конструкциях, и по монтажным рейкам прокладываются провода связи между ними и панелями магнитных станций. Полностью смонтированные панели магнитных станций собираются по три-четыре в блоки длиной до 5 м и массой до 3 т и комплектуются приспособлением для транспортировки в виде инвентарных раскосов.

В мастерских выполняются и другие заготовки: блоки для силовых и осветительных электроустановок (например, блоки магнитных пускателей, собираемые вместе с пусковыми кнопками на конструкциях из перфорированного профиля, с выполненными внутри соединениями, маркировкой и надписями); элементы заземления с опорными и закладными деталями; кабельные заготовки в виде пакетов контрольных и специальных кабелей; блоки цеховых троллеев, в состав которых входят опорные конструкции с установленными на них изоляторами, троллеедержателями и компенсаторами; окрашенные токопроводы длиной 6 м; вспомогательные уголки для сварки соседних участков троллеев встык и планки для подсоединения питания к троллеям и др.

Централизованная заготовка и обработка электропроводок и комплектных осветительных линий производится на стендах и технологических линиях в монтажных мастерских. Заводами также выпускаются специальные механизмы, которыми комплектуются эти линии.

Технологическая линия КМО-3 по обработке и заготовке проводов осветительных линий состоит из комплекта механизмов, но каждый из них может быть использован и отдельно.

Механизм для резки и отсчета заготовок проводов (рис. 3.35) представляет собой металлический шкаф 3, внутри которого размещаются барабан и привод. На панели механизма устанавливаются рихтовочное устройство, мерное устройство 1 со счетчиком отмера длины и отсчета заготовок, а также головка 2 для резки проводов.

Требуемая длина и число отрезаемых проводов программируются. Длина отрезанного провода определяется частотой вращения счетчика (один оборот соответствует 10 мм), а число отрезаемых проводов задается набором соответствующего числа на нем. Отрезаемый провод с размоточного барабана пропускается между рихтовочными роликами, роликами мерного и тянущего устройства.

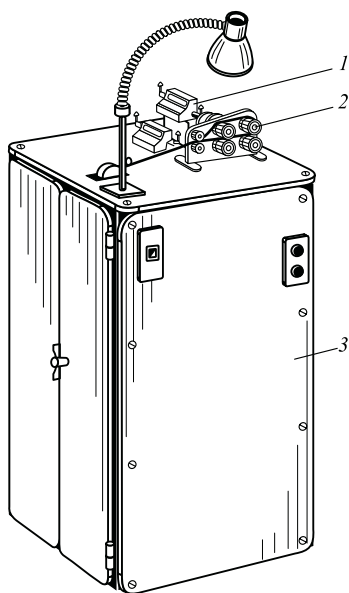


Рис. 3.35. Механизм для резки и отсчета заготовок проводов:
 1 – мерное устройство; 2 – головка с электродвигателем для резки проводов; 3 – шкаф с электроприводом и размоточным барабаном

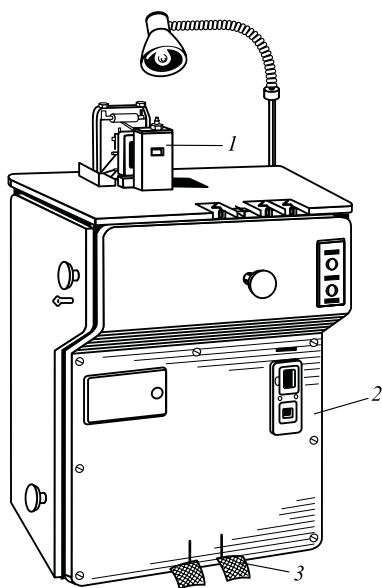


Рис. 3.36. Механизм для снятия изоляции с проводов и закручивания контактных колец:
 1 – головка механизма с режущими ножами и оправкой для образования колец; 2 – шкаф с электроприводом; 3 – педальный привод

После включения механизма резка и отсчет заготовок производятся автоматически. Сечения жил обрабатываемых проводов могут быть от 1,5 до 6,0 мм², скорость протягивания провода 16,3 м/мин, минимальная длина отрезаемой заготовки 100 мм.

Механизм для снятия изоляции с проводов и закручивания контактных колец (рис. 3.36) представляет собой металлический шкаф 2, внутри которого размещен привод. На верхней панели размещается головка 1 механизма с режущими ножами для снятия изоляции и оправкой для образования колец. Педальный привод 3 состоит из электродвигателя, редуктора, рычажно-кулачкового механизма и пусковой аппаратуры. Изоляция с обрабатываемого провода снимается в головке режущими ножами; одновременно разрезается перемычка двужильных проводов. После выполнения одного цикла операции механизм автоматически отключается.

Сечения жил проводов, с которых снимается изоляция, могут быть 2,5... 10 мм², а при закручивании контактных колец 2,5... 4 мм², длина снимаемой изоляции до 50 мм, длина разрезаемой пленки

42 мм, внутренний диаметр закручиваемых контактных колец 3,2; 4,2; 5,2; 6,2 мм.

Сменный инструмент механизма (ножи, вкладыши) и запчасти хранятся в специальном выдвижном ящике.

Механизм (рис. 3.37) для скручивания проводов, подрезки, сварки и контроля заготовок проводов представляет собой механический шкаф 2, внутри которого размещаются привод и сварочный трансформатор. На верхней панели установлены головка 4 для скручивания концов жил проводов и подрезки торцов, приспособления для сварки и стенд 6 для контроля изоляции. В состав приспособлений для сварки входят ручные клещи 5 и электрододержатель с угольным электродом. Педальный привод 1 состоит из электродвигателя и редуктора с приводной кулачковой муфтой.

Жилы обрабатываемых проводов закладываются в квадратный зев головки до упора, и нажатием на педальный привод приводится в движение шпиндель головки, в результате чего происходит скручивание проводов. Подрезка скрученного пучка проводов, вставленного в отверстие диска соответствующего диаметра, осуществляется ножом при нажатии на педальный привод, после чего свариваемый пучок жил зажимается клещами и сваривается угольным электродом.

При подключении заготовки к зажимам стенда для контроля изоляции и отсутствии нарушений в ней загорается сигнальная лампа.

Сечения обрабатываемых проводов могут быть от 1,5 до 6,0 мм², а число жил с максимальным сечением, скручиваемых одновременно – 12.

Технологическая линия КМО-6 для обработки проводов с сечениями до 10 мм², предназначенных для осветительных сетей, состоит из следующего комплекта механизмов и устройств: автомата АРС, механизмов ЗК и СП, установки УС, размоточной вертушки БС и монтажного стола МС.

Автомат АРС, состоящий из устройств рихтующего плоские провода, подающего их, разрезающего пленку, тянущего и бухтующего

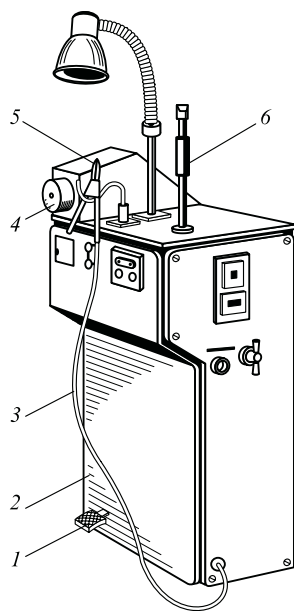


Рис. 3.37. Механизм для скручивания проводов, подрезки, сварки и контроля заготовок:

- 1 – педальный привод; 2 – шкаф с электроприводом; 3 – щиток управления; 4 – головка для скручивания проводов и подрезки торцов; 5 – клещи для сварки; 6 – стенд для контроля изоляции

щего, а также устройств для отмера и отсчета проводов, выполняет мерную резку, отсчет числа жил, снятие изоляции с проводов, а также расцветку заготовки. Число жил в обрабатываемых проводах может быть до трех, длина снимаемой изоляции 30 мм, время снятия изоляции и разрезания провода 2,5 с.

Механизм ЗК производит одновременное закручивание до трех контактных колец с внутренним диаметром 3,2; 4,2; 5,2 и 6,2 мм. Механизм СП, предназначенный для скручивания и подрезки жил проводов, состоит соответственно из приспособления для скручивания оголенных жил и приспособления для подрезки жил проводов после скрутки. Одновременно такой механизм может скручивать 12 жил с сечением 6 мм².

На установке УС сваривают скрученные жилы, очищают их от шлака и изолируют. На монтажном МС столе установки смонтированы винтоверт, механическая отвертка, накопители собранных проводов, емкости под арматуру и контрольное устройство для проверки качества контактных соединений.

Технологическая линия КМБ-4 по обработке и заготовке проводов с сечениями от 16 до 240 мм² и небронированных кабелей с диаметрами 16...65 мм служит для размотки проводов и кабелей с бухт или барабанов, правки и резки их на мерные отрезки, снятия изоляции с концов жил, опрессовки наконечников и мотания в бухты отрезков проводов длиной более 5 м.

Комплект линии включает в себя механизмы МРБ для мерной резки проводов и МСБ для снятия изоляции с них, кабельный домкрат ДК-3, универсальную вертушку для сматывания проводов с бухт, тележку для накопления и транспортировки отрезков проводов в бухтах, стол комплектования проводов с приспособлением для изготовления маркировочных бирок, стойку, гидропресс ПГЭП-2 и стол-накопитель для отрезков проводов.

Механизм МРБ для мерной резки проводов с большими сечениями и небронированных кабелей представляет собой металлический шкаф, на верхней панели которого установлены ролики, мерное устройство со счетчиком и механизм с ножами для резки провода. Приводы подачи провода с намоточного барабана и механизма резки размещаются внутри МРБ. Конец провода, предварительно заведенный вручную в направляющие ролики, после включения МРБ подается протяжными роликами, вращающимися от привода подачи провода. Скорость протягивания провода составляет 20 м/мин. Перемещаясь, провод приводит в движение мерный ролик, который через редуктор передает движение валу счетчика. Длина отрезаемого провода определяется числом оборотов вала счетчика (один оборот соответствует 10 мм). После отсчета заданного числа оборотов вала счетчик отключает электродвигатель привода подачи провода и включает электродвигатель ме-

ханизма резки, который после выполнения операции автоматически отключается. Минимальная длина отрезаемой заготовки 100 мм.

Для намотки на барабан конец провода прикрепляют к одной из его зажимных лапок барабана. Вращение барабана осуществляется через раздаточную коробку и цепную передачу от привода подачи.

Механизм МСБ представляет собой металлический шкаф, на верхней панели которого установлен блок для снятия изоляции с проводов больших сечений. Привод, состоящий из электродвигателя, клиноременной передачи и червячного редуктора с кулачком, размещается внутри механизма.

На линии КМБ-4 механизированы операции размотки, отмеривания и резки проводов, а также снятия изоляции с концов жил проводов, зачистки жил и опрессовки кабельных наконечников. При отрезке провода или кабеля длиной более 5 м предусмотрено бухтование. Длина и число отрезков провода задается оператором с помощью счетчика.

Технологическая линия для заготовки тросовых проводов обычно состоит из двух частей (расположенных отдельно или вместе): линии предварительной обработки стальной проволоки и линии для заготовки и сборки тросовых электропроводов.

Первая часть линии состоит из вертушки для размотки проводов (проволоки), механизмов для правки, снятия окалины и окраски стальной проволоки, электропечи для сушки окрашенной проволоки и тянущего устройства для ее намотки. Для размещения этой части линии требуется площадь в 40 м², ее годовая производительность составляет примерно 300 км.

Вторая часть линии комплектуется механизмом для протягивания, отмеривания и резки проволоки, размоточными барабанами, столом-верстаком для сборки заготовок и приемной вертушкой. В ее состав входит также барабан с обработанной проволокой. Для размещения этой части линии требуется площадь 40...50 м², ее годовая производительность составляет 120 км.

Рихтовка и очистка от окалины выполняются путем перегиба проволоки внутри рихтовочной вращающейся головки и одновременно ее протягивания. При этом окалина по лотку сыпается в ящик. Приспособление для рихтовки приводится во вращение клиноременной передачей от электродвигателя. Окраска проволоки осуществляется протягиванием ее через ванночку с лаком, находящуюся в специальной камере. Диаметр обрабатываемой проволоки 4...6 мм, скорость ее движения 2,5 м/мин.

Электропечь для сушки стальной проволоки, покрытой антикоррозийным лаком, состоит из каркаса, камеры нагрева, охлаждающей установки и термопары. Камера нагрева имеет шесть нагревательных элементов, расположенных на ее боковых стенках.

Регулирование температуры нагрева камеры осуществляется потенциометром, установленным в шкафу управления и соединенным с термопарой специальным проводом. Охлаждающая установка заполняется водой, поступающей из общей магистрали, а использованная вода отводится в общую канализацию. Рабочая температура камеры нагрева 400...450 °С, время разогрева до ее рабочей температуры 50 мин.

Если в проводнике выделяется теплота, которая затем передается объекту нагрева, то происходит косвенный нагрев; проводник в этом случае называют электронагревателем или нагревательным элементом.

Простейшая печь косвенного нагрева (рис. 3.38) имеет кожух 1, воспринимающий механические нагрузки, который обложен огнеупорным 2 и теплоизоляционным 3 слоями материалов, образующих стены, свод 8 и под 6 печи. На поверхности свода, стен и на части пода с помощью специальной огнеупорной арматуры укреплены нагревательные элементы 5, излучающие теплоту на изделие 4. Материал нагревательных элементов имеет большое удельное электрическое сопротивление, устойчив к высоким температурам и химическому воздействию окружающей его среды. Этим требованиям удовлетворяют сплавы никеля, хрома, железа и ниома. В печи имеется отверстие, служащее для загрузки и выгрузки изделий, которое закрывается футерованной дверцей 7.

Печи косвенного нагрева подключаются непосредственно к трехфазной сети тока напряжением 380, 660 В или к понижающим электропечным трансформаторам. Коммутационная аппаратура управления и автоматического регулирования устанавливается в специальных щитах. При большом числе печей в цехе устраивается один контрольно-распределительный пункт, в котором размещается вся аппаратура. Для поддержания температурного режима печей их мощность регулируется переключением ступеней напряжения питающих трансформаторов либо специальным регулятором напряжения, например тиристорным.

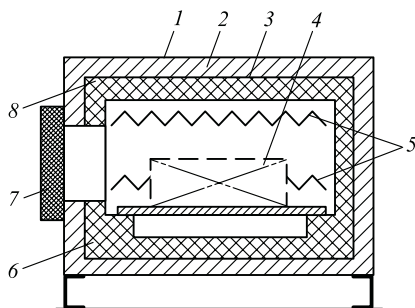


Рис. 3.38. Печь косвенного нагрева: 1 – кожух; 2 – огнеупорный слой; 3 – теплоизоляционный слой; 4 – изделие; 5 – нагревательный элемент; 6 – под печи; 7 – дверца; 8 – свод печи

Тянущее устройство для протягивания и намотки стальной проволоки состоит из инвентарного барабана, ось которого через червячный редуктор соединена с шарнирным валом привода, осуществляющим его вращение. Скорость движения проволоки 2,2 м/мин.

Механизм для протягивания, отмеривания и резки стальной горячекатаной проволоки (катанки) состоит из корпуса, мерных и тянущих роликов, ножей для резки с редуктором, направляющих роликов и электропри-

вода. Тянущие ролики имеют резиновые бандажи и пружину, обеспечивающие необходимое их сцепление с катанкой.

Катанка с инвентарного барабана пропускается между направляющими и мерными роликами и зажимается в тянущих роликах, которые приводятся во вращение от электродвигателя. Требуемые длина и число отрезаемых концов катанки устанавливаются на счетчиках.

После включения механизма второй части линии протягиваемая катанка начинает вращать мерный ролик, который через конический редуктор, цилиндрическую передачу и муфты передает вращение счетчикам. После достижения заданных длины катанки и числа отрезаемых заготовок счетчики через микропереключатели подают команду на остановку тянущих роликов. Во время этой остановки к катанке прикрепляются провода, подключаются ответвительные коробки и сжимы. Время, необходимое для этого, регулируется реле времени. Для повторного включения тянущих роликов надо сбросить прежние показания счетчиков, что производится с помощью педали или вручную. Ножи для резки катанки включаются специальной рукояткой. Диаметр протягиваемой проволоки 4...8 мм, скорость ее протягивания 9 м/мин, длина отмеривания не менее 100 мм, шаг остановок для крепления проводов от 0,4 до 180 с.

Стол-верстак для обработки проводов (снятия изоляции, скрутки жил, сварки), сборки и контроля тросовых электропроводок состоит из корпуса, на котором смонтированы головка для скрутки концов жил проводов, клещи КУ-1, стенд для контроля заготовок проводов, приспособление для образования петель из катанки, электропривод головки с гибким валом, и шкафа с выдвижными ящиками для хранения инструмента.

На столе-верстаке размещается также магазин для одновременной установки на нем четырех бухт проводов, состоящий из сварной рамы и четырех размоточных барабанов. Конструкция размоточного барабана позволяет устанавливать бухты проводов с различным внутренним диаметром. Для надевания бухты провода на барабан один из его дисков снимают. Барабаны с проходом устанавливают на раме магазина.

Вращение вала головки для скрутки проводов производится от электродвигателя через червячный редуктор и гибкий вал. Скручивание жил осуществляется до тех пор, пока нажат рычаг головки. После скрутки и подрезки провода свариваются. Заготовки проводов проверяются на стенде. При отсутствии нарушений в заготовке на стенде загорается сигнальная лампа.

Приемная вертушка для приемки и укладки в бухты собранной тросовой электропроводки состоит из основания, вала вертушки, вращающегося на подшипниках, педали, троса и тормозного ус-

тройства. При нажатии на педаль трос через храповик, насаженный на вал вертушки, приводит ее во вращение. Для закрепления тросовой электропроводки петлю троса надевают на штырь вертушки.

Специальная ручная лебедка для предварительного натяжения тросовой проводки с тяговым усилием 3 кН состоит из корпуса, в котором находятся барабан со стальным канатом и храповой механизм, тросового зажима, рукоятки и ручки. При выполнении работ лебедка крюком крепится к неподвижной конструкции сооружения, а зажим закрепляется на тросе кабельной проводки. Установив в рабочее положение подающую собачку, качанием рукоятки осуществляют привод лебедки.

Технологическая линия для заготовки кабелей включает в себя механизм для отмеривания и резки кабелей с тележкой, привод натяжения и тянущие барабаны.

Механизм для отмеривания, резки кабеля и укладки его на инвентарный барабан (рис. 3.39) состоит из корпуса 9, основания 7 для передвижения тележки 6 цепью 8, блоков включения и подачи пилы, плиты 10, на которой смонтированы пила 5, мерное устройство 2 со счетчиком 1, удерживающие 3 и направляющие 4 ролики, зажим для кабеля и электроприводы.

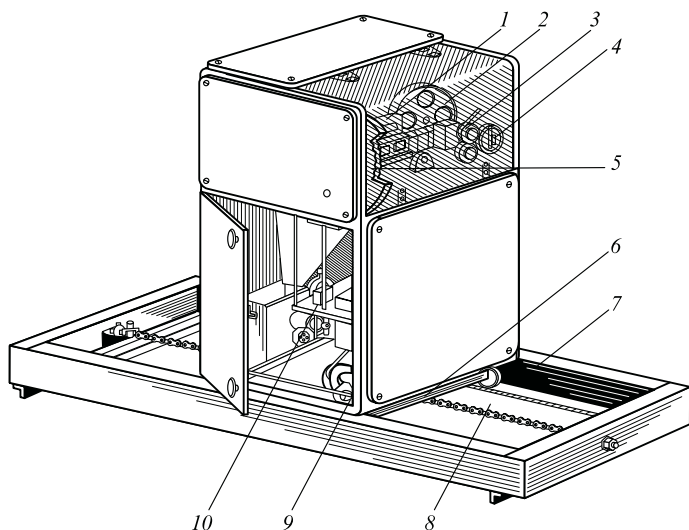


Рис. 3.39. Механизм для отмеривания, резки и укладки кабеля на инвентарный барабан:

1 – счетчик; 2 – мерное устройство; 3, 4 – соответственно удерживающие и направляющие ролики; 5 – пила; 6 – тележка; 7 – основание; 8 – цепь; 9 – корпус; 10 – плита

Протягиваемый кабель пропускают между направляющими и удерживающими роликами через мерное устройство, пилу и зажим. Требуемая длина кабеля устанавливается на счетчике, который после ее отмера через микропереключатель подает команду на остановку протяжки, в это время зажим губками захватывает кабель, и включают блоки включения и подачи пилы.

Для укладки витков кабеля на инвентарном барабане используется тележка, которая с помощью электродвигателя, редуктора и цепи перемещает весь механизм по основанию. Сечения жил обрабатываемых кабелей от 16 до 240 мм², минимальная длина отрезаемых заготовок 3000 мм, кратность отмеривания 100 мм, программным устройством является счетчик СК-1, время резки кабеля 3 с.

Привод для натяжения кабеля и намотки его на инвентарный барабан состоит из сварного каркаса, электродвигателя с редуктором, шарнирного вала и тормозного устройства. Его электрическая схема сблокирована с механизмом резки кабеля; отключение и остановка осуществляются по сигналу микропереключателя, связанного со счетчиком. Шарнирный вал привода через полумуфту соединен с осью инвентарного барабана. Скорость натяжения кабеля регулируется реостатом.

Тянущие барабаны, вращающиеся внутри сварных каркасов, служат для намотки и последующей размотки кабеля на месте монтажа без применения кабельных домкратов. Конструкция позволяет перекачивать их по ровной поверхности. Барабаны типа БТК-1 предназначены для кабеля сечением до 150 мм², рассчитанного на напряжение до 10 кВ, а барабаны типа БТК-2 – для кабеля сечением 185...240 мм², а также кабелей любых сечений с соединительными муфтами, для размещения которых на барабане предусмотрено специальное место.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Какую роль выполняют мастерские электромонтажных заготовок?
 2. Какие технологические линии вы знаете?
 3. В чем заключается обработка и заготовка проводов осветительных линий?
 4. Для чего предназначена технологическая линия КМО-6?
 5. Для чего служит технологическая линия КМБ-4?
 6. Из каких частей состоит технологическая линия тросовых проводов?
- II.
 1. Какие операции производятся на технологических линиях?
 2. Для чего предназначены МЭЗ?
 3. Из каких механизмов состоит технологическая линия КМО-3?
 4. Из чего состоит технологическая линия КМО-6?
 5. Что включает в себя комплект технологической линии КМБ-4?
 6. Как устроена технологическая линия для заготовки тросовой проводки?

7. Из чего состоит технологическая линия для заготовки кабелей?
- III. 1. Как работает механизм МС?
2. Поясните принцип действия механизма СЗ.
3. Какие операции выполняет автомат АРС?
4. Для чего служит механизм ЗК?
5. Что представляет собой механизм МРБ?

3.5. Правила пользования электромонтажными механизмами и инструментами

Правильная эксплуатация механизированного инструмента и средств малой механизации заключается в регулярном уходе за ними, соблюдении установленных режимов работы и смазывании.

Электрические машины и электрифицированный инструмент. Перед выдачей электрических машин для производства работ проверяются специальными приборами на стенде или мегомметром исправность их электрической (сопротивление изоляции, наличие и исправность заземления, целостность изоляции кабеля и др.), а также механической частей (надежность крепления резьбовых соединений, исправность редуктора, наличие смазки в подшипниках и зубчатых передачах, правильность заточки и установки рабочего инструмента). Перед началом работы необходимо убедиться в соответствии напряжения машины напряжению сети, исправности заземления и проверить работу машины на холостом ходу.

Правильная эксплуатация электрифицированного инструмента обеспечивается также соблюдением установленной продолжительности его включения и чистотой содержания, т. е. своевременным удалением стружки, пыли, строительной мелочи.

В процессе эксплуатации необходимо следить за состоянием смазки всех узлов машин и при необходимости заменять ее. Смазку электросверлильных машин обычно меняют через каждые 200 ч работы. Постоянное смазывание шарикоподшипников и шестерен обеспечивается запасом среднеплавкой смазки УС-3, находящейся в гнездах подшипников и редукторе и добавляющейся один раз в два месяца.

Использование электрифицированного инструмента, в частности, электросверлильных машин с напряжением питания 220 В, увеличивает опасность травматизма (при пробое изоляции обмоток корпус такого инструмента оказывается под напряжением 220 В). Правилами техники безопасности в строительстве запрещается пользоваться ручным электроинструментом с напряжением питания 127 и 220 В в помещениях опасных и с повышенной опасностью (допускается использования электроинструментов с напряжением питания 42 В).

Однофазные электросверлильные машины с металлическим корпусом разрешается включать непосредственно в сеть 220 В только трехжильным гибким медным проводом сечением не менее $1,5 \text{ мм}^2$ в общей оболочке, причем третья жила должна служить исключительно для заземления корпуса машины. Нельзя использовать для заземления нулевую рабочую жилу провода. Нулевая и заземляющая жилы подключаются к заземляющей сети отдельно. Заземляющая жила присоединяется к корпусу винтом.

Перед включением электросверлильной машины следует проверить наличие и исправность заземления, состояние изоляции питающего провода, соответствие напряжения и частоты питающей сети, работу выключателя (несколькими пробными включениями). Во время работы не допускается сильный нагрев сверлильной машины (при котором нельзя держать ладонь на ее корпусе). При сильном искрении коллектора машину надо отключить для устранения его причин.

В настоящее время применяются главным образом электрифицированные механизмы для пробивных работ с напряжением питания 220 В и двойной изоляцией, которая состоит из двух независимых друг от друга ступеней — рабочей и дополнительной. Рабочей называют основную изоляцию, необходимую для работы машины и защиты оператора от поражения электрическим током. Это оплетка или эмаль обмоточных проводов, пазовая изоляция обмоток машин, пропиточные лаки и компаунды, изоляция жил кабеля, проводов и внутренних соединений. Дополнительной изоляцией служат пластмассовые корпуса машин, изолирующие втулки и др. Выпускаются также электросверлильные машины с напряжением питания 42 В и повышенной частотой (200 Гц), безопасные в работе, но для питания которых требуются крупногабаритные переносные преобразователи частоты, поэтому применение их ограничено.

Для повышения безопасности электросверлильных машин на 220 В с одной ступенью изоляции их питание осуществляют от сети через специальный разделительный трансформатор (с коэффициентом трансформации 1:1), имеющий обмотки с усиленной изоляцией, выполненные так, что повреждение первичной обмотки не приводит к образованию потенциала сети во вторичной обмотке. Следовательно, исключается появление потенциала сети и на металлических частях сверлильной машины даже в случае пробоя изоляции.

Выполнение работ в установках, находящихся под напряжением или с частично снятым напряжением, разрешается в исключительных случаях и только электромонтажникам, прошедшим специальное обучение и инструктаж, после получения наряда-допуска и обязательно под надзором эксплуатационного персонала. В на-

ряде-допуске записываются все монтажные операции, которые должны выполнить монтажники, и меры, принимаемые для обеспечения их безопасности.

Пневматический инструмент и сварочные трансформаторы. Основное требование при эксплуатации пневматического инструмента заключается в смазывании его турбинным или соляровым маслом через каждые 4–5 ч работы, а нового инструмента через каждые 2–3 ч.

Перед выдачей рабочий-инструментальщик проверяет в машине или перфораторе затяжку всех резьбовых соединений, заполняет масляную полость чистым минеральным маслом, набивает масленки солидолом для смазывания редуктора и подшипников, опробывает работу на холостом ходу, проверяет давление сжатого воздуха и исправность шланга. Падение давления сжатого воздуха резко снижает производительность машины. В зимнее время пневмоинструмент покрывается влагой от конденсации паров, содержащихся в сжатом воздухе, которую надо своевременно удалять. Кроме того, перед началом работы пневмоинструмент подогревают.

Сварочные трансформаторы требуют постоянного надзора и своевременного устранения всех неисправностей. Уход за трансформаторами заключается в содержании всех их контактов исправными и обеспечении надежного заземления корпуса, поэтому периодически необходимо проверять состояние изоляции, особенно при работе установки на открытом воздухе.

Твердославный рабочий инструмент. Основными эксплуатационными показателями, определяющими эффективность такого инструмента, являются его производительность и надежность. Нормальная эксплуатация сводится к правильному выбору инструмента, своевременной заточке, соблюдению режима сверления или пробивки.

О затуплении рабочего инструмента и необходимости его заточки судят по значительному снижению скорости проходки, заметному в этом случае увеличению требуемого усилия нажатия на него, а также по падению производительности. Чрезмерное затупление может привести к разрушению рабочих пластин. При нормальной эксплуатации инструмента выдерживает по три-четыре заточки и обеспечивает скорость бурения в бетонных основаниях порядка 1...2 мм/с.

Хранением, эксплуатацией и ремонтом инструментов занимается центральное инструментальное хозяйство, которое состоит из двух служб: стационарной инструментальной мастерской с ремонтной группой и передвижной (на машине) инструментальной мастерской.

В стационарной инструментальной мастерской производятся ремонт (восстановление), заправка, клеймение инструмента, наладка

и испытание его вхолостую и под нагрузкой, а также контроль за эксплуатацией, комплектацией и количеством.

Работающий в передвижной мастерской слесарь-инструментальщик является и водителем автомашины, в крытом кузове которой установлены ящики-стеллажи для инструмента, верстак с тисками и электрозаточным станком. На стеллажах размещаются слесарные и монтажные инструменты в необходимом ассортименте, а также приспособления и средства малой механизации по заявкам участков. Машина по графику объезжает монтажные объекты для выдачи и обмена инструмента. Механизированные инструменты и средства малой механизации выдаются бригадам полностью подготовленными к работе, укомплектованными шланговыми проводами, штепсельными соединениями, сверлильными патронами, сверлами, насадками и т. п.

Слесарь-инструментальщик не только производит обмен неисправного инструмента на исправный, но и сам выполняет мелкий ремонт – заточку сверл, зубил, ремонт бокорезов, пассатижей, насадку ручек на молотки. Своевременный ремонт обеспечивает лучшую сохранность инструмента, повышает его долговечность.

Планово-предупредительный ремонт машин и механизмов проводят в соответствии с инструкцией. Обычно планируют два вида ремонта – текущий и капитальный. Техническое обслуживание машин подразделяется на ежедневное, выполняемое в течение рабочей смены, и периодическое, выполняемое после отработки машиной определенного количества часов. Для новых машин, не проходивших капитальный ремонт, установлен межремонтный цикл. Для машин, прошедших капитальный ремонт, межремонтный цикл принимается с коэффициентом 0,8.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Как проверяют перед выдачей электрифицированные инструменты?
 2. Как обеспечивается правильная эксплуатация электрифицированных инструментов?
 3. Где используются электроинструменты с напряжением питания 42 В?
- II.
 1. В каких случаях нельзя использовать для заземления электроинструментов нулевую рабочую жилу?
 2. Что представляет собой двойная изоляция электрифицированных механизмов?
 3. Какие вы знаете виды планово-предупредительного ремонта и какова их периодичность?
- III.
 1. Каковы назначение и особенности работы разделительного трансформатора при подключении электроинструментов?
 2. Каковы правила работы на установках, находящихся под напряжением?

Глава 4. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ОСВЕЩЕНИИ

4.1. Осветительные электроустановки

Осветительными электроустановками называются специальные электротехнические устройства, предназначенные для освещения территорий, помещений, зданий и сооружений.

Осветительные электроустановки являются необходимым элементом современных жилых домов, учреждений, общественных и производственных предприятий и представляют собой сложные комплексы, состоящие из распределительных устройств, магистральных и групповых электросетей, различных электроустановочных приборов, осветительной арматуры, источников света, а также крепежных, поддерживающих и защитных конструкций.

Отличительной особенностью осветительных электроустановок является многообразие применяемых схем и способов исполнения электропроводок, конструкций светильников и других источников света. В современных мощных электроустановках применяются сложные устройства автоматики и телеуправления.

В зависимости от назначения источника света различают общее, местное, комбинированное, рабочее и аварийное освещение.

Общим называется освещение всего или части помещения.

Местным является освещение рабочих мест, предметов или поверхностей, например специальное освещение обрабатываемой детали или инструмента на токарном станке.

Комбинированное сочетает в себе общее и местное освещения.

Рабочим называют освещение, служащее для обеспечения нормальной деятельности производственных и вспомогательных подразделений предприятия.

Аварийным называется освещение, которое при нарушении рабочего освещения временно обеспечивает возможность продолжения работы или эвакуации людей. Аварийное освещение располагается в производственных помещениях, коридорах, лестничных клетках. Светильники аварийного освещения должны отличаться от прочих светильников окраской и конструкцией и присоединяться к электросети, не связанной с сетью рабочего освещения.

Электропитание светильников общего, местного, рабочего и аварийного освещений в нормальных помещениях осуществляется с напряжением 127 и 220 В, а в помещениях с повышенной опасностью и в особо опасных – с напряжением 12, 24, 36 В.

Различают также освещение переносное, охранное, светооградительное.

Переносное освещение осуществляется переносными ручными лампами от сетей 127 или 220 В в нормальных помещениях и от сети 12 В в помещениях повышенной опасности и на открытых участках территории предприятия.

Охранное освещение устанавливается вдоль ограды охраняемой территории с таким расчетом, чтобы одновременно освещались внешняя и внутренняя зоны, примыкающие непосредственно к ограде.

Светооградительное освещение устанавливается на высоких зданиях и других сооружениях для обеспечения безопасности полетов самолетов в темное время суток.

Основным требованием, предъявляемым к освещению, является обеспечение нормируемых параметров освещенности, которые определяются условиями работы, в том числе: размерами окружающих предметов, возможностью различать их, контрастом их с фоном и коэффициентом отражения фона; наличием доступных, опасных для прикосновения предметов, а также наличием светящихся поверхностей большой яркости (при электро- или газосварке, плавке металла).

Уровень освещенности отдельных участков помещений или рабочих мест увеличивают посредством правильного расположения светильников общего освещения, устройства местного освещения, применения конструктивно более совершенных светильников или повышения мощности ламп.

Соблюдение при монтаже осветительных электроустановок нормируемых параметров освещенности способствует улучшению условий, повышению производительности труда и качества изготавливаемой продукции, снижению утомляемости работников, экономии электроэнергии. Рациональное, экономное использование электрической энергии и снижение затрат на освещение, на которое расходуется 10... 12 % всей вырабатываемой электроэнергии, является большой народнохозяйственной задачей.

Монтаж осветительных электроустановок производится по проекту, в котором приводятся светотехнические расчеты и расчет осветительной сети. Требования к производству монтажа электроустановок, его нормы и правила устанавливаются ПУЭ и СНиП, а также монтажными инструкциями заводов – изготовителей электрооборудования, электромонтажных устройств и изделий. При монтаже осветительных электроустановок должны учитываться характер технологического процесса, условия эксплуатации и состояние окружающей среды.

Расчет потерь напряжения ведется при условии минимальных затрат проводниковых материалов.

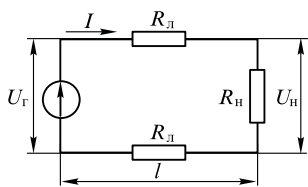


Рис. 4.1. Схема замещения двухпроводной линии

Сопротивление проводов линии $R_{\text{Л}} = \rho 2l/s$, где ρ – удельное сопротивление материала проводов; $2l$ – общая длина линии; s – искомое сечение проводов. Разность $U_{\text{Г}} - U_{\text{Н}} = \Delta U$ является потерей напряжения в линии. Найденное таким путем значение округляется до ближайшего стандартного сечения проводов.

В большинстве случаев сила тока нагрузки непостоянна, т. е. возникают соответствующие изменения потери напряжения ΔU ; по этой причине необходимо рассчитывать отклонение напряжения на зажимах приемника энергии от номинального значения при максимальной и минимальной нагрузках.

Согласно ПУЭ в силовых сетях (в том числе сетях переменного тока) допустимые потери напряжения на линии от источника питания до наиболее удаленной точки сети при нормальном режиме не должны превышать 5 %, напряжение наиболее удаленных ламп освещения жилых зданий не должно снижаться более 5 % (так как при этом световой поток этих ламп уменьшается на 18 %), а ламп промышленных предприятий и общественных зданий – более 2,5 % от их номинального напряжения.

Расчетная нагрузка питающей осветительной сети определяется произведением установленной мощности ламп, определяемой светотехническим расчетом, и коэффициента спроса, равного 0,6 для распределительных устройств, подстанций, складских и вспомогательных помещений предприятий, 0,8 – для лабораторий и лечебных учреждений, 1 – для производственных помещений (приложение 1).

Питание осветительных электроустановок осуществляется от отдельных осветительных трансформаторов или от трансформаторов, к которым одновременно присоединены и силовые потребители (электродвигатели, электросварочные аппараты).

4.2. Основные световые величины

Основными световыми величинами являются световой поток, освещенность и сила света. Окружающие нас предметы излучают в пространство лучистую энергию, представляющую собой распространяющиеся в пространстве электромагнитные колебания.

Мощность излучения, которая оценивается по световому ощущению, производимому на глаз человека, называется *световым потоком*. Единицей измерения светового потока Φ служит люмен (лм).

Одной из основных единиц светотехнических величин в системе СИ принята единица силы света – кандела (кд).

Для получения двух или трех уровней яркости освещения от люстр с одной лампой в коробку двойного выключателя надо вмонтировать одну из схем, приведенных на рис. 4.2. Использование схемы, показанной на рис. 4.2, *а*, позволяет получить два уровня яркости. При замыкании выключателя В2 последовательно с лампой включается полупроводниковый диод Д1, который пропускает ток только при положительной полуволне. В этом случае средний ток уменьшается почти в два раза, и лампа будет гореть вполнакала. Для получения трех уровней яркости горения лампы используют схему показанную на рис. 4.2, *б*. При замкнутом выключателе В1 и разомкнутом В2 положительная волна напряжения проходит через диод Д1 и лампу Л1, а отрицательная не проходит, и лампа будет гореть вполнакала. При замкнутом выключателе В2 и разомкнутом В1 переменный ток проходит через конденсатор С1 и лампу Л1. Емкость конденсатора выбирается так, чтобы его сопротивление при частоте тока 50 Гц было в несколько раз больше сопротивления лампы. В этом случае лампа будет гореть очень слабо и может использоваться в качестве ночника. При разомкнутых выключателях В1 и В2 конденсатор С1 заряжается через диод Д1 до амплитудного значения напряжения U сети, и прохождение тока через лампу прекращается. Она не горит. Если оба выключателя замкнуты, через лампу проходит номинальный ток, и она горит с полным накалом.

Понятие *сила света* служит для характеристики распределения светового потока в заданном направлении. Это понятие необходимо, так как некоторые источники света излучают световой поток неравномерно: с различной интенсивностью в разных направлениях.

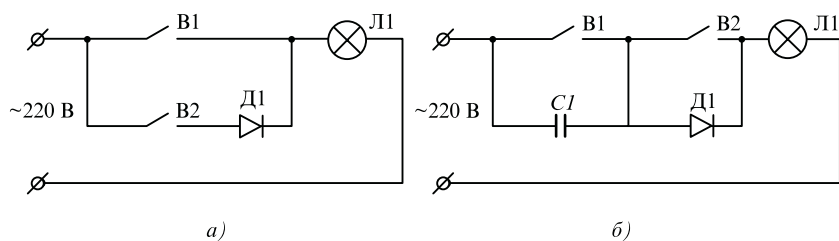


Рис. 4.2. Схемы включения люстры для обеспечения двух (*а*) и трех (*б*) уровней яркости освещения

Источник света, имеющий размеры, отличные от точки, характеризуется *яркостью* L светящейся поверхности в данном направлении, которая определяется отношением силы света I_c к проекции светящейся поверхности S на плоскость, перпендикулярную выбранному направлению. Эта проекция зависит от косинуса угла между направлением светового потока и нормалью (перпендикуляром) к площади светящейся поверхности: $L = I_c / (S \cos \varphi)$. Единицей яркости является кандела на квадратный метр (кд/м²).

Световой поток Φ , приходящийся на единицу освещаемой поверхности S , называется ее *освещенностью*: $E = \Phi / S$. Об интенсивности освещенности судят по плотности, с которой световой поток распределяется по освещаемой поверхности. Единицей освещенности является люкс (лк).

Освещенность поверхности будет равна 1 лк, если на каждый 1 м² ее площади упадет световой поток, равный 1 лм. Освещенность поверхности не зависит от ее свойств. Поверхности, яркость которых одинакова во всех направлениях, называются диффузными. К таким поверхностям можно отнести матовую бумагу, дерево, ткани и побеленные поверхности.

4.3. Источники света

Разнообразные источники света по способу преобразования электроэнергии в световое излучение разделяются на две основные группы: тепловые (лампы накаливания) и газоразрядные (люминесцентные, ртутные).

Тепловые источники света используют свойство тел излучать при нагревании лучистую энергию. При достаточно большой температуре это излучение переходит в область видимого – тело начинает светиться. Световое излучение увеличивается с увеличением температуры тела.

Действие ламп накаливания основано на тепловом излучении. Это наиболее простой и распространенный вид излучения, при котором потери атомами энергии на излучение света компенсируются за счет энергии теплового движения атомов излучающего тела. Чем выше температура тела, тем быстрее движутся атомы, и световое излучение увеличивается. При столкновении быстрых атомов друг с другом часть их кинетической энергии превращается в энергию возбуждения, и эти атомы затем также излучают свет.

Лампа накаливания (рис. 4.3) – малоэкономичный источник, так как только 12 % всей энергии, выделяемой в ее нити электрическим током, преобразуется в световую энергию.

При повышении температуры излучающего тела t изменяется и цветовой состав излучения. Это хорошо видно при нагреве стали: сначала она становится красной, а затем раскаляется добела.

В первых моделях ламп накаливания использовалась угольная нить, в современных лампах применяется нить из вольфрама. Температура плавления вольфрама (около $3400\text{ }^{\circ}\text{C}$) позволяет раскалить нить до $2500\text{...}2700\text{ }^{\circ}\text{C}$ при условии предохранения ее от сгорания. Защита от сгорания может быть решена или полным удалением воздуха из стеклянной колбы, в которой размещена раскаленная нить, или заполнением ее инертным газом. В обоих случаях из-за отсутствия кислорода сгорания нити не происходит.

Вольфрам относится к группе тугоплавких металлов и широко применяется в электротехническом производстве. Вольфрам – металл серого цвета с очень высокой температурой плавления и большой твердостью. Получают его методом порошковой металлургии, т.е. в результате спекания спрессованных частиц металла. Прессованием частиц вольфрама в стальных пресс-формах получают заготовки – стержни, которые затем подвергают спеканию при $t = 1300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Спеченные вольфрамовые стержни имеют зернистое строение и являются хрупкими, поэтому их нагревают до $3000\text{ }^{\circ}\text{C}$ и подвергают ковке и волочению. В результате такой обработки вольфрам приобретает волокнистое строение, обеспечивающее ему высокую механическую прочность и пластичность.

Скорость испарения вольфрама при $t = 3000\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляет около $9 \cdot 10^{-9}\text{ мг}/(\text{с} \cdot \text{см}^2)$, однако при температуре нагрева нити близкой к температуре плавления она резко повышается. Пары вольфрама оседают на внутренней поверхности стекла колбы и делают ее менее прозрачной. Такое потемнение хорошо видно у перегоревших ламп. При испарении вольфрама нить делается тоньше и перегорает.

Для уменьшения тепловых потерь в лампах нить свертывают в плотную спираль, а в некоторых типах ламп эту спираль свертывают еще раз в двойную спираль. Такие лампы называют биспиральными.

Лампы накаливания могут быть типа В127-15, В220-15, В127-25 и т. д.

Срок службы ламп накаливания колеблется в широких пределах, так как зависит от условий работы, в том числе от стабиль-

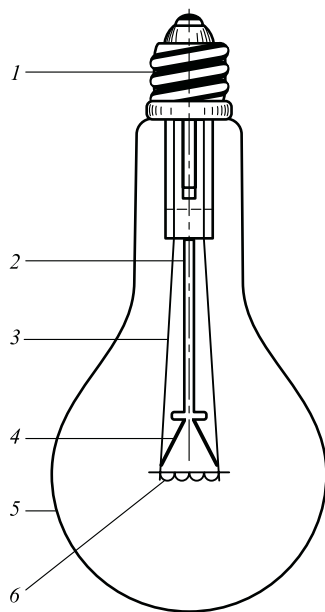


Рис. 4.3. Лампа накаливания:

1 – цоколь; 2 – стеклянная ножка; 3 – электрод; 4 – держатель; 5 – колба; 6 – нить накала

ности питающего напряжения, наличия механических воздействий, температуры окружающей среды. Средний срок службы ламп накаливания общего назначения 1000...1200 ч.

Основная причина быстрого перегорания ламп накаливания – повышенное напряжение питания. Так при напряжении 230 В срок службы лампы составляет 570 ч, а при напряжении 240 В – 200 ч.

В помещениях, где часто перегорают лампы, необходимо последовательно с группой ламп, управляемых одним выключателем, включить дополнительное сопротивление. Хотя в сопротивлениях и теряется часть мощности, но все же устанавливать их экономически выгодно. Необходимое значение этого сопротивления можно определить по формуле

$$R = \frac{U_{\text{ном}} (U_{\text{ш}} - U_{\text{л}})}{U_{\text{л}} I_{\text{ном}}},$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение, В; $U_{\text{ш}}$ – напряжение на шинах в производственных помещениях в часы пик, В; $U_{\text{л}}$ – напряжение, которое мы желаем получить на лампах (его принимают на 2 % ниже номинального), В; $I_{\text{ном}}$ – номинальный ток группы ламп, управляемых одним выключателем.

Номинальный ток, например в группе из 20 ламп по 60 Вт, определяется следующим образом: $I_{\text{ном}} = (60 \cdot 20) / 220 = 5,46$ А.

В качестве сопротивлений используются высокоомные материалы диаметром 0,8...1,0 мм или обычная стальная проволока диаметром 1,2 мм. Размещают их в отрезке асбоцементной трубы длиной 25...30 см. Трубу устанавливают вертикально. Снизу и сверху ее закрывают крышками, в которых сверлят отверстия для контактных болтов.

Основным электрическим параметром ламп накаливания является напряжение питания. При повышении номинального напряжения на 10 % срок службы лампы снижается в пять раз, а на каждый процент изменения напряжения приходится 4 % изменения светового потока. Напряжение питающих электрических сетей в условиях эксплуатации колеблется. В целях улучшения эксплуатационных характеристик ламп ГОСТом допускается колебание напряжения питания в пределах ± 5 %.

Лампы накаливания, из внутреннего объема которых удален воздух, называются вакуумными, а лампы с колбами, заполненными инертным газом, – газополными. Газополные лампы при прочих равных условиях имеют большую светоотдачу, чем вакуумные, так как находящийся под давлением газ препятствует испарению тела накала, что позволяет повысить его рабочую температуру.

Материалом для тела накала в газополных лампах служит вольфрам. Колбы их наполняются ксеноном с добавкой соединения га-

логенного элемента с водородом. При высоких температурах тела накала эти добавки образуют химическое соединение с вольфрамом, препятствуя его испарению. В настоящее время галогенные лампы применяются для светильников общего и киносьемочного освещения, прожекторов, аэродромных огней.

В целях снижения тепловых потерь газополные лампы заполняются малотеплопроводным газом. Одним из способов сокращения тепловых потерь является также уменьшение размеров и изменение конструкции нити накала, например выполнение ее в виде плотной винтообразной или двойной спирали.

Более совершенны по сравнению с лампами накаливания люминесцентные лампы, широко применяемые для освещения.

Люминесцентные лампы (рис. 4.4) представляют собой стеклянную герметически закрытую трубку, внутренняя поверхность которой покрыта слоем люминофора — искусственно приготовленного химического вещества, в котором под действием внешних факторов (электрического разряда) возникает свечение (люминесценция). Люминофоры под воздействием ультрафиолетовых лучей электрического разряда излучают свет в спектре видимого излучения.

Внутри трубки 4 в стеклянных ножках 2 укреплены биспиральные электроды 3 из вольфрама, соединенные с двухштырьковым цоколем 1, служащим для присоединения лампы к электрической сети посредством специальных патронов.

Для обеспечения возможности предварительного подогрева электродов и облегчения начала разряда они выполняются в виде двойной или тройной спирали из вольфрамовой проволоки, покрытой слоем окиси щелочноземельных металлов (бария, кальция).

Из лампы откачивают воздух и заполняют минимальным количеством инертного газа (аргона) с каплей ртути. Давление газа устанавливается в пределах нескольких паскалей. При подаче напряжения или импульса повышенного напряжения на предварительно подогретые электроды в лампе начинается разряд в парах ртути, и она начинает излучать потоки света. Напряжение питания к лампе подается через штыревые контакты, расположенные в цоколе.

В зависимости от цвета излучаемого лампой светового потока различают лампы дневного (ЛД), белого (ЛБ), холодно-белого



Рис. 4.4. Лампа люминесцентная низкого давления:

1 — цоколь; 2 — ножка; 3 — электроды; 4 — стеклянная трубка

(ЛХБ) и тепло-белого (ЛТБ) света. В жилых или производственных помещениях при необходимости точного определения цветовых оттенков, например в типографии при изготовлении цветных репродукций или в художественной мастерской, применяются лампы дневного света, обеспечивающие правильную цветопередачу.

Люминесцентные лампы низкого давления являются газоразрядными электрическими источниками света. Их изготавливают на напряжение 127 В мощностью 15 и 20 Вт и на напряжение 220 В мощностью 30, 40, 80 и 125 Вт. Срок нормальной службы люминесцентных ламп около 5000 ч при условии нечастых включений, стабильности напряжения питания и обеспечения оптимальной окружающей температуры.

Чтобы использовать люминесцентную лампу, у которой перегорела нить накала, надо включить ее по схеме, предложенной инженером В. Хоризаменовым. В этой схеме (рис. 4.5) применяются емкостный балласт и выпрямительные элементы. Устойчивое зажигание при отсутствии у лампы одной или обеих нитей накала, а также у ламп с изношенным эмиссионным покрытием нитей достигается при подаче повышенного в 4,2 раза напряжения сети в результате возникновения ударной ионизации в газе.

Резистор $R1$ служит для стабилизации режима работы лампы. При включении схемы конденсатор $C1$ заряжается через диод $D2$ до амплитудного значения напряжения сети. В следующий полупериод напряжение сети, складываясь с напряжением конденсатора $C1$, заряжает конденсатор $C3$, удваивая напряжение. Аналогично действует и вторая половина схемы ($C2$, $C4$, $D3$, $D4$). Напряжения конденсаторов $C3$ и $C4$ складываются и достигают значения, необходимого для зажигания лампы. Когда зажигание произошло, конденсаторы $C1$ и $C2$ начинают работать как балластные сопротивления, обеспечивающие устойчивый газовый разряд в лампе.

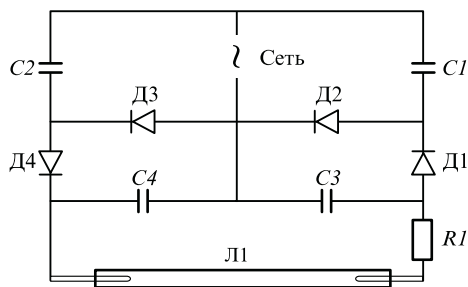


Рис. 4.5. Бесстартерная схема включения люминесцентной лампы

В современных осветительных электроустановках промышленного применения находят дуговые ртутные лампы (ДРЛ) высокого давления.

Эти лампы выпускаются с двумя и четырьмя электродами.

Основными элементами четырехэлектродной дуговой ртутной лампы (рис. 4.6) являются резьбовой цоколь I , колба 3 и кварцевая го-

релка 6. Внутри горелки находятся дозированная капля ртути и газ аргон; в конце горелки впаяны активированные основной 5 и дополнительный 7 электроды из вольфрама. Внутренняя поверхность колбы покрыта люминофором 8.

При подаче напряжения к электродам лампы происходит электрический разряд в парах ртути высокого давления, сопровождаемый интенсивным излучением света, в спектре которого отсутствуют оранжево-красные лучи. Отсутствие оранжево-красных лучей делает лампу непригодной для освещения, так как искажает естественные цвета всех предметов, поэтому состав люминофора, покрывающего внутреннюю поверхность колбы, подбирается так, чтобы под воздействием спектра ультрафиолетовых лучей он излучал оранжево-красный цвет, который, смешиваясь с основным световым потоком лампы, будет образовывать свет, воспринимаемый человеческим глазом как белый с легким зеленоватым оттенком.

Четырехэлектродная ДРЛ отличается от двухэлектродных наличием двух дополнительных электродов, подключенных к основным через добавочные сопротивления. Наличие этих электродов облегчает зажигание лампы, так как при подаче напряжения питания между основным и ближайшим к нему дополнительными электродами возникает тлеющий разряд, под действием которого пары ртути ионизируются, способствуя разряду между основными электродами лампы.

ДРЛ с цоколем диаметром 40 мм² выпускаются мощностью 250... 1000 Вт.

Газоразрядные ртутные лампы высокого и сверхвысокого давления используются в качестве мощных источников света. Источником лучистой энергии в этих лампах является электрический разряд между электродами. Их колбы выполняются из кварца, способного выдерживать значительные давления при высоких температурах (300... 900 °С). Эти лампы взрывоопасны в рабочем и нерабочем состояниях.

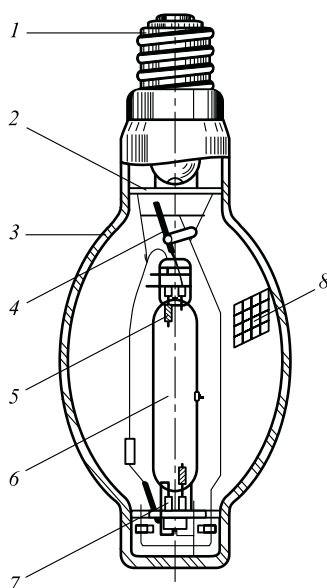


Рис. 4.6. Дуговая ртутная лампа высокого давления:

- 1 — цоколь; 2 — трубка; 3 — колба; 4 — сопротивление; 5 — основной электрод; 6 — кварцевая горелка; 7 — дополнительный электрод; 8 — слой люминофора

ДРЛ в основном применяются для наружного освещения и освещения высоких производственных помещений при отсутствии требования правильной цветопередачи. Они выпускаются типов ДРЛ80, ДРЛ125 и др.

Газоразрядные источники света (люминесцентные лампы и ДРЛ) значительно экономичнее ламп накаливания, так как у них в несколько раз выше светоотдача и срок службы.

Более высокую световую отдачу имеют также натриевые лампы высокого давления, что достигается за счет ввода в разрядную колбу, кроме ртути и аргона, натрия. Частицы натрия, попадая в зону разряда, разлагаются, что и приводит к дополнительному излучению.

Натриевые лампы, ввиду некоторого искажения цветопередачи, используются в основном для наружного освещения.

Процесс совершенствования газоразрядных ламп продолжается, и следует рассчитывать на их более широкое распространение.

4.4. Устройства для присоединения осветительных электроустановок

Осветительные электроустановочные устройства (ОЭУ) служат для присоединения источников света к электрической сети, управления этими источниками и обеспечения требуемых режимов работы освещения, определяемых окружающими условиями, например характером производства.

К наиболее распространенным ОЭУ относятся патроны, выключатели и переключатели, штепсельные розетки с вилками и стартерные устройства для пуска люминесцентных ламп.

По конструкции, назначению и способу установки различают патроны (рис. 4.7) подвесные арматурные с ниппелем или ниппельной шейкой, подвесные полугерметические с металлическим ушком, потолочные и стенные. В соответствии с размерами цоколей ламп они бывают с резьбой 14, 27 и 40 мм.

Часто электрические лампы накаливания припекаются к патрону, и при их вывертывании колба отламывается от цоколя. Поэтому, прежде чем вернуть лампу в патрон, рекомендуется натереть резьбу цоколя графитом (можно использовать стержень карандаша).

Выключатели и переключатели (рис. 4.8) однополюсные на напряжение до 250 В и токи до 10 А частотой 50 Гц предназначаются для коммутации электрических цепей осветительных электроустановок. Выключатели и переключатели однополюсные защищенного и герметического исполнений для открытой и скрытой установки должны выдерживать не менее 20 тысяч отключений.

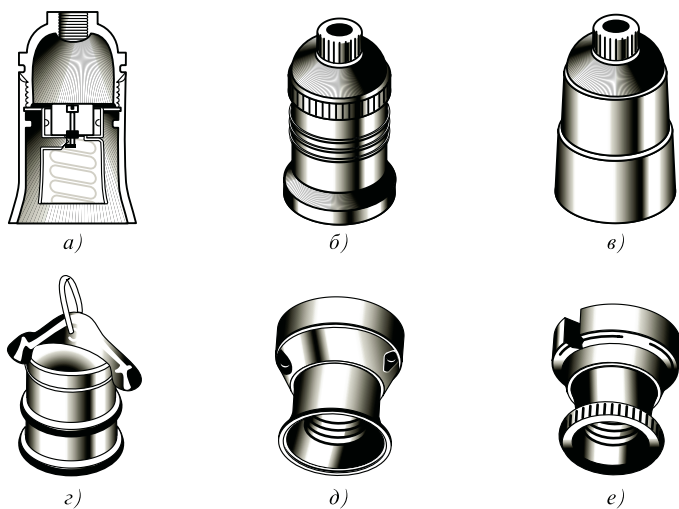


Рис. 4.7. Патроны:

a, б, в – подвесные арматурные с корпусами соответственно из пластмассы, латуни и фарфора; *z* – подвесной полугерметический; *д* – потолочный пластмассовый; *е* – стенной фарфоровый наклонный

Для повышения коммутирующей способности и износоустойчивости контактные части современных выключателей и переключателей выполняются из металлокерамики, что позволяет им выдерживать свыше 200 тысяч отключений.

Металлокерамические материалы получают прессованием из металлических порошков с последующим спеканием их при высоких температурах.

Исходные порошкообразные массы состоят из двух или более порошков различных металлов, из которых один должен обладать более высо-

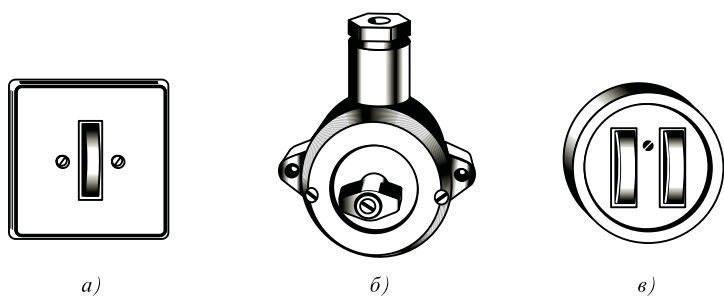


Рис. 4.8. Выключатели клавишный для скрытой установки (*a*), поворотный герметический (*б*) и переключатель для скрытой установки (*в*)

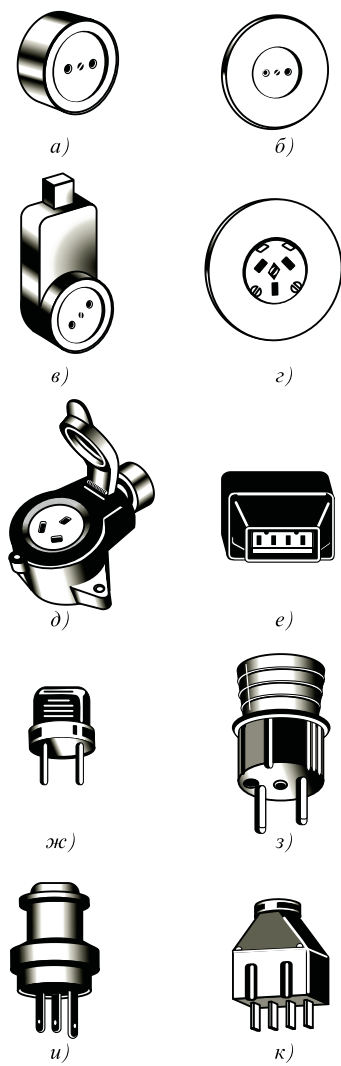


Рис. 4.9. Элементы штепсельных соединений:

а, б – штепсельные розетки на 6 А соответственно для открытой и скрытой установки; *в* – надплинтусная розетка; *г, д, е* – двух- и трехполюсные штепсельные розетки с заземляющим контактом; *ж* – вилка на 6 А; *з, и, к* – вилки на 10, 20, 25 А с заземляющим контактом

кой температурой плавления, чем другие. При высокотемпературном спекании более легкоплавкие порошки плавятся и заполняют поры между частицами тугоплавкого металла. В результате получают монолитные металлокерамические изделия, которые применяются для изготовления электрических контактов, обладающих большой износостойкостью и стойкостью к эрозии – разрушению поверхности контактов под действием электрических искр.

Для однофазных и трехфазных электроприемников с номинальными токами до 10 и 25 А на напряжения соответственно до 250 и 380 В используются штепсельные соединения с электрической сетью, которые состоят из двух основных элементов – розетки и вилки (рис. 4.9).

Штепсельные розетки выпускают с круглыми и плоскими контактами. Применение плоских контактов обеспечивает более надежное соединение, позволяет сократить расход меди и почти вдвое по сравнению с круглыми контактами увеличить срок службы розетки.

Для подключения переносных электроприемников к электрической сети с напряжением выше 36 В в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных применяются двухполюсные и трехполюсные штепсельные розетки с заземляющим контактом, к которому присоединяется проводник местной заземления.

К контактным зажимам двухполюсных розеток, рассчитанных на ток 10 А, могут присоединяться электрические провода с сечением до 2,5 мм², а к трехполюсным розеткам, рассчитанным на токи до 25 А, – провода с сечением до 16 мм².

4.5. Светильники

Практическое использование источников света требует специальных устройств для рационального распределения светового потока, защиты глаз от чрезмерной яркости, а также для крепления лампы, подсоединения ее к электрической сети и защиты от механических и прочих повреждений. С этой целью источники света размещаются в светотехнической арматуре. Совокупность источника света и светотехнической арматуры называется световым прибором. Световые приборы, предназначенные для освещения, называются осветительными, а приборы, используемые для световой сигнализации – светосигнальными.

В осветительных приборах светотехническую арматуру называют осветительной, а сам прибор, если он предназначен для освещения относительно близких объектов, светильником. Световые приборы дальнего действия с концентрированным светораспределением называют прожекторами (используются при наружном освещении). В зависимости от источника света различают осветительную арматуру для ламп накаливания и ртутных ламп (рис. 4.10, *a...д*) и осветительную арматуру для люминесцентных ламп (рис. 4.10, *e...и*).

Арматура светильников для ламп накаливания и ртутных ламп состоит из корпуса и укрепленного в нем патрона. К корпусу закрытых подвесных светильников прикрепляются защитное стекло для предохранения лампы от загрязнений и механических повреждений и ушко для подвешивания к опорной конструкции.

Горловина корпуса тяжелых светильников, устанавливаемых жестко на трубе, выполняется в виде патрубка с внутренней резьбой диаметром 3/4". Некоторые типы светильников снабжаются ввертываемым в патрубок корпуса специальным устройством – бугелем, имеющим два сальника для раздельного уплотненного ввода проводов питающей сети, а также крюк для подвески.

Арматура светильников для люминесцентных ламп представляет собой чаще всего металлический корпус, в котором смонтированы пускорегулирующие устройства, ламподержатели и соединительные провода. Светильник присоединяется к питающей электрической сети при помощи зажимов, расположенных под одним из колпачков узла подвески. К корпусу арматуры обычно прикрепляется отражатель, а на отражателе в зависимости от конструкции светильника могут иметься экранирующая решетка, защитное стекло или рассеиватель.

Светильники по своей конструкции, светотехническим показателям и характеристикам должны соответствовать условиям их работы, отвечать требованиям безопасности и быть удобными для эксплуатационного обслуживания.

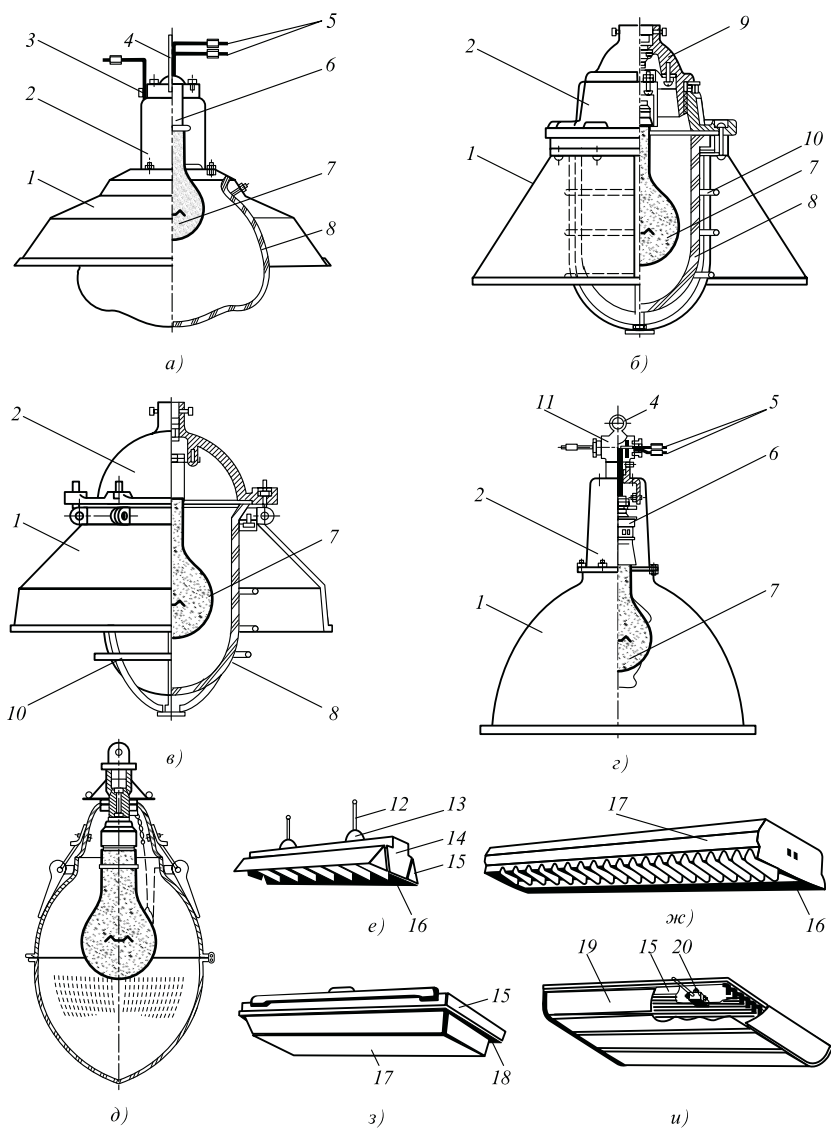


Рис. 4.10. Светильники с лампами накаливания, ДРЛ и люминесцентными лампами:

а – универсальный; *б* – рудничный; *в* – пыленепроницаемый; *г* – глубокого излучения; *д* – для наружного освещения; *е* – ОДР; *ж* – ШЛП; *з* – ВОД; *и* – ПВЛ: 1 – отражатель; 2 – корпус; 3 – болт заземления; 4 – скоба (ушко) для подвеса; 5 – провод; 6 – патрон; 7 – лампа; 8 – защитное стекло; 9 – крышка; 10 – защитная сетка; 11 – бугель; 12 – подвес; 13 – колпачок подвеса; 14 – корпус; 15 – отражатель; 16 – экранирующая решетка; 17 – рассеиватель; 18 – опорная рама; 19 – откидная рама; 20 – узел крепления

Освещение больших площадей осуществляется с помощью прожекторов, концентрирующих светораспределение, в результате чего резко возрастает коэффициент усиления, т. е. сила света в направлении оси светильника, и обеспечивается освещение удаленных предметов и больших площадей. Для защиты от ослепляющей силы света прожекторы устанавливаются достаточно высоко. В настоящее время используются прожекторы ПСМ-50-1, ПЗР-250, ПЗР-400, ПЗС-45, ПЗМ-35, ПКН-100-1 и др.

В светильниках применяются лампы накаливания, люминесцентные и ДРЛ, в прожекторах — ДРЛ и лампы накаливания.

Недостатком люминесцентных ламп и ДРЛ, включенных в сеть, являются периодические изменения их светового потока во времени с частотой, равной удвоенной частоте тока питающей сети. Эти изменения светового потока, не воспринимаемые глазом человека вследствие известной инерции зрения, весьма опасны в случае использования данных ламп для освещения движущихся предметов, поскольку при пульсации светового потока искажается зрительное восприятие их действительной скорости и направления движения в результате возникновения стробоскопического эффекта (явления, вызывающего искажение зрительного восприятия человеком действительного положения наблюдаемых вращающихся предметов). Так, например, освещаемые люминесцентными лампами и ДРЛ детали машины или обрабатываемые предметы, вращающиеся с определенной частотой, могут показаться неподвижными и даже медленно вращающимися в противоположную сторону. Поэтому при освещении помещений, где имеются станки и механизмы с вращающимися доступными для работающих на них частями, должны применяться схемы включения люминесцентных ламп и ДРЛ, при которых устраняются нежелательные и опасные пульсации светового потока.

4.6. Схемы включения ламп накаливания

Основными техническими документами, в которых должен хорошо разбираться каждый электромонтажник, являются чертежи и электрические схемы.

Электрической схемой, которая помогает разобраться в управлении ламп всех типов, называется упрощенное и наглядное изображение связи между отдельными элементами электрической цепи, выполненное при помощи условных обозначений и позволяющее понять принцип действия данного электрического устройства, определить его состав и стоимость.

Электрическая схема при аварии помогает найти место повреждения в электрической цепи, является руководством при монтаже

любых видов электропроводок, а также дает указание о способе и порядке соединений отдельных участков цепи.

Чтобы понять схему, необходимо знать использованные в ней условные обозначения. ГОСТ 2.721–84 и ГОСТ 2.758–81 входят в единую систему конструкторской документации (ЕСКД) под названием «Обозначения условные графические в схемах». При создании условных графических обозначений используют простейшие геометрические фигуры, не вызывающие затруднения при их изображении. Чтобы облегчить запоминание условных обозначений отдельных элементов электроустановок, их частично изображают наиболее характерными символами.

Для успешного чтения электрических схем необходимо знать: принцип действия, устройство и режимы работы изображенного электрооборудования;

условия согласованности рабочих параметров элементов электроустановки, при которых обеспечивается ее работоспособность;

типы существующих электрических схем, их назначение и правила составления;

основные графические обозначения и используемые правила маркировки элементов, а также правила пользования стандартами на условные графические обозначения.

Можно рекомендовать следующий общий порядок чтения и анализа электрических схем:

ознакомиться с информацией, содержащейся в надписях на чертеже, таблицах и диаграммах, помещенных на его полях;

определить тип и назначение схемы, состав и назначение всех машин, аппаратов и приборов, входящих в изображенную установку;

определить систему схемной маркировки и структуру позиционных обозначений;

выделить части схемы, объединенные общими функциями (цепи главного тока, управления, защиты, сигнализации и др.);

определить направления электрических токов (расположение генераторов и приемников электроэнергии);

выявить типовые узлы электроустановки (схемы пуска двигателей, приводов выключателей, сигнализации положения отключающих аппаратов и др.) и установить их функции;

определить последовательность работы аппаратов в основном рабочем режиме установки и при реально возможных отклонениях от него (от исходного состояния схемы до конечных устойчивых ее состояний в каждом из рассматриваемых режимов);

оценить возможность выполнения заданных функций элементами схемы;

оценить согласованность рабочих параметров элементов, обеспечивающих работоспособность установки;

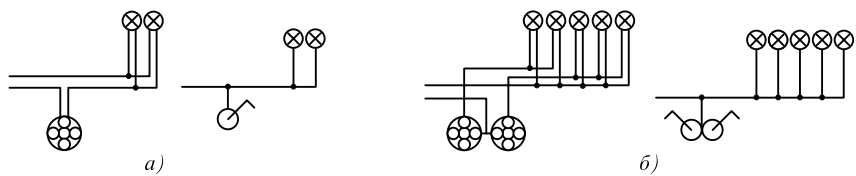


Рис. 4.11. Электрическая и монтажная схемы присоединения к сети ламп накаливания:

а – одним выключателем; *б* – двумя выключателями

- проанализировать работу схемы в аварийных ситуациях (короткие замыкания, перегрузки, повреждение изоляции);
- проанализировать последствия возможных отказов элементов схемы и оценить надежность электроустановки;
- проверить выполнение условий безопасности установки во всех режимах работы.

Указанный порядок не претендует ни на полноту, ни на универсальность, а является лишь иллюстрацией подхода к анализу электрической схемы.

Рассмотрим схемы управления лампами накаливания. Две или более ламп накаливания могут присоединяться к сети одним однополюсным выключателем (рис. 4.11, *а*). Управление пятью лампами с помощью двух расположенных рядом однополюсных выключателей (рис. 4.11, *б*) осуществляется следующим образом. При повороте первого выключателя включаются две лампы, а при повороте второго – остальные три. Такая схема включения ламп применяется в больших помещениях с режимом работы, требующим обеспечения освещенности различной степени.

Если необходимо попеременное изменение числа включаемых ламп, их присоединяют к сети при помощи люстрового переключателя (рис. 4.12). С первым поворотом такого переключателя включается одна лампа из трех, со вторым – оставшиеся две, но при этом выключается первая лампа, с третьим – включаются все лампы, а с четвертым – все лампы люстры выключаются.

При необходимости независимого управления одной или несколькими лампами с двух мест применяют схему с двумя переключателями, соединенными двумя перемычками и проводом (рис. 4.13).

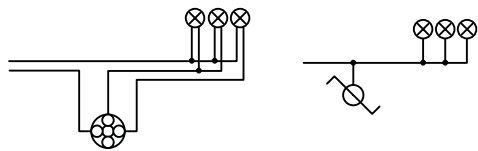


Рис. 4.12. Электрическая и монтажная схемы присоединения к сети ламп накаливания одним люстровым переключателем

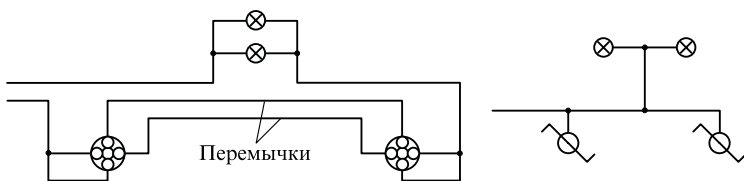


Рис. 4.13. Электрическая и монтажная схемы присоединения ламп накаливания к сети двумя переключателями

Лампы осветительных электроустановок, питаемых от трехпроводной системы трехфазного тока, включаются между двумя фазами сети, а установок питаемых от четырехпроводной сети — между фазным и нулевым проводами (рис. 4.14).

В осветительных электроустановках промышленных предприятий применяются дистанционное и автоматическое управление, если это необходимо по условиям работы или в целях обеспечения безопасности людей. Примерная схема дистанционного управления сетью рабочего освещения и автоматического включения сети аварийного освещения электроустановки показана на рис. 4.15.

На схеме сети рабочего и аварийного освещения имеют раздельное питание от различных источников электроснабжения. В сети рабочего освещения предусмотрены аппараты 2 дистанционного управления, позволяющие включать и отключать питание с центрального пульта управления. Аппараты 4, устанавливаемые в сети аварийного освещения, соединяются с аппаратами рабочего освещения так, чтобы автоматически включать аварийное освещение при исчезновении напряжения в сети рабочего освещения.

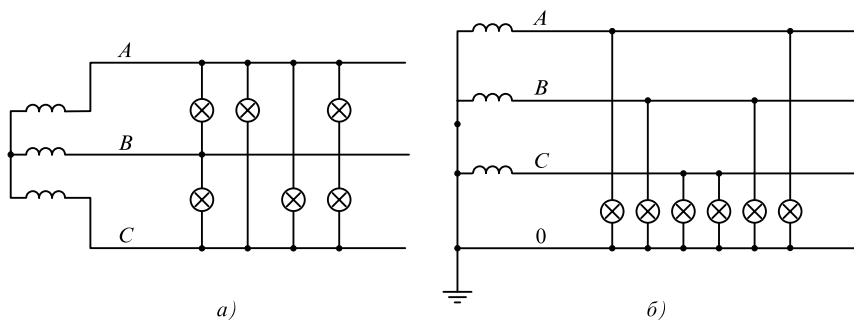


Рис. 4.14. Схемы присоединения ламп накаливания к сети с линейным (а) и фазным (б) напряжениями

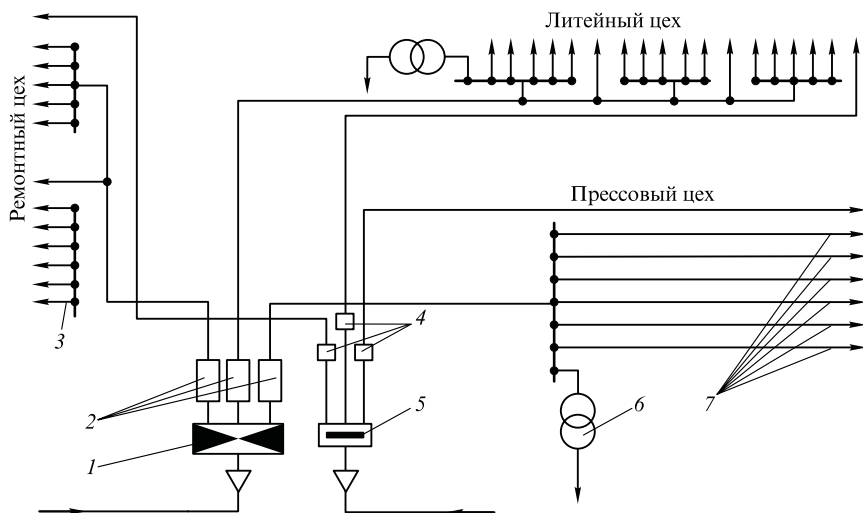


Рис. 4.15. Схема присоединения к сети осветительных электроустановок промышленного предприятия:

1 – вводное устройство сети рабочего освещения; 2 – аппараты дистанционного управления сетью рабочего освещения; 3 – цеховой распределительный щит; 4 – аппараты автоматического включения сети аварийного освещения; 5 – вводное устройство сети аварийного освещения; 6 – понижающий трансформатор питания сети местного освещения; 7 – отходящие линии питания осветительной сети

4.7. Схемы включения люминесцентных ламп

Люминесцентные лампы могут включаться в электрическую сеть по стартерной или бесстартерной схемам зажигания.

При включении лампы по стартерной схеме зажигания (рис. 4.16) в качестве стартера служит газоразрядная неоновая лампа с двумя (подвижным и неподвижным) электродами.

Люминесцентная лампа включается в электрическую сеть только последовательно с балластным сопротивлением, ограничивающим рост тока в ней и таким образом предохраняющим ее от разрушения. В сетях переменного тока в качестве балластного сопротивления применяют катушку с большим индуктивным сопротивлением – дроссель. Стартер представляет собой колбу, заполненную инертным газом. Один из электродов стартера выполнен в виде крючка из биметаллической пластины.

Зажигание люминесцентной лампы происходит следующим образом. При включении лампы между электродами стартера возникает тлеющий разряд, его теплота нагревает подвижный биметаллический электрод, и при достижении определенной температуры нагрева он, изгибаясь, замыкается с неподвижным, образуя

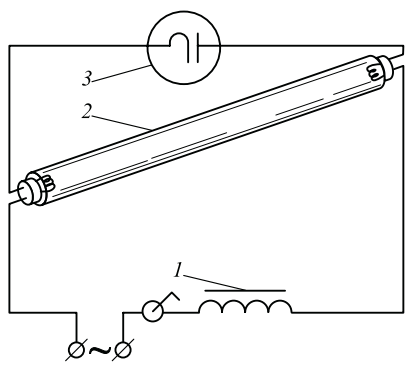


Рис. 4.16. Принципиальная схема включения люминесцентной лампы со стартерным зажиганием:

1 – дроссель; 2 – лампа; 3 – стартер

электрическую цепь, по которой будет протекать ток, необходимый для предварительного подогрева электродов лампы. Этот подогрев облегчает выход электронов из электродов лампы и начало электрического разряда в ее колбе.

Во время прохождения тока в цепи электродов лампы разряд в стартере прекращается, вследствие чего его подвижный электрод остывает и, разгибаясь, возвращается в исходное положение, разрывая при этом электрическую цепь лампы. При этом к напряжению сети добавляется ЭДС самоиндукции дросселя, и возникший в дросселе импульс повышенного напряжения вызывает дуговой разряд в лампе и ее зажигание. С возникновением дугового разряда напряжение на электродах лампы снижается настолько, что оказывается

добавляется ЭДС самоиндукции дросселя, и возникший в дросселе импульс повышенного напряжения вызывает дуговой разряд в лампе и ее зажигание. С возникновением дугового разряда напряжение на электродах лампы снижается настолько, что оказывается

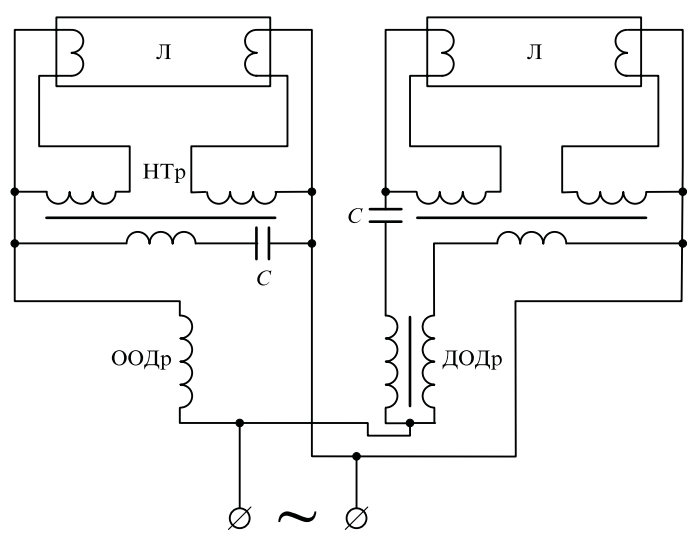


Рис. 4.17. Схема включения бесстартерным ПРА двухлампового люминесцентного светильника:

Л – лампа; НТр – напольный трансформатор; С – конденсатор; ООДр – основная обмотка дросселя; ДОДр – дополнительная обмотка дросселя

недостаточным для возникновения тлеющего разряда между параллельно соединенными с ними электродами стартера. Если зажигания лампы не происходит, на электродах стартера появляется полное напряжение сети и весь процесс повторяется.

Для включения люминесцентных ламп применяются спиральные стартеры и более надежные бесстартерные пускорегулирующие аппараты (ПРА), представляющие собой комплекты устройства, обеспечивающие надежное зажигание и нормальную работу ламп, повышение коэффициента их мощности и снижение пульсаций светового потока. В ПРА устанавливаются также устройства, подавляющие помехи радиоприема.

Схема включения бесстартерным ПРА двухлампового люминесцентного светильника показана на рис. 4.17.

Схема включения люминесцентной лампы с использованием лампы накаливания вместо дросселя показана на рис. 4.18. В этом случае для обеспечения зажигания люминесцентной лампы на ее поверхности располагают металлический проводник в виде достаточно широкой полосы фольги и присоединяют его к одному из выводов электродов. Можно также заземлить эту полосу или проложить вдоль самой лампы один из монтажных токоведущих проводов и закрепить его по концам колбы проволочными хомутиками.

Можно включить и две люминесцентные лампы, используя одну лампу накаливания. При этом люминесцентные лампы включаются обязательно последовательно.

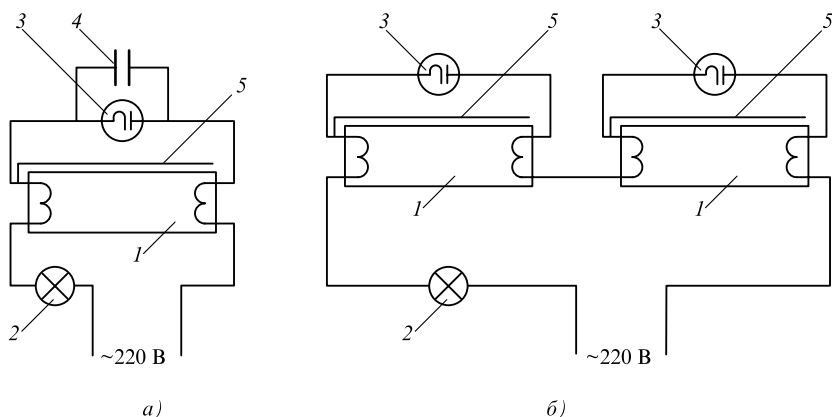


Рис. 4.18. Схемы включения одной (а) и двух (б) люминесцентных ламп без дросселя:

I – люминесцентная лампа; 2 – лампа накаливания; 3 – стартер; 4 – конденсатор; 5 – металлический проводник

4.8. Схемы включения дуговых ртутных ламп

ДРЛ включаются в электрическую сеть напряжением 220 В через поджигающее устройство, подающее импульс высокого напряжения (рис. 4.19). Поджигающее устройство состоит из разрядника, селенового выпрямителя, зарядного резистора и конденсаторов $C1$ и $C2$. Дроссель в схеме служит для зажигания лампы, предотвращения резкого возрастания тока в лампе, а также для стабилизации режима ее горения.

Зажигание лампы происходит следующим образом.

При включении лампы ток, проходя через выпрямитель и зарядный резистор, заряжает конденсатор $C2$. Когда напряжение на конденсаторе достигает примерно 200 В, происходит пробой воздушного промежутка разрядника и конденсатор $C2$ разряжается на дополнительную обмотку дросселя, в результате чего в его основной обмотке создается повышенное напряжение, импульсом которого и зажигается лампа. Чтобы защитить выпрямитель от импульса высокого напряжения используют конденсатор $C1$, а для подавления помех радиоприему, создаваемых поджигающим устройством при зажигании лампы, — конденсатор $C3$.

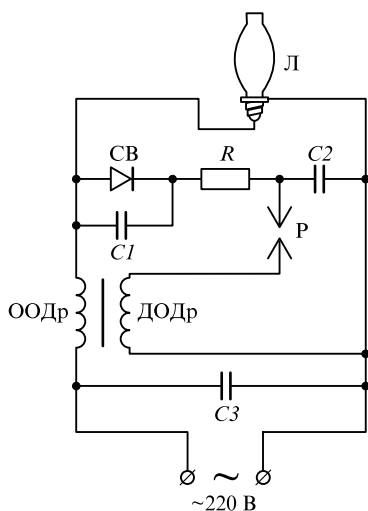


Рис. 4.19. Схема включения ДРЛ:

Л — лампа; СВ — селеновый выпрямитель (диод); R — зарядный резистор; $C1$, $C2$, $C3$ — конденсаторы; P — разрядник; ООДр — основная обмотка дросселя; ДОДр — дополнительная обмотка дросселя

Четырехэлектродная ДРЛ включается в сеть по упрощенной схеме, в которой отсутствует поджигающее устройство, но имеются дроссель и конденсатор, которые выполняют те же функции, что и в схеме включения двухэлектродной ДРЛ.

В сеть газоразрядные лампы включаются через пускорегулирующие аппараты.

Применяемые в ПРА индуктивные балластные сопротивления или накальные трансформаторы снижают коэффициент мощности ламп до 0,5... 0,6, при этом потребляемая ими мощность увеличивается в 1,7... 2 раза.

Для снижения реактивной мощности, потребляемой лампами в осветительных сетях частотой 50 Гц, применяются конденсаторные установки напряжением 380 В. В этом случае конденсаторы подключаются непосредственно у каждого светильника или на групповых линиях щит-

ков питающей сети для группы светильников. Для повышения коэффициента мощности ДРЛ с 0,57 до 0,95 необходимо на каждый киловатт активной мощности ламп устанавливать конденсаторы мощностью 1,1 кВт.

4.9. Схемы управления освещением

В производственных зданиях применяются местное, централизованное, дистанционное и автоматическое управление освещением. Для отдельных помещений или групп помещений могут применяться сочетания этих видов управления.

Местное управление освещением осуществляется легкодоступными для пользования выключателями, переключателями или другими простыми аппаратами, устанавливаемыми внутри освещаемых помещений или у входов в эти помещения.

Для протяженных помещений, например туннелей, галерей, коридоров, имеющих два и более входов, бывает необходимо включать и выключать освещение от каждого из входов. В этих схемах управления (рис. 4.20) используются одно- и двухполюсные переключатели на два направления без нулевого положения.

Для большего числа мест управления в схему вводятся дополнительные переключатели 2, включаемые в разрыв линий, соединяющих переключатели 1 и 2.

В крупных производственных помещениях устанавливать большое число выключателей сложно и неудобно, поэтому в таких помещениях предусматривают *централизованное управление* освещением с групповых щитков с использованием аппаратов управления автоматических выключателей щитков, защищающих групповые линии.

В крупных производственных зданиях, где общее освещение производится от нескольких подстанций, по условиям производства бывает нецелесообразно управлять освещением отдельных участков здания из нескольких мест. В этих случаях применяют *дистанционное управление* общим освещением из одного места, где постоянно дежурит обслуживающий персонал. Дистанционное

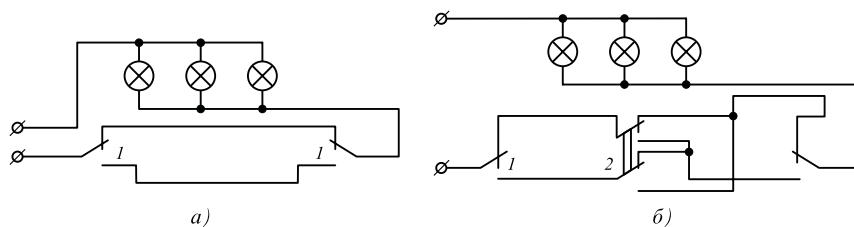


Рис. 4.20. Схемы управления освещением из двух (а) и трех (б) мест:

1, 2 – переключатели

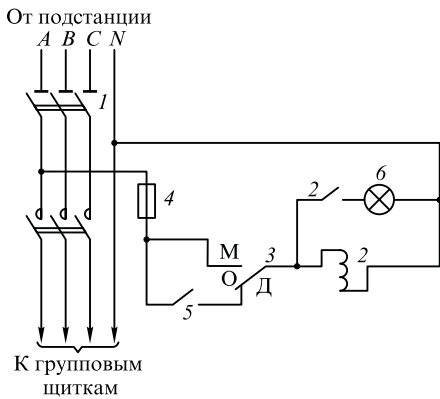


Рис. 4.21. Принципиальная схема дистанционного управления освещением: О, М, Д – положения избирателя; 1 – главный автомат; 2 – катушка и контакт магнитного пускателя; 3 – избиратель вида управления; 4 – предохранитель; 5 – выключатель дистанционного управления; 6 – сигнальная лампа

управление освещением осуществляется магнитными пускателями или контакторами, устанавливаемыми на щитах станций управления (ЩСУ) или в шкафах управления (ЩУ) и включаемыми в цепи линии питающей осветительной сети. Характерная принципиальная схема дистанционного управления одной питающей линией приведена на рис. 4.21.

Избиратель 3 служит для опробования магнитного пускателя с места его установки (положение М) и при необходимости может использоваться для местного управления освещением, а в положении О для отключения освещения.

Для перевода схемы на дистанционное управление избиратель 3 устанавливается в положение Д. Дистанционное включение и отключение освещения из пункта управления производится выключателем 5, а о работе освещения в пункте управления свидетельствует горение сигнальной лампы 6.

В схеме дистанционного управления вместо выключателя 5 можно использовать реле фотоэлектрического автомата, которое будет включать или выключать освещение в соответствии с изменением естественной освещенности.

Автоматическое управление обеспечивает выключение и включение искусственного освещения без участия человека в зависимости от изменения естественного освещения или по заранее заданному суточному графику. Для автоматического управления освещением применяются фотоэлектрические автоматы, которые работают следующим образом. На установленный в помещении вблизи окна выносной фотодатчик падает естественный свет. Изменение естественной освещенности вызывает изменение тока в цепи фотодатчика, а следовательно, и в цепи реле фотоэлектрического автомата. При снижении освещенности ниже определенного уровня это реле срабатывает, т. е. его контакт замыкается.

Для автоматического управления освещением в подъездах, на лестничных клетках, в жилых зданиях выпускаются вводно-распределительные устройства с фотоэлектрическими датчиками.

4.10. Схемы питания и распределительные устройства осветительных электроустановок

К осветительным электроустановкам предъявляются следующие основные требования: надежность и бесперебойная работа всех элементов, обеспечение требуемого уровня освещенности помещений и рабочих мест, удобство и безопасность обслуживания и ремонта приборов, светильников и аппаратов. Выполнение этих требований в известной мере зависит от принятой схемы питания освещения.

В цехах промышленных предприятий, где питание осветительных электроустановок осуществляется от общего трансформатора встроенной цеховой подстанции, используются несколько схем. Если осветительная электроустановка состоит из небольшого числа ламп рабочего освещения, то применяется схема ее питания по одной магистрали (рис. 4.22), т. е. магистраль рабочего освещения 5 присоединяется непосредственно к ящику 3 с коммутационными и защитными аппаратами.

Коммутационными аппаратами ручного управления являются рубильники и пакетные выключатели, а аппаратами дистанционного управления — контакторы и магнитные пускатели.

При необходимости питания мощной осветительной электроустановки по нескольким магистралям применяют схему, приведенную на рис. 4.23, в которой питание от ящика 3 подводится к

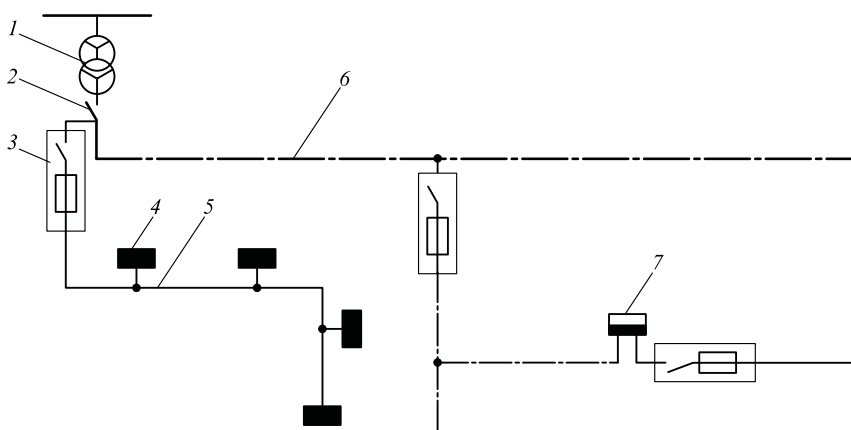


Рис. 4.22. Схема питания освещения без магистрального распределительного щитка:

1 – трансформатор; 2 – главный автомат; 3 – ящик с коммутационными и защитными аппаратами; 4 – групповой щиток рабочего освещения; 5 – магистраль рабочего освещения; 6 – главная магистраль; 7 – силовой распределительный щит

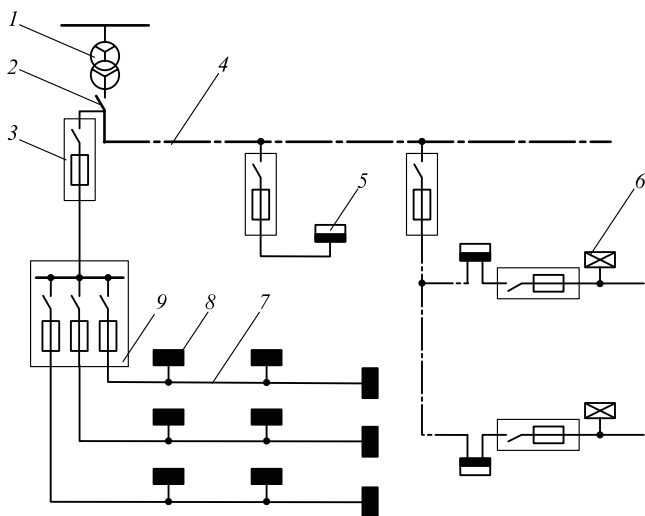


Рис. 4.23. Схема питания освещения с магистральным распределительным щитком:

1 – трансформатор; 2 – главный автомат; 3 – ящик с коммутационными и защитными аппаратами; 4 – главная магистраль; 5 – силовой распределительный щит; 6 – групповой щиток аварийного освещения; 7 – магистраль рабочего освещения; 8 – групповой щиток рабочего освещения; 9 – магистральный щиток

магистральному щитку 9, а от него отходят несколько магистральных линий.

Магистральной называется линия, предназначенная для передачи электрической энергии к нескольким пунктам ее распределения или электроприемникам, присоединенным по всей ее длине.

В тех случаях, когда промышленное предприятие получает электроэнергию от двух различных источников питания, целесообразно применять схему магистрали с двусторонним питанием. Такая магистраль обычно разомкнута. Например, при аварии на одном из головных участков часть магистрали отключается выключателем, установленным на распределительном устройстве (РУ) этой ее части; после отыскания и отсоединения разъединителями аварийного участка остальная часть магистрали продолжает работать от другого РУ.

Применение находят также схемы с резервной магистралью, которая включается соответствующим выключателем при выходе из работы одной из основных магистралей.

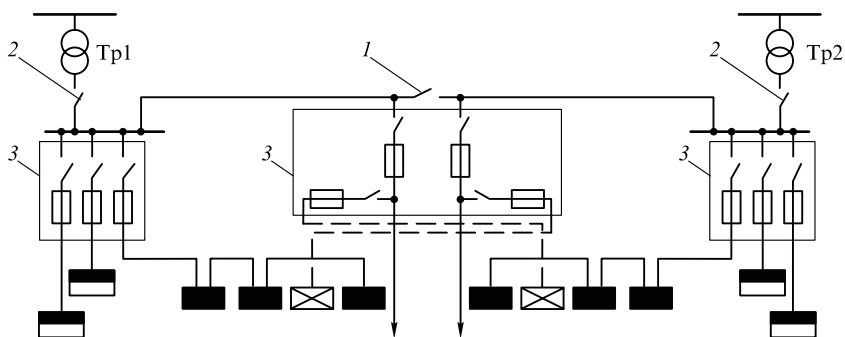


Рис. 4.24. Магистральная схема питания освещения от двух трансформаторов:

1 – секционный разъединитель; 2 – главный автомат; 3 – ящик с коммутационными и защитными аппаратами

В крупных цехах промышленных предприятий питание электроприемников осуществляется, как правило, от нескольких встроенных трансформаторных подстанций. Наличие двух трансформаторов позволяет установить между двумя их магистралями секционный выключатель, обеспечивая бесперебойное питание осветительных и силовых агрегатов в случае выхода из строя одного из трансформаторов. При использовании такой схемы (рис. 4.24) взаиморезервируется питание рабочего освещения и становится более гибкой работа аварийного освещения.

Описанные схемы питания электрических нагрузок широко распространены на промышленных предприятиях вследствие их простоты, высокой надежности, минимального числа применяемых коммутационных и защитных аппаратов.

Прием и распределение электроэнергии в осветительных электроустановках осуществляется при помощи специальных щитков, шкафов и вводно-распределительных устройств, снабженных аппаратами для коммутирования и защиты отходящих магистральных и групповых линий, а также счетчиками для учета расходуемой электроэнергии.

Щитки, применяемые в осветительных электроустановках жилых домов, устанавливаемые на стене, делятся две группы: квартирные (ЩК) и этажные (ЩЭ).

Вводно-распределительное устройство ШВУ-5 представляет собой закрытый сварной металлический шкаф с верхним и нижним отделениями (рис. 4.25), в которых устанавливаются аппараты защиты (автоматы АБ-25), аппараты отключения (автоматы АЗ163), приборы учета потребляемой электроэнергии (счетчик типа СА-4), устройство автоматического управления освещением подъездов и

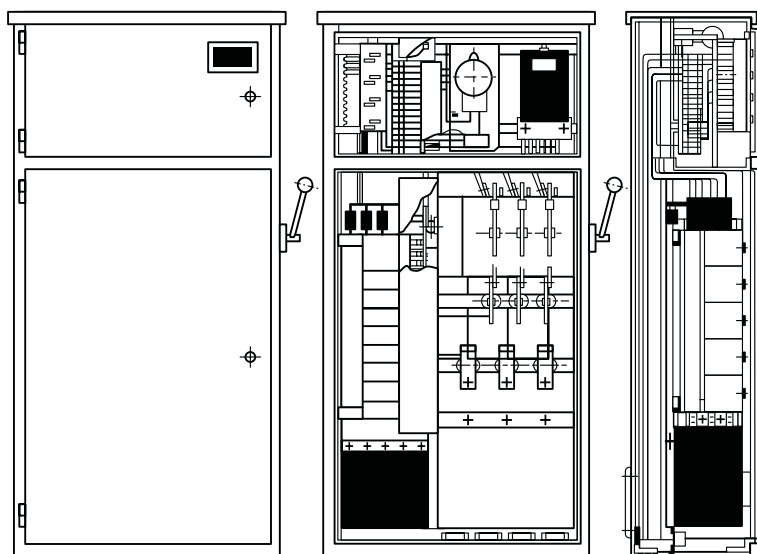


Рис. 4.25. Внешний вид и разрезы вводно-распределительного устройства ШВУ-5 осветительной электроустановки жилого дома

лестничных клеток, состоящее из фотовыключателей ФСК-2 и магнитного пускателя ПМИ-1. Вводно-распределительное устройство ШВУ-5 служит для приема, распределения и учета осветительных и силовых нагрузок в жилых домах и общественных зданиях, электроснабжение которых осуществляется от четырехпроводных электрических сетей 380/220 и 220/127 с глухозаземленной нейтралью.

Существует множество типов вводно-распределительных устройств, обеспечивающих освещение жилых домов (ВРС-1, ВУД-5, ВУД-6, ВУД-17, ВУШ-10, ШВ-61). Отличаются они друг от друга главным образом числом и компоновкой приборов, номинальным током ввода, а также характеристиками отключающих и защитных аппаратов.

В электроустановках промышленных предприятий и общественных зданий применяются щитки промышленных серий ОЩВ и ОПВ (рис. 4.26) и конструктивно более сложные вводно-распределительные устройства, рассчитанные на большие номинальные токи ввода.

Щиток ОЩВ представляет собой металлический навесной ящик размером $500 \times 400 \times 150$ мм со съемной верхней и нижней крышками, через которые вводятся питающие и выводятся отходящие линии. В ящике на съемном шасси установлены отключающие приборы, рукоятки которых выступают за пределы лицевой панели. Ящик закрывается дверцей, укрепленной на его фасадной части.

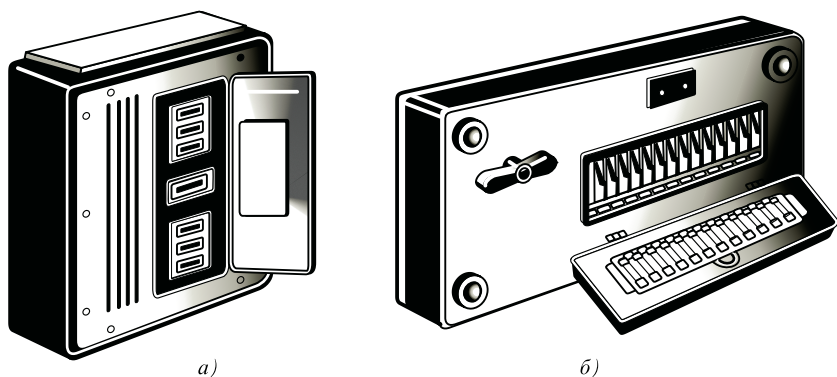


Рис. 4.26. Щитки промышленных серий ОЩВ (а) и ОПВ (б)

Щиток изготавливается на 6 и 12 однофазных групп, снабженных автоматическими выключателями АЗ163 с тепловыми расцепителями на 15, 20 или 25 А, к которым присоединяются отходящие линии, питающие отдельные группы светильников. К вводным зажимам щитков ОЩВ допускается присоединять провода с сечением до 50 мм², а к зажимам отходящих линий – провода сечением до 10 мм².

Щиток ОПВ представляет собой металлический ящик размером 500 × 260 × 140 мм, укомплектованный автоматическими выключателями АБ-25 и пакетным выключателем на вводе, рукоятка которого выведена на фасадную стенку ящика. К вводным зажимам щитков ОПВ допускается присоединять провода с сечением до 50 мм², а к зажимам отходящих линий – провода с сечением до 6 мм². Такие щитки изготавливаются на 6 и 12 однофазных групп.

В качестве вводно-распределительных устройств осветительных электроустановок промышленных предприятий и общественных зданий применяют комбинированные щиты, распределительные блочные пункты и шкафы.

Комбинированный щит типа ЩК (рис. 4.27, а) представляет собой сварную металлическую подвесную раму, на которой смонтированы щитки и аппараты различного назначения. Основное достоинство комбинированных щитов состоит в возможности легкой замены любого из входящих в него элементов в случае их выхода из строя или изменения схемы электропитания осветительных электроустановок.

Блочный распределительный пункт (рис. 4.27, б) комплектуется из блоков предохранителей-выключателей (БПВ), выпускаемых на токи 100, 200, 400, 600, 1000 А. В этих блоках предохранители ПН-2 выполняют как коммутационные, так и защитные функции.

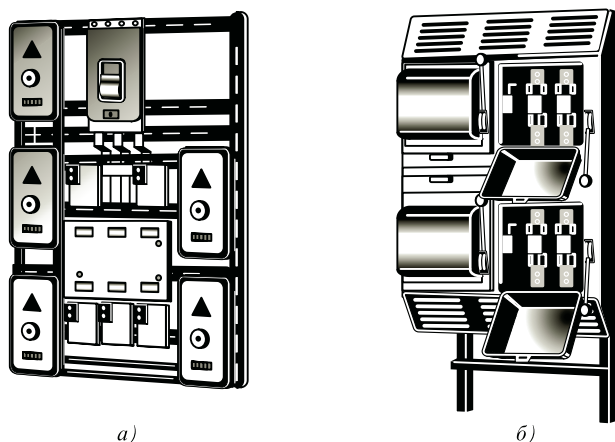


Рис. 4.27. Комбинированный щит типа ЩК (а)
и блочный распределительный пункт БРП-4 (б)

Блочные распределительные пункты удобны в эксплуатации, так как не содержат сложных коммутационных и защитных аппаратов, а также безопасны в обслуживании благодаря наличию в каждом БПВ блокировки между их дверцей и рукояткой, т. е. дверца блока открывается только при отключенной рукоятке.

В мощных осветительных электроустановках крупных промышленных предприятий применяются распределительные шкафы серий СП и СПУ (рис. 4.28), которые изготавливаются из листовой стали толщиной 1,5 ...2 мм. Внутри корпуса такого шкафа располагается съемная рама, на которой монтируются выключатель, предохранители отходящих линий, а также распределительные и питающие шины. Распределительные шины располагаются на изоляторах горизонтально одна над другой и служат для установки на них верхних контактных стоек предохранителей одной фазы. Контактные стойки закрепляются на шинах сдвоенными гайками и специальными прижимными шайбами, что позволяет в процессе эксплуатации подтягивать их с лицевой стороны шкафа.

Нижние контактные стойки предохранителей монтируются на изоляторах, закрепленных на поперечинах рамы. Предохранители одной фазы в этом случае располагаются горизонтально. Съемную раму можно вынимать из шкафа при выполнении присоединений, чем значительно облегчаются их монтаж и эксплуатация.

Внутри корпуса на боковых стенках имеются скобы для крепления кабелей, а на задних – профильные конструкции со специальным креплением для проводов линий, отходящих от предо-

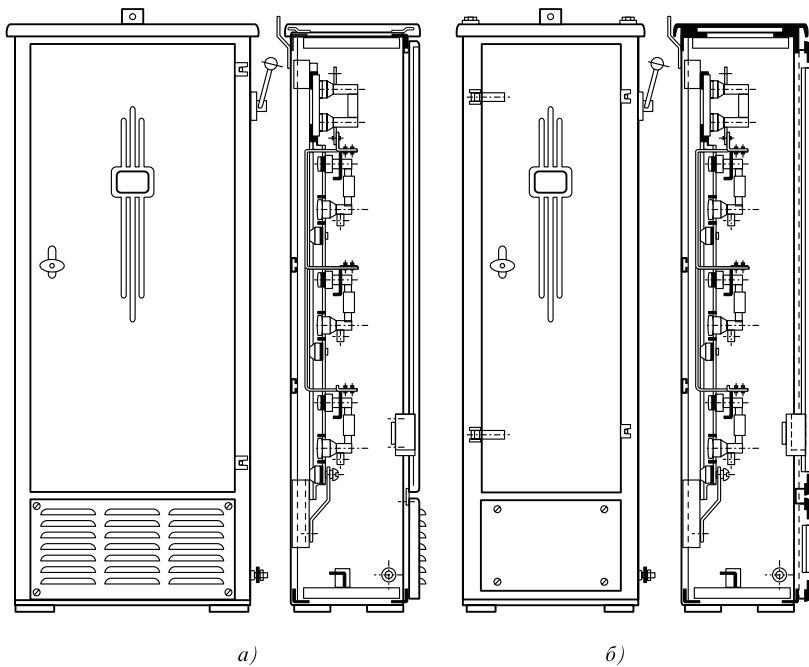


Рис. 4.28. Внешний вид и разрезы распределительных шкафов серий СП (а) и СПУ (б)

хранителей. Внизу корпуса находятся нулевая шина и перфорированная поперечина для закрепления подходящих к шкафу кабелей или труб с проводами.

Крышки корпусов шкафов серий СП и СПУ съемные, что позволяет в процессе монтажа пробивать в них на прессе отверстия, необходимые для ввода сверху труб с проводами. На лицевой стороне нижней части корпуса имеются съемные накладки, которые для удобства на время монтажа удаляются.

Съемно-блокированная рукоятка выключателя, выведенная через отверстие в одной из боковых стенок шкафа, снимается только при отключенном выключателе.

Шкаф серии СП отличается от шкафа серии СПУ наличием на съемной накладке жалюзи для вентиляции, способом крепления крышки, отсутствием уплотнений на дверцах, более высокой допустимой нагрузкой и большими габаритными размерами. Номинальные токи этих шкафов определяются номинальными токами аппаратов вводных линий, а от них в свою очередь зависят и номинальные токи защитных аппаратов, устанавливаемых находящихся линиях.

4.11. Расчет электрических сетей и электрического освещения

К осветительным электросетям предъявляются следующие требования:

- надежность (бесперебойность снабжения потребителей);
- обеспечение высокого качества электроэнергии (минимальные отклонения подводимых к потребителям напряжений от номинальных значений);
- пожарная безопасность.

Для выполнения этих требований необходимо обеспечить достаточную механическую прочность проводов, правильно выбрать плавкие вставки и определить сечения проводов по условию допустимой потери напряжения, а также применять провода с изоляцией, соответствующей условиям окружающей среды.

Выбор проводов производится путем расчета их по току нагрузки и потере напряжения. Механическая прочность проводов, которая определяется материалом и сечением токопроводящих жил, должна соответствовать их назначению и принятому способу прокладки.

Например, провода для зарядки светильников внутри и вне зданий должны иметь медные жилы с сечениями 0,5...1 мм²; голые провода в зданиях — медные жилы с сечением 2,5 мм²; а изолированные провода в трубах — алюминиевые жилы с сечениями 4 и 2,5 мм² и медные с сечением 1 мм².

Расчет осветительной сети по току нагрузки. Определив токовую нагрузку в сети, по таблицам длительно допустимых токовых нагрузок (приложение 1) подбирают необходимое минимальное сечение проводника, для которого расчетный ток меньше длительно допустимого.

Нагрузка на провода должна рассчитываться достаточно точно, так как ее завышение приведет к выбору провода большего сечения, а занижение — меньшего, что также экономически не выгодно, так как вызывает лишние потери электроэнергии и напряжения в проводах. При определении сечения проводов используются следующие величины:

номинальная мощность P_n — мощность, указанная в паспорте токоприемника, Вт;

установленная мощность P_y — сумма номинальных мощностей всех установленных токоприемников, Вт;

потребляемая мощность $P_{п}$ — фактическая мощность, расходуемая токоприемниками, Вт;

расчетная мощность P_p , по которой производится расчет, т. е. мощность одного или группы одновременно работающих токоприемников, Вт;

соответствующие указанным мощностям токи I_n , I_y , $I_{п}$, I_p , А.

Суммируя номинальные мощности подключенных токоприемников, определяют установленную мощность P_y . Она всегда больше расчетной мощности P_p , потому что все токоприемники электроустановки почти никогда не работают одновременно. Поэтому при расчете используют не установленную мощность, а ту ее часть, которая может одновременно использоваться токоприемниками, т. е. P_p . Для получения расчетной мощности вводится коэффициент спроса, который показывает, какая часть установленной мощности фактически расходуется: $K_c = P_p / P_y$ или $K_c = I_p / I_y$, откуда $P_p = K_c P_y$ или $I_p = K_c I_y$.

Коэффициенты спроса для некоторых электроустановок приведен в приложении 2.

Для расчета сечения провода по допустимой длительной токовой нагрузке необходимо знать номинальный ток I_n . Если номинальный ток не известен, то его определяют по формуле, которая справедлива для цепей постоянного и однофазного переменного токов с осветительными и нагревательными приборами: $I_n = P_p / U_n$.

При расчете питающих сетей наружного и аварийного освещения, а также групповых сетей всех видов освещения коэффициент спроса принимается равным единице ($K_c = 1$).

При определении расчетных нагрузок осветительных установок необходимо учитывать потери мощности в пускорегулирующих аппаратах, составляющие около 20 % для люминесцентных ламп и 10 % для ДРЛ.

Расчетную мощность определяют по формуле $P_p = K_c P_y$, а расчетный ток по формуле $I_p = K_c P_y / U = P_p / U$.

В трехфазной цепи переменного тока расчетный ток для трехпроводной линии

$$I_p = K_c P_y / \sqrt{3} U = P_y / (1,73 U).$$

Пример. Необходимо определить сечения и марки проводов для монтажа электропроводки в учебной мастерской, питание которой осуществляется от осветительного щитка. В мастерской необходимо установить 14 ламп накаливания по 150 Вт, 4 лампы по 60 Вт, 8 ламп по 15 Вт и от осветительного щитка. В мастерской необходимо установить электронагревательные приборы общей мощностью 2 кВт. Напряжение сети 220 В.

1. Определим установленную электрическую мощность освещения и приборов в учебной мастерской:

$$P_y = P_{1н} + P_{2н} + P_{3н} + P_{4н} = 150 \cdot 14 + 60 \cdot 4 + 8 \cdot 15 + 2000 = 4460 \text{ Вт.}$$

2. Найдем коэффициент спроса по приложению 2: $K_c = 0,8$, так как мастерская является учебным заведением.

3. Вычислим расчетную мощность:

$$P_p = K_c P_y = 0,8 \cdot 4460 = 3668 \text{ Вт.}$$

4. Найдем номинальный ток, который в данном случае будет равен расчетному току при напряжении сети $U_n = 220$ В:

$$I_n = P_p / U_n = 3668 / 220 = 16,67 \text{ А.}$$

5. По приложению 1 определим сечения жил проводов, соответствующие току 16,67 А:

сечение медных жил – 1 мм²;

сечение алюминиевых жил – 2,5 мм².

6. По приложению 3 найдем марки проводов, которые можно использовать для монтажа:

для открытой прокладки – ППВ (2 × 1 мм²), АППВ (2 × 2,5 мм²):

для прокладки в одной трубе – ПВ (2 × 1,5 мм²), АПВ (2 × 2,5 мм²), ПРТО (2 × 1,5 мм²), АПРТО (2 × 2,5 мм²);

для скрытой прокладки – ППВС (2 × 2,5 мм²), АППВС (2 × 2,5 мм²).

Задача. Рассчитать сечение и выбрать марки проводов для монтажа электропроводки в лаборатории специальной технологии, в которой 20 рабочих стендов с установленными щитками. Электрическая мощность одного щитка 2,5 кВт. Напряжение сети 220 В.

Расчет осветительной сети по потерям напряжения. Потерей называют разность значений напряжений в начале и конце линии. Сечение провода по допустимой потере напряжения определяют, если линия сравнительно длинная и имеет нормальную нагрузку. После чего проверяют соответствие полученного значения условиям нагрева, а для воздушной линии – механической прочности.

Чем дальше токоприемник расположен от источника питания, тем большими становятся потери напряжения в проводах вследствие возрастания их сопротивления.

Потеря напряжения в проводах отрицательно сказывается на работе токоприемников, поэтому при расчете сечения проводов электрической сети по потере напряжения необходимо исходить из того, что отклонения напряжения для присоединенных к этой сети токоприемников не должны выходить за пределы допустимых.

ПУЭ допускают следующие пределы отклонений напряжения на зажимах токоприемников:

для ламп освещения жилых зданий, аварийных и наружных светильников ±5 %;

для ламп рабочего освещения промышленных предприятий и общественных зданий, а также для прожекторных установок наружного освещения +5...–2,5 %.

Исходя из обеспечения допустимых значений отклонения напряжения на зажимах токоприемников, можно определить допустимую потерю напряжения в проводах сети электроустановки.

Сечение провода по допустимой потере напряжения в двухпроводной линии однофазного переменного или постоянного тока

напряжением до 1000 В можно определить по формулам

$$S = \frac{2P_p l}{\gamma \Delta U U} \quad \text{или} \quad S = 2 \sum_1^n \frac{P_p l}{\gamma \Delta U U}.$$

Сечение провода по допустимой потере напряжения в трехпроводной и четырехпроводной линиях трехфазного тока напряжением до 1000 В небольшой протяженности при нагрузке на конце линии можно определить по формуле:

$$S = \frac{P_p l}{\gamma \Delta U U},$$

а при нагрузках, присоединенных по длине линии, по формуле

$$S = \sum_1^n \frac{P_p l}{\gamma \Delta U U},$$

где P_p – расчетная мощность на участке, Вт; U – напряжение, В; l – расчетная длина участка, м; S – сечение провода, мм²; γ – удельная электропроводимость провода, м/(Ом · мм²); ΔU – потеря напряжения, В.

Из приведенных формул видно, что при одинаковых номинальном напряжении электрической сети и передаваемой мощности, одинаковом сечении и материале токопроводящих жил потери напряжения в трехфазной проводке в два раза меньше, чем в однофазной.

На рис. 4.29 показана линия с нагрузкой, сосредоточенной в ее конце ($P = 16$ кВт и $l = 200$ м).

Произведение нагрузки на длину линии называют моментом нагрузки, т. е. $M = Pl$. При расчете трехфазной проводки с несколькими нагрузками, распределенными вдоль линии, в приведенных выше формулах вместо расчетной мощности P_p используют момент нагрузок

$$M = P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_3 + \dots,$$

где P_1, P_2, P_3 – нагрузки, кВт; l_1, l_2, l_3 – длины отрезков линии, м.

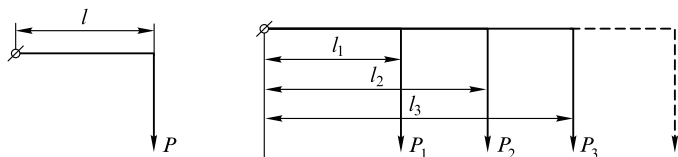


Рис. 4.29. Линия с нагрузкой, сосредоточенной в ее конце

Пример. Требуется рассчитать сечение алюминиевых проводов для магистрали с нагрузкой в 16 кВт длиной 200 м от трансформаторной подстанции с номинальным вторичным напряжением 380/220 В до жилого дома, если допустимая потеря напряжения в этой линии составляет 5 %.

1. Определим допустимую потерю напряжения:

$$U = \frac{U \cdot 5\%}{100} = \frac{380 \cdot 5\%}{100} = 19 \text{ В.}$$

2. Расчетная нагрузка: $P_p = P_n = 16 \text{ кВт}$.

3. По формуле для четырехпроводной линии трехфазного тока найдем сечение провода:

$$S = \frac{2P_p l}{\gamma \Delta U U} = \frac{16 \cdot 200 \cdot 1000}{39 \cdot 19 \cdot 380} = 14 \text{ мм}^2.$$

4. Найдем ближайшее стандартное сечение алюминиевого провода: $S = 16 \text{ мм}^2$.

5. Сечение нулевого провода магистрали принимаем равным 16 мм^2 , как минимально допустимое по условиям механической прочности алюминиевых проводов воздушных линий.

Задача 1. Определить сечение проводов в осветительной двухпроводной линии, расчетная схема которой приведена на рис. 4.30. Номинальное напряжение линии 220 В. Провода алюминиевые. Допустимые потери напряжения в линии 2,5 %.

Ответ. 9,5 мм². Стандартное сечение провода 10 мм².

Задача 2. Определить сечение алюминиевых проводов магистральной линии трехфазного тока с напряжением $U = 380/220 \text{ В}$, которая питает групповой осветительный щиток с расчетной нагрузкой 20 кВт. Длина линии 100 м, допустимые потери напряжения в проводах составляют 1,5 %.

Ответ. 29 мм². Стандартные сечения: 35 мм² для фазных проводов и 16 мм² для нулевого.

Расчет токов плавких вставок предохранителей. При расчете необходимо руководствоваться тремя основными условиями.

1. Номинальный ток плавкой вставки должен быть равен или больше расчетного тока для данного участка электропроводки, т. е. $I_{\text{вст}} \geq I_p$.

Например, если расчетный ток в осветительной сети $I_p = 14 \text{ А}$, а по шкале номинальных токов плавких вставок (приложение 4)

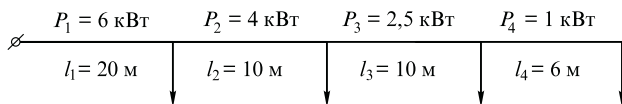


Рис. 4.30. Расчетная схема линии

ближайшее большее значение $I_{\text{вст}} = 15$ А, условие выполняется, так как $15 > 14$.

2. Номинальный ток плавкой вставки для защиты электроустановок с пусковым током I пуск должен определяться соотношением $I_{\text{вст}} = I_{\text{пуск}} / 2,5$.

Например, если пусковой ток $I_{\text{пуск}} = 40$ А, то $I_{\text{вст}} = 40 / 2,5 = 16$ А, а по шкале номинальных токов плавких вставок (приложение 5) ближайшее большее значение $I_{\text{вст}} = 20$ А, условие выполняется, так как $20 > 16$.

Необходимо иметь в виду, что при расчете результаты первого и второго условий могут быть разными. Выбирать следует большее значение. Однако при выборе плавких вставок предохранителей осветительных электроустановок без пусковых токов, ориентироваться на второе условие не следует.

3. Обеспечение избирательности защиты линий, т. е. каждый предохранитель должен срабатывать только тогда, когда повреждение произойдет на защищаемом им участке электропроводки. Обычно предохранители с плавкими вставками устанавливаются в начале участка и при изменении сечения проводов.

Окончательный выбор плавкой вставки предохранителя производится по большему значению тока, полученному при анализе указанных условий.

Пример. Для линии электроосвещения, обеспечивающей питание гражданского сооружения с 60 лампами накаливания мощностью до 500 кВт каждая, четырехпроводной, с напряжением сети 380/220 В, проводами марки АПВ, проложенными в металлической трубе, надо рассчитать ток плавкой вставки и выбрать предохранитель.

1. Определим расчетный ток по формуле для трехфазной четырех- и трехпроводной сети при $\cos \varphi = 1$:

$$I_p = \frac{K_c P_y}{1,73 U},$$

здесь установленная мощность $P_y = P_n \cdot 60 = 500 \cdot 60 = 30\,000$ Вт; коэффициент спроса $K_c = 1$; линейное напряжение $U = 380$ В, тогда

$$I_p = 500 \cdot 60 / (1,73 \cdot 380) = 45,7 \text{ А.}$$

2. Исходя из условия $I_{\text{вст}} \geq I_p = 45,7$, по шкале номинальных токов плавких вставок (см. приложение 4) найдем $I_{\text{вст}} = 60$ А.

3. Выберем предохранитель НПН-60.

Задача 1. Рассчитать ток плавкой вставки предохранителя для защиты электрической сети, если в жилом доме к групповому этажному щитку освещения с напряжением сети 220 В подключены четыре квартиры, потребляемая мощность осветительных и нагревательных токоприемников которых соответственно 2,4; 1,2; 2,8; 3 кВт.

Задача 2. Выбрать плавкие предохранители для защиты осветительной цепи, если мощность всех ламп накаливания $P = 1900$ Вт.

Определение уставок расцепителей автоматических выключателей для защиты электроустановок. Автоматические выключатели — это аппараты, которые предназначены для нечастых включений и отключений электрических цепей и защиты электроустановок от перегрузок, коротких замыканий, повышенного и пониженного напряжения и других аварийных режимов. Наибольшее распространение получили автоматические выключатели серий А3100, АЕ-1000, АЕ-2000, А3700, АК-63.

Главной частью автоматического выключателя является расцепитель, обеспечивающий включение и моментальное отключение контактов автомата. Расцепители могут быть электромагнитными, тепловыми и комбинированными, а также полупроводниковыми. Электромагнитный расцепитель (рис. 4.31, а) представляет собой катушку с сердечником, т.е. якорем, и пружинным устройством. Когда ток в защищаемой цепи превышает определенное значение, сердечник *б* втягивается в катушку *5* и через рычаг *4* освобождает защелку *3*. Под действием пружины *1* контакт *2* размыкает главную цепь.

Тепловой расцепитель (рис. 4.31, б) представляет собой биметаллическую пластинку из двух металлов с различными коэффициентами удлинения. При прохождении тока через нагреватель пластинка нагревается и, изменяясь, при определенном значении тока размыкает цепь. Контакт *2* главной цепи замыкают вручную кнопкой или рукояткой. В замкнутом положении он удерживается защелкой *3*. При прохождении по цепи тока, значение которого

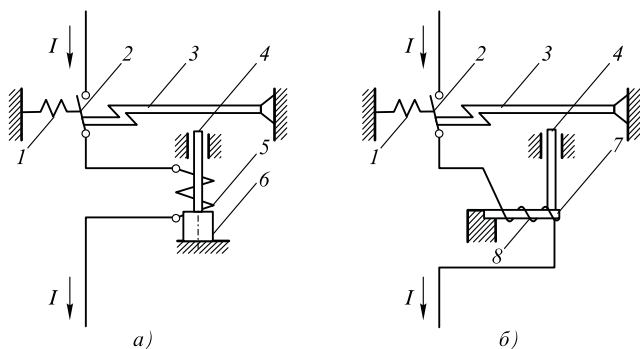


Рис. 4.31. Схемы электромагнитного (а) и теплового (б) расцепителей автоматических выключателей:

I — пружина; *2* — контакт; *3* — защелка; *4* — рычаг; *5* — катушка; *6* — сердечник; *7* — пластина; *8* — спираль нагревателя

меньше допустимого, пластина 7 нагревается слабо и изгиб ее недостаточен для того, чтобы передать усилие на защелку 3. Если по спирали 8 нагревателя будет проходить ток, значение которого превышает допустимое, то через некоторое время правый конец пластины 7 изогнется настолько, что рычаг 4 поднимет защелку 3, и под действием пружины 1 контакт 2 разомкнется.

Комбинированный расцепитель совмещает в себе электромагнитный и тепловой. В нем электромагнитный расцепитель срабатывает мгновенно, осуществляя защиту от короткого замыкания, а тепловой защищает от тока перегрузки. В этом случае обмотки электромагнитов и нагревателей расцепителей включаются последовательно с приемником электрической энергии.

При выборе автоматических выключателей, рассчитав номинальный ток цепи, необходимо учесть, что для всех видов электрических приемников номинальный ток расцепителя должен быть не меньше расчетного длительного тока цепи, т. е. $I_{н. расц} \geq I_{расч. дл.}$

При определении уставок расцепителей автоматических выключателей необходимо выполнение следующих условий:

1. Номинальный ток теплового расцепителя должен быть не меньше расчетного длительного тока линии, т. е. $I_{т. расц} \geq I_{расч. дл.}$

2. Номинальный ток электромагнитного или комбинированного расцепителя автоматических выключателей должен быть не меньше расчетного длительного тока линии, т. е. $I_{эл. расц} \geq I_{расч. дл.}$

3. Ток срабатывания (отсечки) электромагнитного или комбинированного расцепителя должен быть не меньше кратковременного максимального тока линии, т. е. $I_{сраб. эл} \geq kI_{max}$, где k – коэффициент, учитывающий неточность и разброс характеристик. Для большинства автоматических выключателей $k = 1,25$, а для автоматов серий А3100, АЕ-2000, АК-63 $k = 1,4$.

Поскольку пусковой ток $I_{пуск}$ электродвигателя (ЭД) в 3,5–7 раз превышает номинальный $I_{н}$, выбор автоматического выключателя производится с учетом этих токов. Ток срабатывания электромагнитного расцепителя $I_{сраб. эл}$ должен быть не менее 1,25 пускового тока ЭД, т. е. $I_{сраб. эл} \geq 1,25 I_{пуск}$. Следовательно, максимальный ток, идущий к одиночному ЭД, должен быть равен его пусковому току: $I_{max} = I_{пуск}$. Для цепей с одиночными ЭД используют автоматические выключатели с комбинированными расцепителями, а для цепей с группой ЭД – с электромагнитными. При этом ток срабатывания расцепителя должен превышать максимальный ток, который определяют как сумму номинальных токов максимального числа включенных ЭД при условии пуска их с максимальным пусковым током:

$$I_{max} = K_{одн} \sum_{i=1}^{n-1} I_{н i} + I_{пуск. max},$$

где I_{\max} – максимальный ток, А; n – число ЭД; $K_{\text{одн}}$ – коэффициент одновременной работы ЭД; $I_{\text{н}}$ – номинальный ток ЭД; $I_{\text{пуск, макс}}$ – пусковой ток ЭД.

При установке автоматических выключателей в закрытом шкафу условия охлаждения их ухудшаются, поэтому номинальный ток теплового или комбинированного расцепителей уменьшается до 85 % и определяется по формуле $I_{\text{н, расц}} = I_{\text{раб}} / 0,85$.

Пример. Для защиты осветительных электроустановок общей мощностью 6 кВт необходимо выбрать автоматический выключатель. Номинальное напряжение сети $U_{\text{н}} = 220$ В.

1. Определим расчетный ток:

$$I_{\text{р}} = \frac{K_{\text{с}} P_{\text{у}}}{U} = \frac{P_{\text{р}}}{U_{\text{н}}} = \frac{1 \cdot 6 \cdot 1000}{220} = 27,3 \text{ А.}$$

2. Найдем пусковой ток: $I_{\text{пуск}} = I_{\text{р}} = 27,3$ А.

3. Рассчитаем ток срабатывания расцепителя:

$$I_{\text{сраб}} \geq 1,25 I_{\text{пуск}} = 1,25 \cdot 27,3 = 34 \text{ А.}$$

4. По приложению 6 выберем автоматический выключатель А3160 на номинальный ток 50 А с тепловым расцепителем на 40 А, устанавливаемый открыто, вне шкафа.

Задача. Выбрать автоматический выключатель для управления и защиты группы ламп накаливания общей номинальной мощностью $P_{\text{н}} = 3$ кВт при номинальном напряжении сети $U_{\text{н}} = 220$ В.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Что такое осветительные электроустановки?
 2. Перечислите устройства для присоединения источников света к электрической сети.
 3. Каково основное требование к освещению?
- II.
 1. Какие виды освещения вы знаете?
 2. На какие основные группы подразделяются источники света?
 3. Как работает лампа накаливания?
- III.
 1. По каким параметрам рассчитываются осветительные сети?
 2. Поясните принцип работы ДРЛ.
 3. Как работают люминесцентные лампы?

Глава 5. МОНТАЖ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

5.1. Общие сведения

При повреждении изоляции электрооборудования различные его металлические нетокопроводящие части могут случайно оказаться под напряжением, создавая опасность поражения человека электрическим током. Прикасаясь к оборудованию с поврежденной изоляцией, человек становится проводником для тока в землю.

Токи от 0,05 до 0,1 А опасны для человека, а токи выше 0,1 А смертельны.

Значение тока, проходящего в землю, зависит от электрического сопротивления тела человека и напряжения поврежденной установки. Сопротивление тела человека колеблется в широких пределах: от нескольких сотен до тысяч Ом, поэтому опасность для его жизни и здоровья могут представлять установки и с относительно небольшим напряжением по отношению к земле.

Напряжением относительно земли при замыкании на корпус является напряжение между этим корпусом и точками земли, находящимися вне зоны растекания токов в земле (но не ближе 20 м от этой зоны).

Одной из основных мер защиты людей от поражения электрическим током при прикосновении к установкам, случайно оказавшимся под напряжением, является устройство защитного заземления.

Заземлением называют преднамеренное электрическое соединение какой-либо части установки с землей, выполняемое при помощи заземлителей и заземляющих проводников.

Заземлителем называют металлический проводник или группу проводников (электродов), заложенных в грунт.

Заземляющими проводниками называют металлические проводники, соединяющие заземляемые части электроустановки с заземлителями.

Заземляющим устройством называют совокупность заземлителей и заземляющих проводников. Безопасность людей достигается только в том случае, если заземляющее устройство будет иметь во много раз меньшее сопротивление, чем наименьшее сопротивление тела человека.

Сопротивлением заземляющего устройства называется сумма сопротивлений заземлителя относительно земли и заземляющих про-

водников, и оно должно быть в пределах, определенных предварительным расчетом. Максимально допустимые сопротивления заземляющих устройств определяются напряжением установки, значениями токов замыкания на землю, наличием нейтрали и некоторыми другими условиями и устанавливаются действующими ПУЭ. *Ток замыкания на землю* — ток, проходящий через землю в месте замыкания.

Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции металлические нетокопроводящие части электрооборудования заземляют. Комплекс мер и технических устройств, предназначенных для этой цели, называют *защитным заземлением*, т. е. защитное заземление представляет собой преднамеренное соединение с землей посредством заземляющих проводников и заземлителей нетокопроводящих металлических частей электроустановок (рукояток приводов разъединителей, кожухов трансформаторов, фланцев опорных изоляторов, корпусов измерительных трансформаторов и др.).

Задача защитного заземления заключается в создании между металлическими конструкциями или корпусом защищаемого устройства и землей электрического соединения достаточно малого сопротивления; при однофазных замыканиях на землю или на корпус токопроводящих поврежденных частей электроустановок такое соединение обеспечивает снижение тока до значения, не угрожающего жизни и здоровью человека, так как электрическое сопротивление его тела во много раз больше сопротивления металлического проводника, соединенного с землей. *Замыкание на землю* — это случайное электрическое соединение находящихся под напряжением частей электроустановки непосредственно с землей или с ее конструктивными частями, не изолированными от земли.

Защитное заземление применяется во всех сетях с изолированной нейтралью и в сетях с напряжением выше 1000 В с заземленной нейтралью. В последних токи однофазного замыкания протекают через землю и вызывают отключение аварийного участка.

В сети с глухозаземленной нейтралью электроприемники получают питание от обмоток источника тока, соединенных в звезду, нулевая точка которой надежно соединена с землей. *Глухозаземленной нейтралью* называется нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление.

Заземление нейтрали. В ПУЭ указывается, что городские электрические сети напряжением свыше 1000 В должны выполняться трехфазными с изолированной нейтралью, а распределительные сети в новых городах — трехфазными четырехпроводными с наглухо заземленной нейтралью при напряжении 380/220 В. Однако распространены также сети с напряжением 220/127 В с изолиро-

ванной нейтралью, в которых применяются пробивные предохранители.

Обмотки силовых трансформаторов отечественного производства с напряжением 110 кВ и выше также рассчитываются на работу с заземленной нейтралью, так как они имеют неполную изоляцию нулевых выводов.

Рассмотрим, зачем в сетях до 1000 В заземляют нейтраль, по каким причинам иногда отдают предпочтение изолированной нейтралю и для чего служат пробивные предохранители.

На рис. 5.1, *а* показаны вторичные обмотки трансформатора *Тр*, питающего четырехпроводную сеть напряжением 380/220 В, нейтраль которой изолирована. Пусть в рассматриваемый момент изоляция совершенно исправна. Тем не менее три сопротивления *R*, соединенные в звезду, нейтралью которой является земля, условно

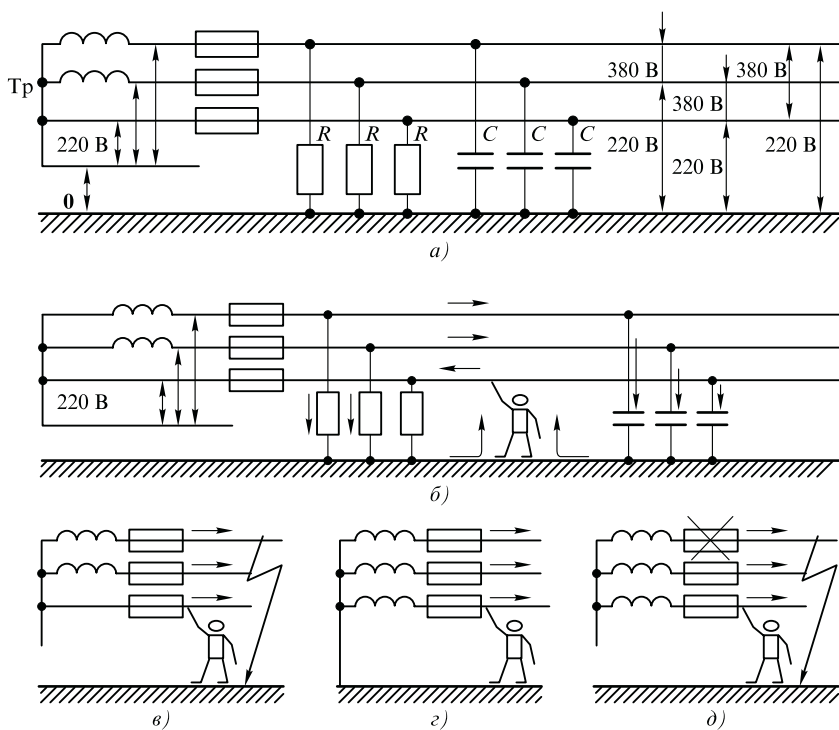


Рис. 5.1. Схема трехфазной сети с изолированной нейтралью (*а*) и режимы ее работы при прикосновении человека к линейному проводу (*б*); заземлении одного линейного провода и прикосновении человека к другому (*в*); прикосновении человека к линейному проводу в системе с заземленной нейтралью (*г*) и в системе с заземленной нейтралью и другим линейным проводом (*д*)

показывают несовершенство изоляции проводов, которая в какой-то степени все же проводит ток. Три конденсатора C , соединенные в звезду, нейтралью которой также служит земля, условно изображают электрическую емкость проводов относительно земли, что в электроустановках переменного тока весьма важно, так как емкость проводит переменный ток.

Какие же напряжения действуют в рассматриваемой электроустановке? Между линейными проводами напряжение 380 В, а между каждым линейным проводом и нейтралью трансформатора — 220 В, так как земля оказалась нейтралью соединений звезд из трех равных сопротивлений R и трех равных емкостей C . Если же линейный провод относительно нейтрали трансформатора имеет такое же напряжение, как и относительно земли, то между нейтралью трансформатора и землей напряжение равно нулю, но, конечно, только если сеть не нагружена либо нагрузка всех фаз совершенно одинакова.

Прикосновение человека, стоящего на земле, к одному из линейных проводов небезопасно, так как через несовершенную изоляцию провода и тело человека пройдет ток (рис. 5.1, б). Сила этого тока, а следовательно, и степень опасности определяются значениями сопротивлений, емкостей конденсаторов и фазным напряжением. Иными словами, в этом случае человек находится под напряжением 220 В.

Но что произойдет, если один из линейных проводов заземлится, а человек, стоящий на земле, прикоснется к другому линейному проводу? Из рис. 5.1, в видно, что человек окажется теперь не под фазным, а под линейным напряжением 380 В, что значительно опаснее.

В сетях с заземленной нейтралью человек, стоящий на земле и прикоснувшийся к линейному проводу, попадает под фазное напряжение (рис. 5.1, з). Если при этом заземлится другой линейный провод (рис. 5.1, д), то предохранитель перегорит, но повышения напряжения с фазного до линейного (как в сетях с изолированной нейтралью) не произойдет.

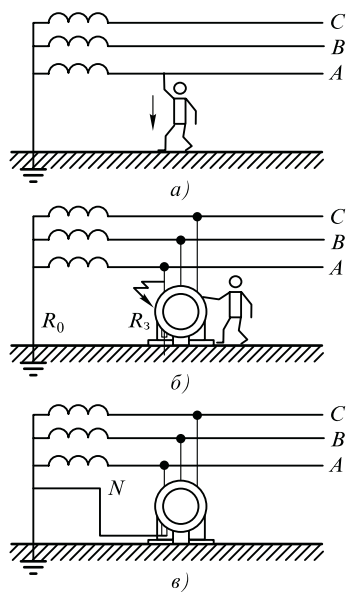


Рис. 5.2. Работа схемы трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью при прикосновении человека к токопроводящему проводу (а), заземлении (б) и занулении (в) электродвигателя

Прикосновение к токопроводящему элементу в сети с глухозаземленной нейтралью очень опасно, так как при этом образуется замкнутая цепь (рис. 5.2, *а*), по которой под действием напряжения с фазы *A* через тело человека, обувь, пол, землю и заземление нейтрали течет поражающий ток. Опасно также прикосновение к электроприемнику, в котором произошло замыкание на заземленный корпус.

Рассмотрим следующий пример. Пусть сопротивление заземления электродвигателя (рис. 5.2, *б*) $R_3 = 3,5$ Ом, а сопротивление заземления нейтрали $R_0 = 0,5$ Ом. При замыкании фазы *A* на корпус в замкнутой цепи, образованной обмоткой источника, проводом фазы *A*, корпусом и заземлением двигателя, а также землей и заземлением нейтрали, потечет ток. При фазном напряжении, равном 220 В, можно пренебречь сопротивлением сети, корпуса и земли и подсчитать силу тока однофазного замыкания на землю:

$$I_{0,3} = U_{\phi} / (R_0 + R_3) = 220 / (0,5 + 3,5) = 55 \text{ А.}$$

Этот ток создает падение напряжения на заземлении нейтрали

$$U_0 = I_{0,3} R_0 = 55 \cdot 0,5 = 27,5 \text{ В}$$

и на заземлении двигателя

$$U_3 = I_{0,3} R_3 = 55 \cdot 3,5 = 192,5 \text{ В.}$$

Таким образом, между заземленным корпусом электродвигателя и землей возникает достаточно опасное напряжение 193 В, и человек, прикоснувшийся к корпусу, может получить сильный удар током. Поэтому в установках напряжением 220/380 В применяется система заземления, при которой все металлические нетокопроводящие части оборудования электрически соединяются не с землей, а с заземленной нейтралью источника. Это соединение осуществляется через нулевой провод сети (нулевой рабочий провод) или специальный нулевой защитный провод (рис. 5.2, *в*) и называется занулением. Предположим, что в сети с занулением произошел пробой изоляции фазы *A*. Поскольку сеть состоит из металлических частей, в ней нет участков со сколько-нибудь значительным сопротивлением. Поэтому любое замыкание токопроводящих частей на зануленный корпус является коротким замыканием, при котором поврежденный участок немедленно отключается защитной аппаратурой (предохранителями или автоматами). В этом и состоит защитная роль зануления.

Кроме обеспечения минимального сопротивления заземляющего устройства, важно также обеспечить равномерное распределение напряжения вокруг защищаемого аппарата и по всей площади электроустановки (например, подстанции). Максимальный

потенциал (U_3) имеют заземлитель, соединенный с корпусом поврежденного аппарата, и грунт, соприкасающийся с заземлителем. По мере удаления от заземлителя потенциал на поверхности земли падает, достигая постепенно нулевого значения (за пределами 15...20 м). Сопротивление грунта на этом расстоянии называется *сопротивлением растеканию*.

Человек, прикасающийся к корпусу аппарата с поврежденной изоляцией, оказывается под напряжением, значение которого определяется падением потенциала на участке между точкой прикосновения его к аппарату и точкой касания земли ногами (участок длиной около 0,8 м). Это напряжение называется *напряжением прикосновения* ($U_{\text{прик}}$). Между ступнями человека, приближающегося к поврежденному аппарату, также будет разность потенциалов, называемая *напряжением шага* ($U_{\text{шаг}}$), значение которого зависит от ширины шага и расстояния до места повреждения.

Рассмотрим это более подробно. Напряжение шага и напряжение прикосновения возникают, если в заземленной сети происходит однофазное замыкание на землю. Пусть через вертикальный заземлитель 3 (рис. 5.3), расположенный в точке 0, в землю течет ток однофазного замыкания. По мере удаления от заземлителя плотность тока и вызываемое им падение напряжения непрерывно уменьшаются, т.е. если в точке 0 максимальный потенциал (равный падению напряжения на самом заземлителе), то потенциал в точке грунта, расположенной далее 20 м от заземлителя, практически равен нулю. Изменение потенциала грунта в зависимости от расстояния до точки 0 характеризуется кривой АМ. Разделив расстояние 0М на отрезки длиной 0,8 м (средняя ширина шага человека), по этой кривой легко узнать, под какое напряжение попадет человек, находящийся на определенном расстоянии от заземлителя. Например, если ноги идущего человека находятся на

расстояниях 1,6 и 2,4 м от заземлителя, то потенциалы грунта характеризуются точками В и Г кривой АМ, а отрезок ВЖ в определенном масштабе определяет разность потенциалов, т.е. напряжение.

Напряжение, под которым может оказаться человек, идущий в зоне растекания по земле тока однофазного замыкания, называют напряжением шага. Это напряжение уменьшается по

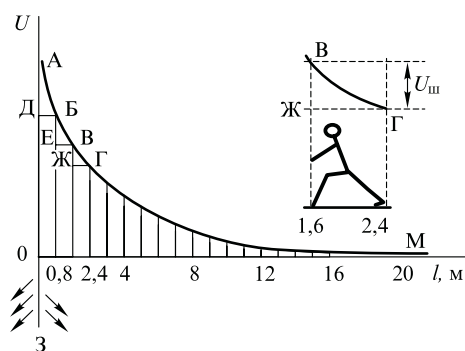


Рис. 5.3. Схема возникновения шагового напряжения

мере удаления от заземлителя ($ВЖ < БЕ < АД$) и на расстоянии более 20 м от заземлителя оно практически исчезает.

Поражения людей из-за появления напряжения шага в случае однофазного замыкания на землю очень редки вследствие малых значений этого напряжения. Но если это напряжение возникает при падении на землю оборвавшегося провода воздушной линии, оно может достигать больших значений. В таких случаях выходить из зоны действия напряжения шага следует, используя сухие доски, листы пластика и другие изоляционные материалы, а при их отсутствии – мелкими шагами.

Опасно также напряжение, возникающее при работе защитного заземления, в режиме однофазного замыкания на землю. Если через заземлитель в землю течет ток I_3 , то на сопротивлении заземляющего устройства R_3 он создает падение напряжения $I_3 R_3$, т. е. напряжение прикосновения. Прикасаясь в этом случае к корпусу аппарата с поврежденной изоляцией, человек может попасть либо под полное напряжение $I_3 R_3$, либо под его часть. Наиболее опасны случаи, когда приемник с поврежденной изоляцией и человек, прикоснувшийся к нему, находятся на расстояниях более 20 м от заземлителя, и если человек стоит непосредственно на земле в сырой или подбитой гвоздями обуви.

5.2. Наружный контур заземления и его монтаж

Для обеспечения безопасности людей осуществляют защитное заземление электроустановок. Заземлению подлежат:

металлические кожухи и корпуса электроустановок, различных агрегатов и приводов к ним, светильников и т. д.;

металлические каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов;

металлические конструкции и металлические корпуса кабельных муфт, металлические оболочки кабелей и проводов, стальные трубы электропроводки;

вторичные обмотки измерительных трансформаторов.

Заземлению не подлежат:

арматура подвесных и штыри опорных изоляторов;

оборудование, установленное на заземленных металлических конструкциях, так как на их опорных поверхностях должны быть предусмотрены зачищенные незакрашенные места для обеспечения электрического контакта;

корпуса электроизмерительных приборов и реле, установленные на щитках, щитах, шкафах, а также на стенах камер распределительных устройств;

металлические оболочки контрольных кабелей в случаях, которые оговариваются в проекте особо.

Защитное заземление состоит из наружного (внешнего) устройства, представляющего собой естественные или искусственные заземлители, проложенные в грунте и соединенные между собой в общий контур, и внутренней сети, состоящей из заземляющих проводников, прокладываемых по стенам помещения, в котором находится установка, и присоединяемых к наружному контуру.

Металлические заземлители, заложенные в грунт, имея большую площадь соприкосновения с землей, обеспечивают малое электрическое сопротивление контура.

Для заземления электроустановок в первую очередь должны использоваться *естественные заземлители* – проложенные в земле металлические трубопроводы (кроме трубопроводов с горючими, легковоспламеняющимися и взрывчатыми жидкостями или газами); обсадные трубы; металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, надежно соединенные с землей; свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле, и нулевые с повторными заземлителями рабочие провода воздушных линий напряжением до 1000 В. Естественные заземлители (кроме последних) должны присоединяться к заземляющей магистрали электроустановки не менее чем в двух местах.

Присоединение заземляющих проводников к заземлителям, а также соединение заземляющих проводников между собой производится сваркой, причем длина нахлестки (сварочного шва) должна быть равна двойной ширине проводника при прямоугольном его сечении и шести диаметрам – при круглом. При Т-образном соединении внахлестку двух полос длина нахлестки определяется их шириной.

Присоединение заземляющих проводников к трубопроводам выполняется сваркой (рис. 5.4) или, если это невозможно, хомутами (рис. 5.5) со стороны ввода трубопроводов в здание (до водомера, задвижки, фланца). Сварочные швы, расположенные в земле, после монтажа для защиты от коррозии покрываются битумом.

Если естественных заземлителей нет или они не удовлетворяют расчетным требованиям, монтируют контур наружного зазем-

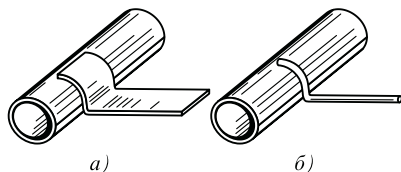


Рис. 5.4. Присоединение к трубопроводу сваркой заземляющего проводника с прямоугольным (а) и круглым (б) сечением

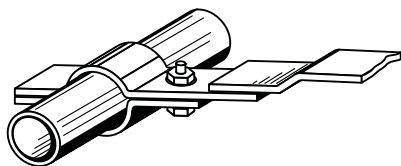


Рис. 5.5. Присоединение к трубопроводу заземляющего проводника при помощи хомута

ления из *искусственных заземлителей*, которые могут быть вертикальными, горизонтальными и углубленными.

Вертикальные заземлители – это вбитые в землю стальные трубы (некондиционные) или угловая сталь (с толщиной стенки не менее 4 мм и длиной 2,5... 3 м), а также ввернутые в землю стальные стержни (с диаметром 10... 16 мм и длиной 4,5... 5 м). Проложенные в земле стальные полосы толщиной не менее 4 мм или круглая сталь диаметром не менее 10 мм являются горизонтальными искусственными заземлителями, играющими роль самостоятельных элементов заземления или служащие для связи друг с другом вертикальных заземлителей.

Разновидностью горизонтальных заземлителей являются углубленные заземлители, закладываемые на дно котлованов при сооружении фундаментов опор воздушных линий и строящихся зданий. Их изготавливают в мастерских монтажной организации после предварительного замера из полосовой стали с сечением 30×4 мм или круглой стали диаметром 12 мм. Форма заземлителей, их число, сечение и размещение определяются проектом.

В качестве заземляющих проводников могут использоваться естественные проводники, т. е. металлические конструкции зданий (фермы, колонны и др.); металлические конструкции производственного назначения (подкрановые пути, каркасы распределительных устройств, галереи, площадки, шахты лифтов, подъемников и т. п.); стальные трубы электропроводок; металлические оболочки кабелей (но не броня). Для зануления достаточно во всех случаях алюминиевой оболочки кабелей, а свинцовой, как правило, недостаточно.

Во взрывоопасных помещениях применяются специально проложенные заземляющие проводники, а естественные рассматриваются как дополнительная мера защиты. При заземленной нейтрали (сетей 380/220 или 220/127 В) зануление электроприемников взрывоопасных установок должно производиться отдельно выделенными жилами проводок и кабелей; при изолированной нейтрали для заземления могут применяться стальные проводники.

Использование голых алюминиевых проводников в качестве заземляющих запрещается из-за быстрого разрушения их вследствие коррозии.

Монтаж наружного контура заземления и прокладка внутренней заземляющей сети производятся по рабочим чертежам проекта электроустановки.

Выполнение пробивных работ, установка закладных частей, подготовка свободных отверстий, борозд и других проемов, закладка проходных труб в стены и фундаменты, рытье земляных траншей для прокладки наружного контура заземления осуществляются на первой стадии подготовки к электромонтажным работам.

Внешний контур заземления прокладывается в земляных траншеях глубиной 0,7 м. Искусственные заземлители в виде отрезков стальных труб, круглых стержней и уголков длиной 3... 5 м заглубляются в грунт свертыванием или вибропогружением так, чтобы головка электрода оказалась на глубине 0,5 м от поверхности земли. Заглубленные заземлители соединяются друг с другом стальными полосами с сечением 40×4 мм с помощью сварки. Места приварки полосы к заземлителям покрываются разогретым битумом для защиты от коррозии. Расположенные в земле заземлители и заземляющие проводники не должны быть окрашенными. Траншеи с уложенными в них заземляющими проводниками и заземлителями засыпают землей, не содержащей камней и строительного мусора.

Естественные заземлители связываются с заземляющими магистральями электроустановки не менее чем двумя проводниками, присоединенными в разных местах. Соединение заземляющих проводников с протяженными заземлителями (например, трубопроводами) выполняется вблизи от вводов их в здания при помощи сварки или хомутов, контактная поверхность которых облуживается. Трубы в местах накладки хомутов зачищаются. Места и способы присоединения приемников тока выбираются с таким расчетом, чтобы при разъединении трубопровода для ремонтных работ обеспечивалось непрерывное действие заземляющего устройства. У водомеров и задвижек устраивают обходные соединения.

Внутренняя заземляющая сеть выполняется открытой прокладкой внутри помещений по строительным поверхностям голых стальных проводников с прямоугольным и круглым сечениями. На рис. 5.6 показаны примеры прокладки, крепления и соединения проводников защитного заземления.

Открыто прокладываемые голые заземляющие проводники располагаются вертикально, горизонтально или параллельно наклонным конструкциям зданий. Проводники с прямоугольным сечением устанавливаются большой плоскостью к поверхности основания. На прямолинейных участках прокладки проводники не должны иметь заметных на глаз неровностей и изгибов. Заземляющие проводники, прокладываемые по бетону или кирпичу в сухих помещениях, не содержащих едких паров и газов, укрепляются непосредственно на стенах, а в помещениях сырых, особо сырых, с едкими парами и газами – на опорах на расстоянии не менее 10 мм от поверхностей стен. В каналах заземляющие проводники располагаются на расстоянии не менее 50 мм от нижней поверхности съемного перекрытия. Расстояние между опорами для крепления заземляющих проводников на прямых участках составляет 600... 1000 мм.

Заземляющие проводники в местах перекрещивания их с кабелями и трубопроводами, а также в других местах, где возможны

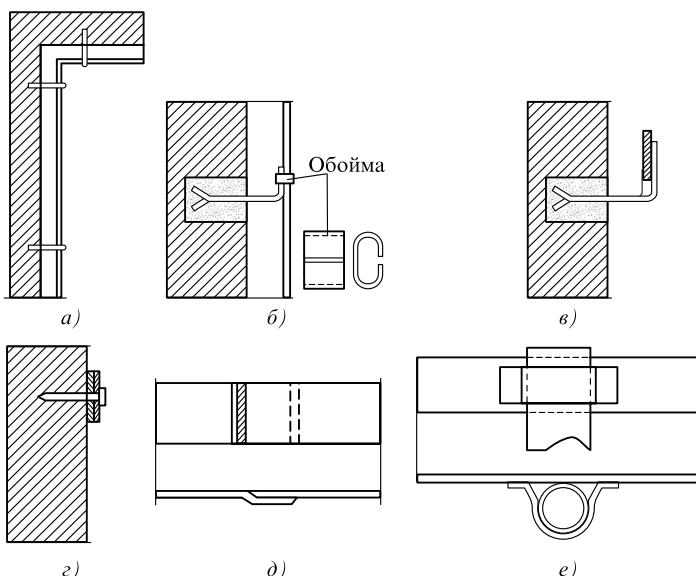


Рис. 5.6. Варианты прокладки (а) и крепления плоских и круглых шин обоймами (б), электросваркой (в) и встраиваемыми дюбелями (з), сваркой внахлестку (д) и приваркой к электроду (е)

механические повреждения, защищают трубами или иными способами.

В помещениях заземляющие проводники должны быть доступны для осмотра, но это требование не относится к нулевым жилам и металлическим оболочкам кабелей, трубопроводам скрытой электропроводки и металлоконструкциям, находящимся в земле. Через стены заземляющие проводники прокладываются в открытых проемах, трубах или иных жестких обрамлениях.

Каждый заземляемый элемент электроустановки должен присоединяться к заземляющей магистрали при помощи отдельного ответвления. Последовательное подключение к заземляющему проводнику нескольких заземляемых элементов запрещается.

Нейтрали трансформаторов, заземляемые наглухо или через аппараты, компенсирующие емкостной ток, присоединяются к заземлителю или сборным заземляющим шинам при помощи отдельных заземляющих проводников. Заземляемые выводы вторичных обмоток измерительных трансформаторов присоединяются к их кожухам заземляющими болтами.

Гибкие перемычки, служащие для заземления металлических оболочек и брони кабелей, прикрепляются к ним биндажом из проволоки и припаиваются, а затем соединяются болтовыми контак-

тами с кабельной заделкой (муфтой) и заземляющей конструкцией. Сечения гибких перемычек должны соответствовать сечениям заземляющих проводников, принятых для данной электроустановки. Места соединения заземляющей перемычки с алюминиевой оболочкой кабеля после пайки покрываются асфальтовым лаком или горячим битумом.

Соединение друг с другом заземляющих проводников и присоединение их к конструкциям установки выполняются сваркой, а подключение к корпусам аппаратов и машин — сваркой или надежным болтовым соединением. Для предотвращения ослабления контакта при сотрясениях и вибрациях устанавливаются контргайки, пружинные шайбы и т. д.

Контактные поверхности на заземляемом электрооборудовании в местах присоединения заземляющих проводников, а также контактные поверхности между заземляемым оборудованием и конструкциями, на которых оно установлено, должны зачищаться до металлического блеска и покрываться тонким слоем вазелина.

5.3. Измерение сопротивлений заземляющих устройств

Заземление надежно выполняет свои защитные функции лишь в том случае, если его сопротивление достаточно мало. Например, в сетях с глухозаземленной нейтралью большое сопротивление заземляющего устройства может привести к тому, что сила тока, возникшего при пробое изоляции, окажется недостаточной для срабатывания отключающей защитной аппаратуры. Поэтому ПУЭ строго ограничивают сопротивления заземляющих устройств.

При заземлении электроустановок напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью необходимо нейтрализовать их источники питания (генераторов, трансформаторов) надежно присоединять к заземлителю, который должен располагаться в непосредственной близости от них. Если трансформаторная подстанция находится внутри цеха, допускается выносить заземлители на внешнюю сторону стены здания. Сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединяются нейтрали генераторов и трансформаторов, должно быть не более 4 Ом, если же их мощность 100 кВ · А и ниже, то сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 10 Ом; при параллельной работе источников питания сопротивление заземления может достигать 10 Ом только в случае, если их суммарная мощность не превышает 100 кВ · А.

После окончания всех монтажных работ (за исключением засыпки траншеи при использовании вертикальных заземлителей) в обязательном порядке измеряют, соответствует ли сопротивление заземления требованиям ПУЭ. Чаще всего измерения производят с использованием амперметра и вольтметра или прибора МС-08.

Электроизмерительные приборы — амперметры и вольтметры, в которых используется ориентационное действие магнитного поля на контур с током, устроены следующим образом (рис. 5.7). На легкой алюминиевой рамке 2 прямоугольной формы с прикрепленной к ней стрелкой 4 намотана катушка. Рамка укреплена на двух полюсах OO' . В положении равновесия ее удерживают две тонкие спиральные пружины 3, момент сил упругости которых пропорционален углу отклонения стрелки. Катушка помещается между полюсами постоянного магнита

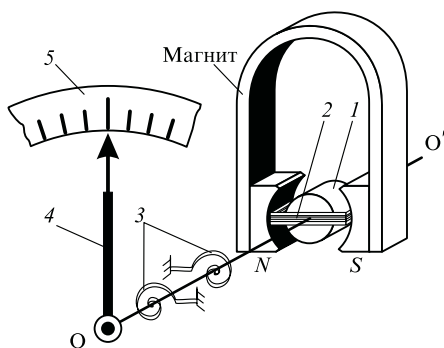


Рис. 5.7. Электроизмерительный прибор:

1 — цилиндр; 2 — алюминиевая рамка; 3 — пружина; 4 — стрелка; 5 — шкала

с наконечниками специальной формы. Внутри нее располагается цилиндр 1 из мягкого железа. Такая конструкция обеспечивает радиальное направление линий магнитной индукции в области нахождения витков катушки (рис. 5.8), т. е. при любом положении катушки момент сил магнитного поля максимален и при неизменной силе тока один и тот же. Векторы \vec{F} и $-\vec{F}$ соответствуют силам магнитного поля, которые действуют на катушку и создают вращающий момент. Катушка с током поворачивается до тех пор, пока момент сил упругости пружины не уравновесит момент сил магнитного поля. При увеличении силы тока в два раза стрелка также поворачивается на угол, вдвое больший, так как максимальный момент сил M магнитного поля прямо пропорционален силе тока: $M \sim I$. Установив, какому углу поворота стрелки соответствует известное значение силы тока и проградуировав электромагнитный прибор, его можно использовать для измерений в цепях постоянного и переменного тока. Амперметры и вольтметры являются самыми распространенными щитовыми приборами вследствие простоты устройства и сравнительно хорошей переносимости перегрузки. Недостатками этих приборов являются невысокая точность, большая потребляемая мощность (до 10 Вт), ограниченный частотный диапазон и чувствительность к внешним магнитным полям.

Щитовые амперметры выпускают класса 1,0; 1,5; 2,5 на токи до 300 А с прямым включением и до 15 А с наружными трансформаторами тока. Щитовые вольтметры тех же классов точности выпускаются на напряжение до

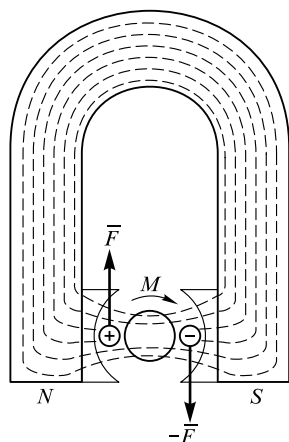


Рис. 5.8. Схема действия сил в электроизмерительном приборе

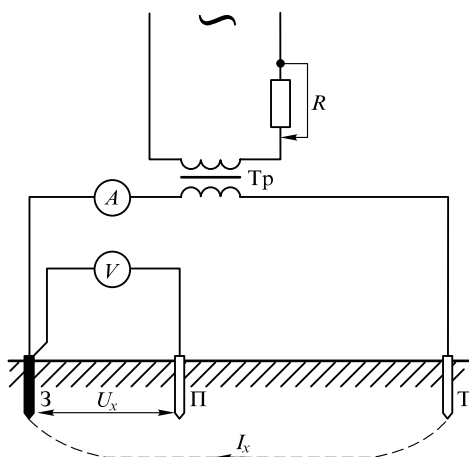


Рис. 5.9. Схема измерения сопротивления заземления с помощью амперметра и вольтметра

600 В с прямым включением и до 750 кВ с трансформаторами напряжения.

При прямом включении измерительных приборов (рис. 5.9) между заземлителем (З), сопротивление которого относительно земли надо измерить, и вспомогательным токовым электродом (Т) пропускают однофазный переменный ток I_x и измеряют его амперметром, а, погрузив в землю между электродами З и Т вспомогательный потенциальный стержень (П), измеряют вольтметром напряжение U_x между ним и заземлителем З.

Измерение сопротивления заземлителя с использованием амперметра, вольтметра и трансформатора производится в следующем порядке. В землю забиваются электроды П и Т (заостренные на концах стальные стержни длиной около 1 м). Отдельными проводами к заземлителю и этим электродам присоединяются амперметр и вольтметр. Вольтметром проверяют отсутствие напряжения между заземлителем и стержнем П. Если прибор показывает какое-то напряжение, изменяя направление разноса стержней или пропорционально увеличивая расстояние между ними, добиваются его нулевого значения. После этого полностью вводят реостат с сопротивлением R и включают в сеть трансформатор Тр. С помощью реостата постепенно увеличивают силу тока и следят за показаниями амперметра и вольтметра (одновременный отсчет по приборам производится в момент, когда их показания можно зафиксировать с наибольшей точностью). По данным измерения рассчитывают сопротивление заземления, используя закон Ома: $R_3 = U_x / I_x$.

Производят не менее трех измерений и для расчета принимают среднеарифметическое полученных значений.

Преимущества такого измерения состоят в точности и возможности определения очень малых сопротивлений (до сотых долей ома); недостатками являются необходимость наличия двух измерительных приборов и трансформатора, влияние колебаний напряжения сети на точность измерения, отсутствие непосредственного отсчета и повышенная опасность для людей, производящих

измерения. Этот метод в основном используют для измерения сопротивлений заземлителей электростанций и мощных районных трансформаторных подстанций.

Сопротивление заземления можно также измерить прибором МС-08 (рис. 5.10), имеющим три шкалы (10...1000, 1...100 и 0,1...10 Ом), работа которого основана на принципе одновременного измерения тока и напряжения магнитоэлектрическим логометром.

Логометром называется показывающий прибор, измеряющий отношение двух электрических величин, в большинстве случаев отношение двух токов. Его применяют для измерения электрических и неэлектрических величин, не зависящих от тока (сопротивления, сдвига фаз, частоты, температуры, давления, перемещения в пространстве и др.).

Отклонение стрелки большинства измерительных механизмов определяется током, который проходит через этот механизм и может зависеть от измеряемой величины. Например, в электротермометре ток зависит от сопротивления цепи, так как в нее включен резистор, сопротивление которого изменяется с изменением измеряемой температуры. Но согласно закону Ома ток также пропорционален напряжению. Следовательно, показание прибора будет зависеть не только от измеряемой величины x , а также и от напряжения источника электроэнергии, изменения которого будут вызывать соответствующие погрешности в показаниях прибора. Для устранения влияния напряжения при подобных измерениях широко применяются логометры.

Логометр может иметь измерительный механизм почти любой системы, но широкое распространение получили магнитоэлектрические логометры.

В логометре любой системы вращающий и противодействующий моменты создаются электромеханическими силами и в равной степени зависят от напряжения, поэтому изменение напряжения не изменяет отношения моментов, а следовательно, не влияет и на показания прибора.

В качестве примера рассмотрим соотношение моментов в магнитоэлектрическом логометре с внутрирамочным эллипсовидным магнитом (рис. 5.11). Магнитная индукция в воздушном зазоре магнитоэлектричес-

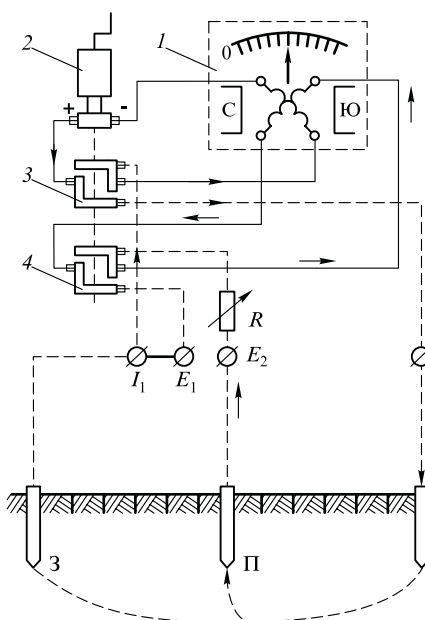


Рис. 5.10. Упрощенная схема прибора МС-08:

1 – логометр; 2 – генератор; 3 – прерыватель тока; 4 – выпрямитель

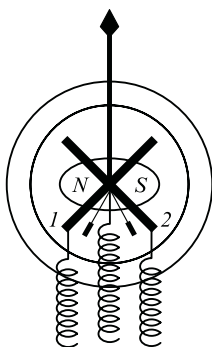


Рис. 5.11. Устройство магнитоэлектрического логометра с внутрирамочным эллипсовидным магнитом:
1, 2 – подвижные катушки

соответствующих катушек; S – площадь поперечного сечения катушек.

Перемещение подвижной части в приборе происходит следующим образом. Предположим, что $M_{вр1} > M_{вр2}$, вследствие чего поворот происходит против часовой стрелки. При этом направление токов и создаваемых ими вращающих моментов определяет перемещение катушки 1, к которой приложен больший момент, в более разреженную часть магнитного поля, вследствие чего индукция B_1 убывает. Одновременно катушка 2, на которую воздействует меньший момент, перемещается в более узкую часть воздушного зазора, где индукция B_2 возрастает. Следовательно, по мере поворота подвижной части более сильный вращающий момент убывает, а более слабый возрастает. В результате в некотором определенном положении, когда создается равенство моментов $M_{вр1} = M_{вр2}$, подвижная часть должна остановиться, т. е.

$$\omega_1 S B_1 I_1 = \omega_2 S B_2 I_2. \quad (5.1)$$

Применение логометра для измерения сопротивления R_x резистора показано на рис. 5.12. Здесь подвижные катушки логометра включены в две ветви, параллельные по отношению к общему источнику ЭДС E .

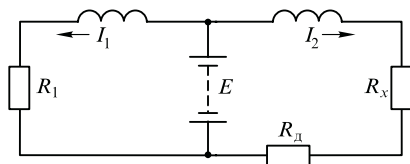


Рис. 5.12. Схема соединения катушек логометра в омметре

Сопrotивление R_1 цепи первой катушки постоянно, сопротивление цепи второй катушки складывается из сопротивления добавочного резистора R_d , помещенного внутри корпуса прибора, и измеряемого сопротивления R_x .

На основании закона Ома найдем токи в катушках:

$$I_1 = E/R_1; \quad I_2 = E/(R_d + R_x).$$

Подставив эти значения в (5.1) и исключив E , получим

$$R_x = R_1 \frac{\omega_2 B_2}{\omega_1 B_1} - R_d.$$

Отношение B_2/B_1 определяется конструкцией магнитной цепи прибора и находится в определенной зависимости от угла α поворота подвижной катушки относительно неподвижной, т. е. определенному положению подвижной части соответствует определенное измеряемое сопротивление R_x , а от ЭДС (либо от напряжения) источника электроэнергии угол α не зависит. Проградуировав шкалу в омах, можно использовать логометр в качестве омметра.

Рассмотрим как измеряется сопротивление заземления с помощью прибора МС-08 (см. рис. 5.10).

Логометр 1 имеет потенциальную и токовую рамки, закрепленные под углом и находящиеся в поле постоянного магнита. Сила тока в потенциальной рамке, включенной параллельно заземлителю 3 , пропорциональна падению напряжения U_x на нем, а ток в рамке, включенной последовательно, пропорционален току I_x , текущему через заземлитель. Угол отклонения обеих рамок логометра в постоянном магнитном поле пропорционален отношению U_x/I_x , равному сопротивлению заземлителя. Прибор имеет генератор 2 постоянного тока с ручным приводом, прерыватель тока 3 , выпрямитель 4 и переменный резистор R , служащий для увеличения сопротивления потенциальной цепи до 1000 Ом. На внешней панели прибора размещены клеммы I_1 , E_1 , E_2 и I_2 . При вращении рукоятки генератора вырабатывается постоянный ток, который преобразуется прерывателем в переменный и через клемму I_2 и вспомогательный потенциальный стержень Π сначала уходит в землю, а затем через испытуемый заземлитель 3 и клеммы I_1 , E_1 , соединенные перемычкой, возвращается в прерыватель и далее по токовой обмотке логометра – в генератор. Проходя в земле, переменный ток создает между заземлителем и стержнем Π переменное падение напряжения, которое через клеммы E_1 и E_2 попадает на выпрямитель 4 , а затем – на потенциальную рамку логометра.

Вспомогательные электроды Π забиваются на определенных расстояниях в плотный грунт на глубину не менее 0,5 м прямыми ударами и без раскочки. Схема включения прибора МС-08 определяется предполагаемым значением сопротивления заземлителя. Для измерения больших сопротивлений его устанавливают как можно ближе к заземлителю и включают по схеме, изображенной

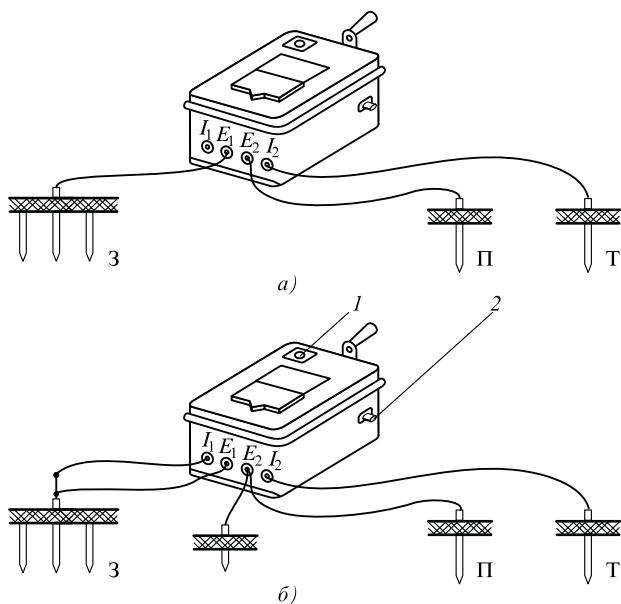


Рис. 5.13. Схемы измерения прибором МС-08 больших (а) и малых (б) сопротивлений:

1 – переключатель; 2 – переменное сопротивление

на рис. 5.13, а. Для измерения малых сопротивлений или в случае, если прибор невозможно установить вблизи заземлителя, снимают перемычку между клеммами I_1 и E_1 , и включают прибор по схеме, изображенной на рис. 5.13, б. Далее производят компенсацию сопротивления потенциальной цепи, для чего переключатель 1 устанавливают в положение «Регулировка» и, вращая рукоятку генератора с частотой 120... 135 об/мин, с помощью переменного сопротивления 2 добиваются совпадения стрелки прибора с красной чертой на его шкале. После этого переключатель переводят в положение « $\times 1$ » и, продолжая вращать ручку генератора, снимают значение со шкалы 10... 1000 Ом. Если отклонение стрелки при этом незначительное, переключатель переводят в положения « $\times 0,1$ » (шкала 1... 100 Ом) или « $\times 0,01$ » (шкала 0,1... 10 Ом). При этих переключениях стремятся к тому, чтобы стрелка отклонялась не менее чем на $2/3$ шкалы, после чего, не прекращая вращения рукоятки генератора, снимают показание и умножают его на коэффициент используемой шкалы.

При измерении сопротивления заземления прибором МС-08 отпадает надобность в сети переменного тока, что особенно важно при ремонтных и полевых работах. Кроме того, не требуется вы-

полнения расчетов, т. е. измеряемое значение отсчитывается непосредственно по шкале. Недостатками прибора являются значительная масса (около 13 кг) и сравнительно высокая погрешность измерения (до 12,5 %).

Данные измерения сравниваются с требованиями ПУЭ. Если сопротивление меньше или равно значению, приведенному в ПУЭ, заземляющее устройство считается пригодным к эксплуатации.

5.4. Монтаж внутренней заземляющей сети

Перед засыпкой траншей к наружному контуру заземления приваривают стальные полосы или круглые стержни, которые затем вводят внутрь здания, где находится оборудование, подлежащее заземлению. Вводов, соединяющих заземлители с внутренней заземляющей сетью, должно быть не менее двух и выполняются они стальными проводниками тех же размеров и сечений, что и соединение заземлителей между собой. Как правило, вводы заземляющих проводников в здание прокладывают в негорючих неметаллических трубах, выступающих по обе стороны стены примерно на 10 мм.

В цехах промышленных предприятий и зданиях трансформаторных подстанций электрооборудование, подлежащее заземлению, располагается самым различным образом, поэтому для присоединения его к системе заземления в помещении должны быть проложены заземляющие и нулевые защитные проводники. В качестве последних используются нулевые рабочие проводники (кроме взрывоопасных установок), а также металлические конструкции здания (колонны, фермы и др.); проводники, специально предназначенные для этой цели; металлические конструкции производственного назначения (каркасы распределительных устройств, подкрановые пути, шахты лифтов, обрамленные каналы и др.), стальные трубы электропроводок; алюминиевые оболочки кабелей; металлические кожухи шинопроводов, короба и лотки; металлические стационарно проложенные трубопроводы любого назначения (кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных веществ и смесей, канализации и центрального отопления).

Запрещается использовать в качестве нулевых защитных проводников металлические оболочки трубчатых проводов, несущие тросы, металлорукава, броню и свинцовые оболочки кабелей, хотя сами по себе они должны быть заземлены или занулены и иметь надежные соединения на всем протяжении.

Если естественные магистрали заземления использовать нельзя, то в качестве заземляющих или нулевых защитных проводников применяют стальные проводники, минимальные размеры которых приведены в табл. 5.1. Заземляющие проводники в помещениях

Минимальные размеры заземляющих проводников

Вид проводника	Место прокладки	
	в здании	в наружной установке (НУ) и в земле
Круглая сталь	Диаметр 5 мм	Диаметр 6 мм
Прямоугольная сталь	Сечение 24 мм ² , толщина 3 мм	Сечение 48 мм ² , толщина 4 мм
Угловая сталь	Толщина полок 2 мм	Толщина полок 2,5 мм в НУ и 4 мм в земле
Стальная газопроводная труба	Толщина стенок 2,5 мм	Толщина стенок 2,5 мм в НУ и 3,5 мм в земле
Стальная тонкостенная труба	Толщина стенок 1,5 мм	2,5 мм в НУ, в земле не допускается

должны быть доступны для осмотра, поэтому они (за исключением стальных труб скрытой электропроводки, оболочек кабелей и т. п.) прокладываются открыто.

Проход через стены выполняется в открытых проемах, несгораемых неметаллических трубах, а через перекрытия – в отрезках таких же труб, выступающих над полом на 30...50 мм. Заземляющие проводники должны проводиться свободно, за исключением взрывоопасных установок, где отверстия труб и проемов заделываются легкопробивными несгораемыми материалами.

Перед прокладкой стальные шины выправляются, очищаются и окрашиваются со всех сторон. Места соединения после сварки стыков покрываются асфальтовым лаком или масляной краской. В сухих помещениях можно использовать нитроэмали, а в помещениях с сырыми и едкими парами нужно применять краски, стойкие к химически активной среде.

В помещениях и наружных установках с неагрессивной средой в местах, доступных для осмотра и ремонта, допускается использование болтовых соединений заземляющих и нулевых защитных проводников при условии, что будут приняты меры против их ослабления и коррозии контактных поверхностей.

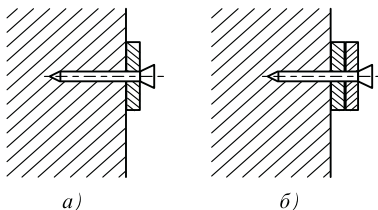


Рис. 5.14. Крепление заземляющих проводников дюбелями непосредственно к стене (а) и с подкладкой (б)

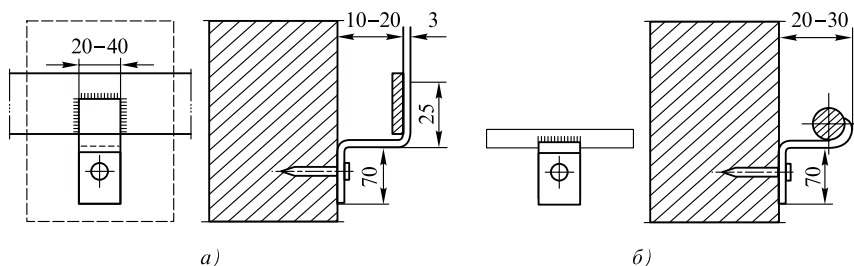


Рис. 5.15. Крепление плоских (а) и круглых (б) проводников заземления с помощью опор

Открыто проложенные заземляющие и нулевые защитные проводники должны иметь отличительную окраску: на зеленом фоне полосы желтого цвета шириной 15 мм на расстоянии 150 мм друг от друга. Заземляющие проводники прокладываются горизонтально или вертикально; под углом их можно прокладывать только параллельно наклонным конструкциям здания.

Проводники с прямоугольным сечением крепятся широкой плоскостью к кирпичной или бетонной стене (рис. 5.14) с помощью строительного монтажного пистолета или пиротехнической оправки. К деревянным стенам заземляющие проводники прикрепляют шурупами. Опоры для крепления заземляющих проводников должны устанавливаться с соблюдением следующих расстояний: между опорами на прямых участках — 600... 1000 мм, от вершин углов на поворотах — 100 мм, от уровня пола помещения — 400... 600 мм.

В сырых, особо сырых и помещениях с едкими парами крепить заземляющие проводники непосредственно к стенам не разрешается, они привариваются к опорам, закрепленным дюбелями (рис. 5.15) или вмозанным в стену.

5.5. Требования ПУЭ к заземлению электроустановок

Заземление или зануление следует выполнять во всех электроустановках переменного тока с напряжением от 380 В и в электроустановках постоянного тока с напряжением от 440 В. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, а также в наружных электроустановках заземление и зануление выполняются и в устройствах переменного тока с напряжением выше 42 В и в устройствах постоянного тока с напряжением выше 110 В, а во взрывоопасных установках — при любом напряжении переменного и постоянного токов.

При напряжении до 1000 В в электроустановках с глухозаземленной нейтралью должно быть выполнено зануление. В этих слу-

чаях заземление корпусов электроприемников без их зануления запрещается.

Подлежат заземлению или занулению:

корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т.д.;

приводы электрических аппаратов;

вторичные обмотки измерительных трансформаторов (если в проекте отсутствуют особые указания);

каркасы распределительных щитов, щитков и шкафов (если на них установлено электрооборудование напряжением переменного тока выше 42 В или постоянного тока выше 110 В);

металлические конструкции распределительных устройств, кабельные конструкции и соединительные муфты, оболочки и броня контрольных и силовых кабелей, металлические оболочки проводов, стальные трубы электропроводки, корпуса шинопроводов, лотки, короба, тросы и стальные полосы с укрепленными на них кабелями и проводами;

металлические оболочки и броня силовых, а также контрольных кабелей и проводов на напряжение переменного тока до 42 В и постоянного тока до 110 В, проложенных на общих металлоконструкциях;

электрооборудование, установленное на опорах воздушных линий;

металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников;

электрооборудование, размещенное на движущихся частях станков и машин;

металлические корпуса силовых стационарно установленных электроприемников (электрических плит, кипятильников и др.), а также металлические трубы электропроводки к ним;

корпуса и части электропроводок на лестничных клетках жилых и общественных зданий, в домовых, доковых и общественных санитарных узлах, банях и других подобных помещениях. В ванных комнатах металлические корпуса ванн должны быть соединены с трубами водопровода.

Допускается не выполнять специальное заземление или зануление:

корпусов электрооборудования, установленного на заземленных или зануленных металлоконструкциях щитов или шкафов, станинах станков и других основаниях (при условии надежного электрического контакта их с этими основаниями или с установленным на них заземленным и зануленным оборудованием);

металлических деталей на деревянных опорах воздушных линий (если заземления не требуется по условиям защиты от атмосферных перенапряжений).

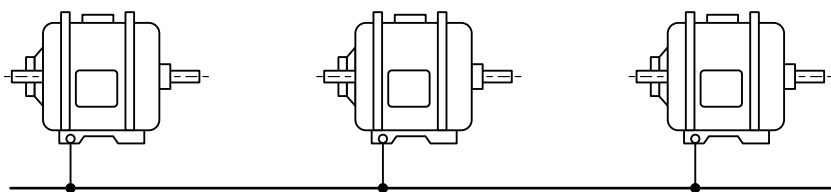


Рис. 5.16. Присоединение приемников к магистрали заземления

Существуют определенные требования к заземлению и занулению электроприемников различного типа.

1. Каждая заземляемая часть электроустановки должна быть присоединена к заземляющей магистрали отдельным ответвлением (рис. 5.16). Последовательное подключение к заземляющему проводнику нескольких частей запрещается.

2. Сечения медных и алюминиевых проводников для заземления различных частей электроустановки должны соответствовать значениям указанным в табл. 5.2.

3. Заземляющие ответвления к однофазным электроприемникам должны выполняться отдельным (третьим) проводником; использовать для этой цели нулевой рабочий провод запрещается.

4. Присоединение заземляющих ответвлений к металлоконструкциям следует выполнять сваркой, а к корпусам аппаратов и машин – болтами. Контактные поверхности при этом должны быть зачищены до металлического блеска и смазаны тонким слоем вазелина.

5. Металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников заземляются специальной жилой гибкого провода, которая не должна одновременно служить проводником рабочего тока. Использовать для этой цели нулевой рабочий провод электроустановки запрещается.

Таблица 5.2

Минимально допустимые сечения заземляющих проводников, мм²

Тип проводника	Медный	Алюминиевый
Неизолированный проводник при открытой прокладке	4	6
Изолированный провод	1,5	2,5
Заземляющая и нулевая жила кабеля и многожильного провода в общей защитной оболочке с фазными жилами	1	1,5

6. Присоединение заземляющего проводника к заземляющему или нулевому контакту штепсельной розетки следует выполнять отдельным проводником. Вилка для включения переносного электроприемника должна иметь удлиненный заземляющий штырь, который вступает в соединение с заземляющим контактом розетки до того, как соединятся токопроводящие контакты.

7. Жилы проводов и кабелей для заземления переносных и передвижных установок должны иметь сечения, равные сечениям фазных проводов, и находиться в общей с ними оболочке.

Заземлению не подлежат:

рельсовые пути, выходящие за территорию электрических станций, подстанций и промышленных предприятий;

корпуса электрооборудования, установленного на заземленных металлических конструкциях, если на опорных поверхностях предусмотрены зачищенные и неокрашенные места для обеспечения плотного электрического контакта;

корпуса электроизмерительных приборов, реле и других устройств, установленных на щитках, щитах, шкафах и стенах камер распределительных устройств;

корпуса электроприемников, имеющих двойную изоляцию относительно токоведущих частей. У приборов с двойной изоляцией корпус выполняется из изолирующего материала, а токоведущие части имеют собственную изоляцию. Таким образом, если происходит повреждение изоляции токоведущих частей приемника, то опасность поражения током не возникает, так как изоляционный корпус или изоляционные прокладки между корпусом и внутренними изолированными токоведущими частями надежно защищают человека от электрического удара;

съемные или открывающиеся части металлических заземленных каркасов и камер распределительных устройств, ограждений, шкафов и др.

Запрещается заземлять металлические корпуса стационарно установленного осветительного электрооборудования и переносные приемники (утюги, плитки, бытовые холодильники, пылесосы, стиральные и швейные машины и др.) в помещениях без повышенной опасности жилых и общественных зданий (кухнях, ваннах и туалетных комнатах квартир и номеров гостиниц).

Примечание. В заземляющей сети наиболее часто повреждаются сварные швы, соединяющие ее отдельные участки друг с другом. Целость сварных швов проверяется ударами молотка по сварным стыкам. Дефектный шов вырубает зубилом и вновь заваривают дуговой автогенной или термитной сваркой.

До начала ремонта заземляющей сети проверяют сопротивление заземлителя растеканию тока. Если оно выше нормы, то прини-

мают меры к его снижению. Для этого увеличивают число электродов заземлителя или вокруг них укладывают в радиусе 250... 300 мм поочередно слой соли и земли толщиной 10... 15 мм. Каждый укладываемый слой поливают водой. Таким способом обрабатывают землю вокруг верхней части электрода заземлителя каждые 3 – 4 года.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Что такое защитное заземление?
 2. Каковы основные требования к устройству заземлений?
 3. Какие существуют способы измерения сопротивления заземления?
- II.
 1. Каковы особенности устройства и монтажа заземления внутри и вне зданий?
 2. В чем состоят особенности и требования к естественным и искусственным заземлителям?
 3. Назовите основные требования ПУЭ к заземлению и заземлителю.
- III.
 1. Каковы особенности работы электрической сети с изолированной и заземленной нейтралью в нормальном и аварийном режимах?
 2. Объясните причины возникновения шагового напряжения и напряжения прикосновения.
 3. Почему нельзя использовать для заземления металлические оболочки трубчатых проводов, несущие тросы, оболочки кабеля, даже если они заземлены?

Глава 6. МОНТАЖ СВЕТИЛЬНИКОВ, ПРИБОРОВ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

6.1. Монтаж светильников и приборов

Монтаж светильников, выключателей, переключателей, штепсельных розеток и других приборов производится после выполнения в помещении всех отделочных и малярных работ.

Согласно требованиям ПУЭ светильники должны поступать на объекты заряженными проводами на заводе-изготовителе. Но если по каким-либо причинам они поступают незаряженными, зарядку производят в МЭЗ. Кроме того, в мастерских проверяют заряженные светильники, определяют и маркируют фазные и нулевые жилы проводов.

Высокая температура лампы накаливания вызывает нагрев самого светильника и перегрев изоляции его проводов. Перегрев изоляции проводов может привести к тепловому пробоему — явлению теплового разрушения диэлектрика (расплавлению и т. д.). Происходит это следующим образом. Часть объема изоляции (диэлектрика), обладая повышенной электрической проводимостью, обуславливает возникновение заметного тока проводимости. Этот ток вызывает выделение тепла и нагрев изоляции, что приводит к понижению электрического сопротивления и возрастанию тока сквозной проводимости, который в свою очередь вызывает дополнительное выделение тепла и перегрев этой части диэлектрика. При дальнейшем повышении напряжения ток проводимости возрастет, и выделенное им тепло может вызвать сплошное прожигание или расплавление изоляции. Поэтому зарядка светильников производится нагревостойкими проводами, предназначенными для различного рода соединений в электрических аппаратах, приборах и других электротехнических устройствах. Токпроводящие жилы в таких проводах изготавливают лужеными из проводниковой меди. В проводах высокой нагревостойкости (200... 250 °С) применяются никелированные медные жилы. Изоляция этих проводов состоит из фторопласта или фторопластовых лент в комбинации с оплеткой из стекловолна.

Большинство марок монтажных проводов предназначены для работы в интервале температур от –50 до +70 °С. Жилы этих проводов имеют гибкую влагостойкую пластмассовую изоляцию из полиэтилена или поливинилхлоридного пластика.

В некоторых конструкциях проводов поверх их основной изоляции наносится еще защитная оболочка из капроновых или стеклянных нитей.

Эти провода применяются при напряжениях до 1000 В переменного и до 1400 В постоянного тока и при температурах от -80 до $+10$ °С.

Концы фазных и холостых жил проводов при зарядке светильников присоединяются к головкам, а концы нулевых проводов — к винтовым гильзам ламповых патронов.

Зарядные провода в светильниках не должны натягиваться и подвергаться механическим повреждениям; должны быть пропущены через подвесные штанги, кронштейны и цепи; соединение их внутри труб запрещено.

Зарядка светильников, предназначенных для монтажа во взрывоопасных помещениях, выполняется тремя проводами: два провода (фазный и нулевой) подключаются к патрону, а третьим заземляется корпус. При этом фазный провод должен быть присоединен к центральному контакту патрона, а нулевой — к обойме с резьбой. Заземляющий провод одним концом присоединяется к винту заземления внутри светильника, а другим — к нулевому проводу сети внутри ответвительной коробки У-409.

Заряжать светильники следует проводами с медными жилами марок ПРКС или ПРБС с сечением 1,5 мм и термостойкой изоляцией. Провода и кабели с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией из-за их недостаточной теплостойкости применять для зарядки светильников не следует. Вводную коробку светильника, отделенную от патрона (ВЗГ-100, В4А-60 и др.), присоединяют к зажимам с помощью кабеля, которым выполнена групповая сеть. Длина провода, заготавливаемого для зарядки светильника, должна быть такой, чтобы из свободного конца трубного кронштейна или подвеса выступало не менее 230 мм, а внутрь светильника заходило — 80 мм.

Осветительную арматуру жестко закрепляют на трубных кронштейнах или подвесах, которые одновременно служат для защиты проводов. Трубные кронштейны и подвесы с установленными на них светильниками жестко крепятся на стенах, колоннах и потолках.

На участок проводов между кронштейном или подвесом и коробкой, равный примерно 50 мм, необходимо надеть поливинилхлоридную или резиновую трубку, так как коробка У-409 не рассчитана на ввод в нее трубы. Один конец этой трубки укрепляется между шайбой и резиновым уплотнительным кольцом сальника ответвительной коробки, а другой — вводится в трубный кронштейн или подвес, на конце которого устанавливают трубный сальник для ее закрепления. Уплотнение ввода проводов испытывается сжатым воздухом с избыточным давлением, которое в течение 3 мин не должно уменьшиться более чем на 50 %.

При размещении и установке светильников особое внимание должно обращать на удобство и безопасность их обслуживания.

В любом случае они должны быть доступны для обслуживания с лестниц-стремян, телескопических подъемников, специальных светотехнических мостиков или мостовых кранов с соблюдением всех правил техники безопасности. Светильники, обслуживаемые с лестниц-стремян, не рекомендуется располагать над громоздким оборудованием, открытыми лентами транспортеров, а также в других местах, где затруднена их установка, и выше 5 м от пола. При использовании мостовых кранов светильники не должны находиться на расстоянии менее 1,8 м над настилом крана.

Конструкция самого светильника и способ прокладки групповой сети определяет выбор вида крепления светильников, основными из которых являются: подвеска на крюк или шпильку; установка на кронштейне, трубчатом подвесе или стойке; установка на осветительных коробах и шинопроводах; подвеска на тросе или тросовом проводе; встраивание в подвесной потолок; закрепление на подрозетнике.

Подвеска светильников на крюк или шпильку применяется в основном в жилых, административных и общественных зданиях. При открытой и скрытой проводках в зданиях с пустотными железобетонными плитами перекрытия для подвески светильников массой до 15 кг применяются крюки У623Б и шпильки У632А, а для подвески блоков светильников массой до 30 кг – шпильки серии ШБП. Отверстия для установки крюков, шпилек и вывода проводов к светильникам пробивают пиротехнической колонкой УК-6 или электромолотками.

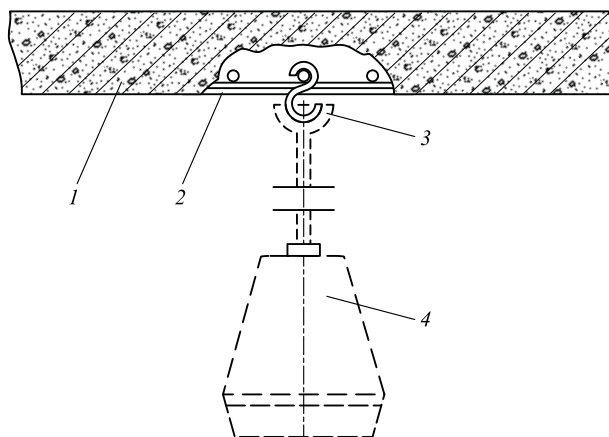


Рис. 6.1. Установка крюка приваркой к арматуре перекрытия:

1 – перекрытие; 2 – арматура металлическая; 3 – крюк;
4 – светильник

Крепление светильников массой до 5 кг к сплошным плитам перекрытия осуществляется с помощью крюков У625 или шпилек У626, закладываемых в готовые отверстия в период строительства здания до устройства чернового пола расположенного выше этажа. Если в панелях перекрытия отсутствуют отверстия для установки сквозных крюков или шпилек, то вместо них могут использоваться серьги с крюками (изделия МЭЗ), которые привариваются к арматуре железобетонных плит (рис. 6.1).

В крупнопанельных жилых домах с электропроводкой в замоноличенных пластмассовых трубах для крепления и подключения светильников массой до 15 кг используются замоноличиваемые потолочные коробки ЛД254 с крюками Л249 (рис. 6.2).

В помещениях без повышенной опасности (квартирах, жилых комнатах, общежитиях, небольших общественных зданиях и др.) светильники не заземляются, поэтому крюки, устанавливаемые в железобетонных перекрытиях, должны быть изолированы, а приспособления для подвески светильников должны иметь изолирующие кольца. Эти меры предотвращают случайное соединение металлических нетокопроводящих частей светильника с заземленными металлической арматурой плитами перекрытия.

После подвески и присоединения светильника к проводам групповой сети с использованием люстрового зажима отверстие закрывается потолочной розеткой, входящей в его комплект, а при отсутствии последней – потолочной розеткой серии РП, закрепляемыми на крюке или шпильке. Замоноличиваемые потолочные коробки ЛД254 после подключения светильников закрываются декоративными крышками.

Одним из распространенных способов непосредственного крепления светильников с люминесцентными лампами к стенам и потолку является применение конструкции из полосовой стали (изделий МЭЗ) с впрессованными или приваренными к ней болтами, расположенными в соответствии с крепежными отверстиями светильника (рис. 6.3, а). В последнее время получил распространение способ крепления люминесцентных светильников на дюбель-винтах ДВ-М8, при котором вместо увеличенных шайб и гаек используются конструкции для безметизного крепления (рис. 6.3, б).

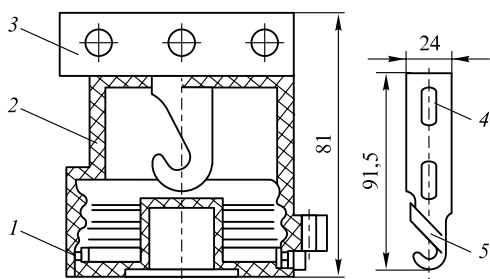


Рис. 6.2. Конструкция потолочной коробки ЛД254:

1 – крышка; 2 – корпус; 3 – планка анкерная; 4 – крюк Л249; 5 – изоляционный колпачок

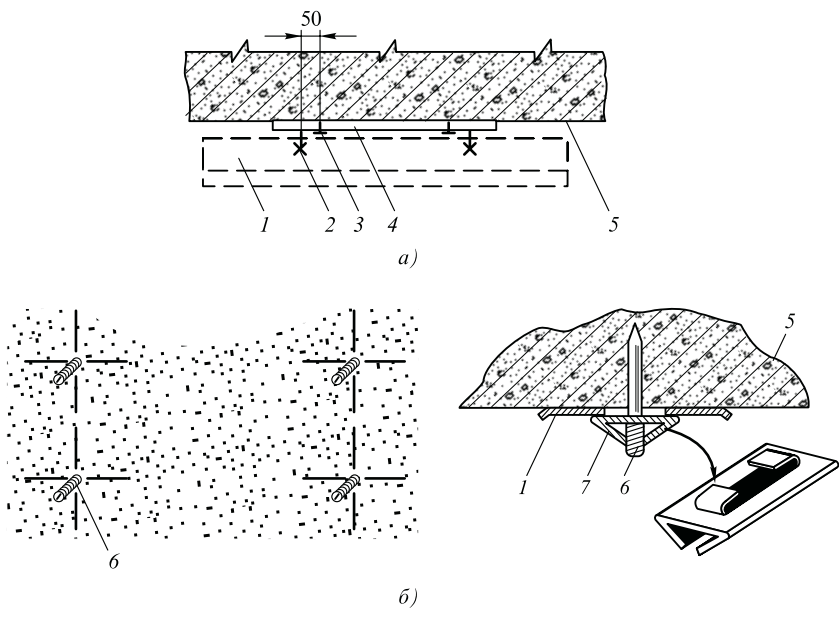


Рис. 6.3. Установка светильника на конструкциях из полосовой стали (а) и дюбель-винтах (б):

1 – светильник люминесцентный; 2 – болт с гайкой и увеличенной шайбой; 3 – дюбель; 4 – конструкция из полосовой стали; 5 – перекрытие; 6 – дюбель-винт ДВ-М8; 7 – конструкция для безметизного крепления

Конструкции из полосовой стали и дюбель-винты к сплошным плитам перекрытия и стенам пристреливаются с помощью строительно-монтажного пистолета.

Подвеска сложных многоламповых люстр в высоких помещениях общественных зданий производится к несущим конструкциям перекрытия или строительным конструкциям чердака. Страховка подвески осуществляется с помощью стального троса, крепящегося к штанге или корпусу люстры. При обслуживании этот трос используется для подъема и опускания люстры до уровня пола с помощью лебедки, устанавливаемой, как правило, на чердачной площадке. Приспособления (конструкции) для крепления многоламповых светильников массой свыше 100 кг подлежат обязательному испытанию (СНиП 3.05.06–85).

Установка светильников на кронштейнах, стойках, подвесах. Крепление светильников на стенах, колоннах, фермах и площадках осуществляется с помощью различных видов кронштейнов и стоек. Например, для установки на стенах и колоннах светильников с лампами накаливания и ДРЛ массой до 10 кг применяются кронштейны У116. Крепление основания кронштейна к строитель-

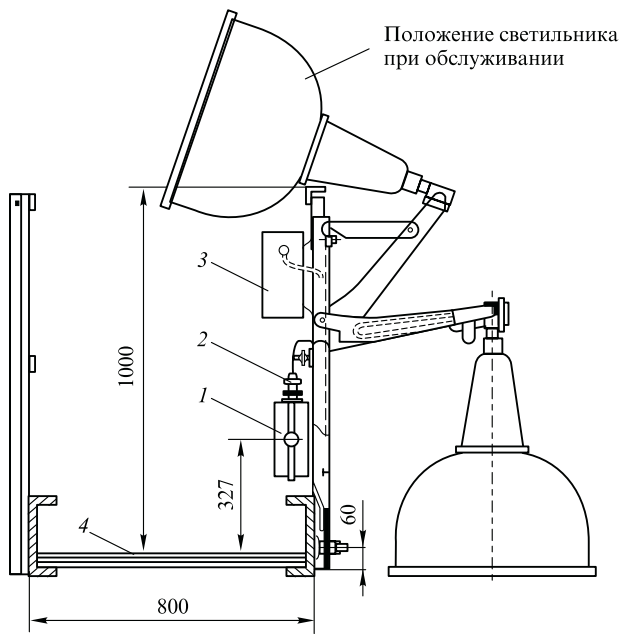


Рис. 6.4. Установка светильника с ДРЛ на мостике с помощью кронштейна К290:

1 – коробка ответвительная; 2 – штепсельный разъем; 3 – пусковой регулирующий аппарат; 4 – настил мостика

ным конструкциям выполняется болтами, приваркой или пристрелкой.

Установка светильников с ДРЛ массой до 6 кг на специальных электротехнических мостиках в цехах промышленных предприятий выполняется с помощью поворотных кронштейнов К290, К291 и К292 (рис. 6.4), которые крепятся к перилам мостика специальным держателем и скобой.

Для крепления светильников с резьбовым соединением массой до 6 кг к перилам или ограждениям мостиков, площадок, переходов применяются стойки К987 из стальной трубы высотой 2320 мм.

Особенности монтажа светильников с люминесцентными лампами. Светильники с люминесцентными лампами имеют значительную длину и относительно небольшую мощность, поэтому их устанавливают в непрерывные светящиеся линии или линии с небольшими разрывами. Для уменьшения числа линий светильники устанавливают в два ряда.

Одиночные люминесцентные светильники на стенах и колоннах устанавливаются с помощью кронштейнов. Также для установки как одиночных, так и групп светильников применяются трубные

подвесы, штанги, подвесы из профилей и уголков, типовые гнутые перфорированные профили, облегчающие монтаж, так как в этом случае уменьшается число креплений подвески и обеспечиваются прямолинейность светящейся линии и возможность съема и установки светильника без разборки.

Более совершенный способ установки люминесцентных светильников разных типов – это подвеска их на магистральных осветительных коробах. Короба КЛ-1 (рис. 6.5) и КЛ-2 предназначены соответственно для однорядной и двухрядной подвески люминесцентных светильников и прокладки в них проводов питающей сети. Загнутые внутрь края короба образуют каналы для проводов. Провода рабочего и аварийного освещения прокладываются в разных отсеках короба. Светильники подвешиваются на специальных держателях, поставляемых комплектно с коробом и закрепляемых в щели нижней его части. Держатели можно перемещать вдоль короба, что позволяет подвесить светильник в любом месте. Неперекрываемая светильниками щель короба закрывается крышками. Ответвление проводов к светильникам от питающей магистрали делают внутри короба в малогабаритных сжимах без разрезания магистрали. Ввод проводов производится с крайнего торца через привариваемые заглушки либо снизу короба.

Отдельные секции коробов (по 2 м каждая) при помощи скоб и винтов можно соединять в непрерывную линию неограниченной длины. Комплектно с коробами поставляются типовые детали для их установки (тросовые подвески, скобы, кронштейны),

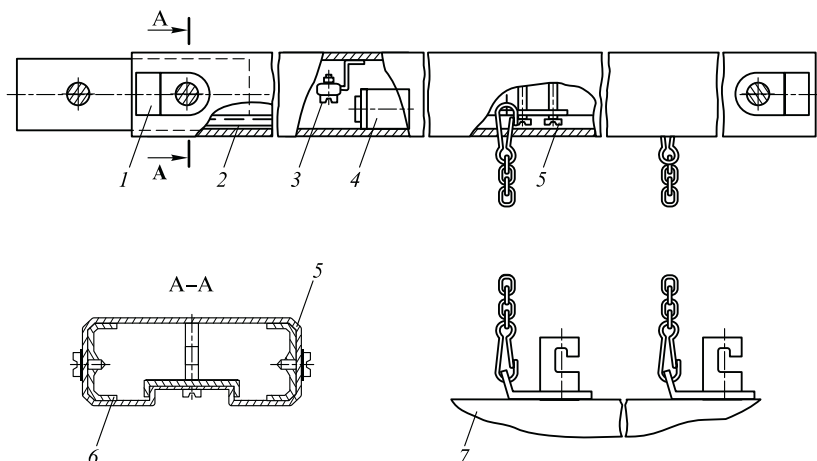


Рис. 6.5. Короб КЛ-1 для однорядной подвески светильников:

1 – планка; 2 – крышка; 3 – нулевой зажим; 4 – малогабаритный сжим; 5 – держатель; 6 – соединительная скоба; 7 – светильник

с помощью которых они закрепляются и подвешиваются к перекрытиям, балкам, колоннам, стенам, фермам.

Держатели светильников в коробах имеют цепочки или подвески в виде сцепленных проволочных звеньев, которые позволяют опускать светильники для обслуживания, смены ламп, ремонта. Заземление осуществляется присоединением заземляющего провода к приваренному внутри короба зажиму.

Блоки люминесцентных светильников и комплектные осветительные линии собираются в МЭЗ. Предварительно по проекту уточняются привязки осветительных линий (вертикальные и горизонтальные), условия и способы их прокладки, схемы питания светильников, а также размеры строительных элементов здания, к которым осуществляется привязка. На основании уточненного по месту проекта выдается заказ мастерским с приложением комплектовочной ведомости.

На объекты осветительные линии поступают в виде трех укрупненных элементов: комплектные крепления; комплектные короба с заложенными в них проводами; люминесцентные светильники с лампами, проверенными на световой эффект. Доставка укрупненных элементов в монтажную зону производится в контейнерах. Монтаж выполняется в следующей последовательности:

комплектные крепления устанавливаются на строительные элементы здания, комплектные участки линии собираются на отметке пола, в секции комплектных коробов устанавливаются светильники с лампами, собранный участок проверяется на световой эффект;

собранные участки линии поднимаются на проектную отметку, закрепляются, а затем соединяются между собой в одну осветительную линию.

На рис. 6.6 показан вариант крепления люминесцентного светильника с помощью кронштейна (изделия МЭЗ) на стене, колонне, площадке и т. д. Кронштейн, выполненный из трубы, может быть поворотным, что важно, например, при установке светильников на площадках или в проездах, так как при необходимости их временно можно развернуть вдоль стен и тем самым предотвратить возможные повреждения.

Крепление светильников на тросе. При выполнении электропроводок специальными проводами марки АРТ со встроенным несущим тросом светильники массой до 5 кг крепятся на ответвительных тросовых коробках У230 или У231 (рис. 6.7, а), а при использовании кабеля на отдельном несущем тросе (проводе) – на ответвительных коробках У245 или У246 в комплекте с крюком У247.

В случае выполнения тросовых электропроводок в производственных помещениях кабелем с использованием ответвительных

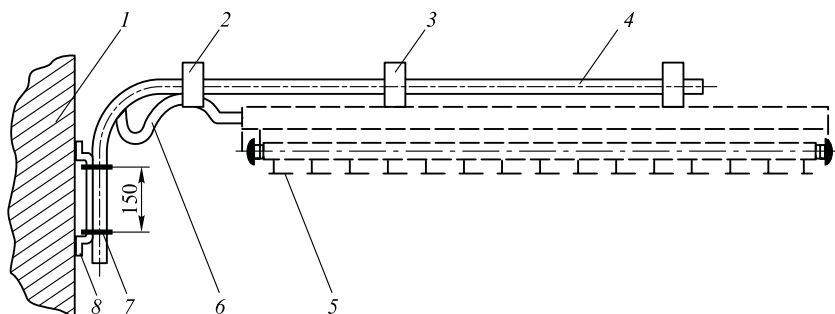


Рис. 6.6. Крепление люминесцентного светильника с помощью кронштейна:

1 – строительное основание; 2 – перфорированная лента с кнопкой; 3 – подвес для крепления светильника к кронштейну; 4 – кронштейн; 5 – светильник; 6 – провод (кабель) для подключения светильника; 7 – хомут крепления кронштейна; 8 – трубный держатель

коробок КОР-73 или У409 светильники массой до 15 кг крепятся на подвесах К354 (рис. 6.7, б). Такой подвес имеет две выштампованные лапки, предназначенные для закрепления его на тросе диаметром 6...8 мм. Для крепления на подвесе коробки КОР-73 служат два отверстия, расположенные под углом 45° на расстоянии 92 мм друг от друга, а коробки У409 – два отверстия, расположенные по вертикали на расстоянии 120 мм друг от друга. Замена коробок и светильников производится без снятия подвеса с троса.

В местах закрепления ответвительных тросовых коробок и подвесов для обеспечения надежного электрического контакта при устройстве защитного заземления с встроенного троса удаляется изолирующая оболочка, а с несущей проволоки (катанки) – поливинилхлоридная или окрасочная пленка, нанесенная в МЭЗ. Оголенные участки троса или проволоки и зажимное устройство на корпусе металлической коробки зачищаются до блеска, покрываются антикоррозионной смазкой и закрепляются зажимными винтами.

Присоединяются светильники к групповой сети в коробках У230, У231 с помощью встроенных специальных наборных зажимов; в коробках У245, У246 с помощью ответвительных сжимов в пластмассовом корпусе У739; в пластмассовых коробках КОР-73, У409 сваркой или опрессовкой в гильзах серии ГАО с последующей изоляцией мест соединения.

Установка светильников на осветительном шинопроводе. К осветительному шинопроводу ШОС-67 светильники подвешиваются с помощью хомута с крючком К470 (рис. 6.8). Число и масса светильников, устанавливаемых на ШОС-67, ограничиваются пре-

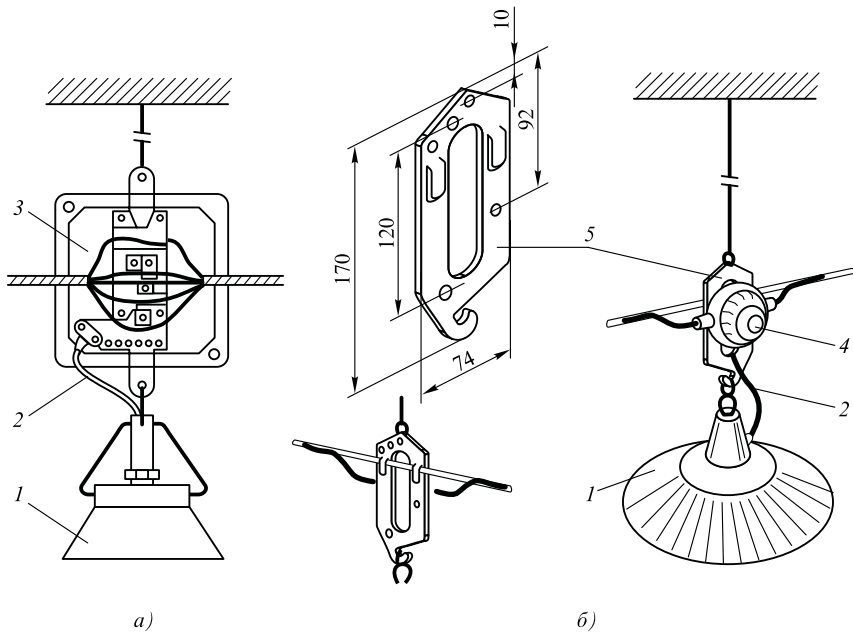


Рис. 6.7. Крепление светильников на несущем тросе с использованием коробки У230 (а) и подвеса К354 (б):

1 – светильник; 2 – провод для подключения светильника; 3 – коробка У230; 4 – коробка КОР-73; 5 – подвес К354

дельной нагрузкой 12 кг на метр шинопровода при расстоянии между точками его крепления не более 3 м.

При прокладке ШОС-67 по стенам и нижнему поясу ферм светильники крепятся к этим строительным основаниям на кронштейнах. Присоединяются светильники к шинопроводу с помощью штепселей типа У1634-1 и У1634-2 на 10 А, заряженных гибким шнуром ПВС $3 \times 0,75 \text{ мм}^2$, длиной соответственно 1 и 2 м. Подключение штепселей к светильникам следует выполнять в МЭЗ, при этом необходимо строго соблюдать маркировку на концах шнура (фаза, нуль, земля).

К осветительному шинопроводу ШОС-80 светильники с максимальной массой до 2,5 кг могут крепиться как непосредственно на коробе с помощью закладного крюка У1922, так и на специальном штепселе У1919, предназначенном также и для подключения установленного на нем светильника. Подключение светильников, устанавливаемых на крюках У1922, выполняется шнуром ПВС $3 \times 0,75 \text{ мм}^2$ длиной 0,5 м (этим же шнуром заряжены штепсели У1919).

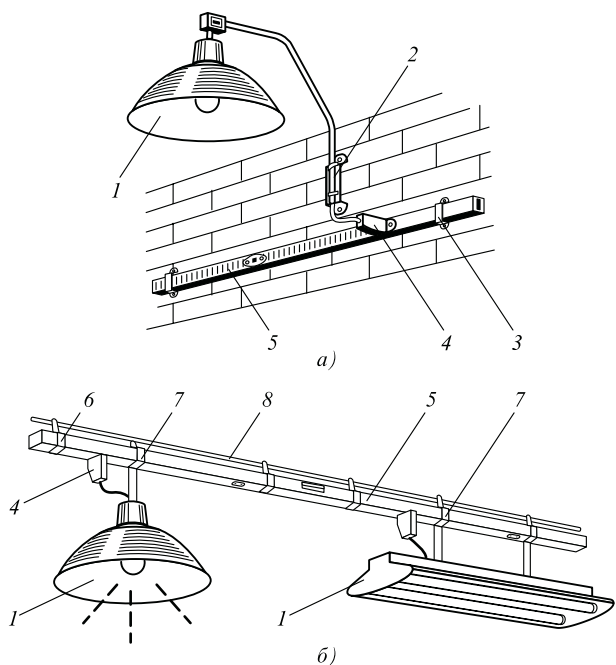


Рис. 6.8. Крепление шинопровода ШОС-67 непосредственно на стене (а) и на предварительно натянутом тросе (б):

1 – светильник; 2 – трубный держатель К939; 3 – скоба У474; 4 – штепсель У1634; 5 – ШОС-67; 6 – хомут для подвески К544; 7 – хомут с крючком К470; 8 – трос

Монтаж светильников в подвесном потолке. Устройство подвесных потолков обычно диктуется архитектурными соображениями, например необходимостью встраивания в них светильников.

При наличии за подвесным потолком технического этажа, предназначенного для размещения санитарно-технических устройств и коммуникаций и имеющего высоту, достаточную для прохода людей, монтаж светильников производится с учетом обслуживания их при эксплуатации сверху. При отсутствии технического этажа и наличии над подвесным потолком лишь полости, достаточной для прокладки сетей и встраивания светильников, последние устанавливают так, чтобы их можно было обслуживать снизу.

Для размещения встраиваемых светильников с люминесцентными лампами в подвесных потолках предусматриваются отверстия (проемы) необходимой формы, обрамленные по периметру металлическим профилем из уголка или других конструкций. Проверенный светильник устанавливают на обрамление проема и фикс-

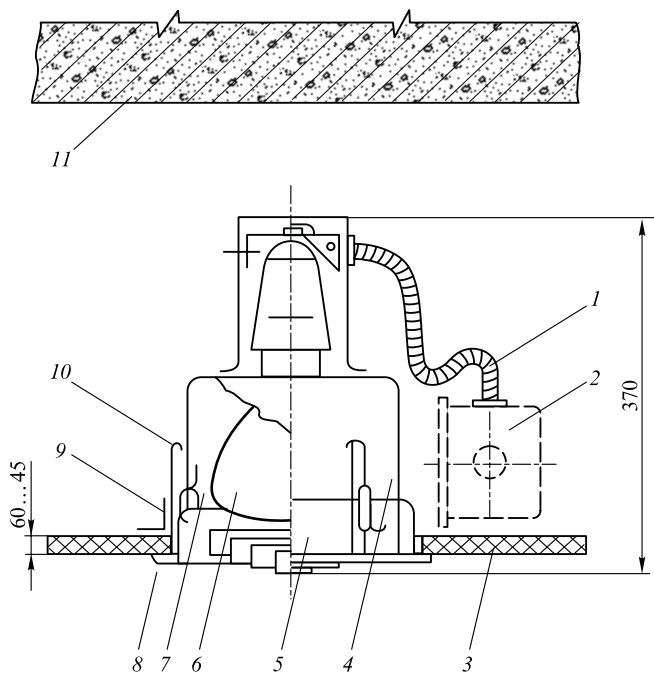


Рис. 6.9. Установка СВП:

- 1 – провод в металлорукаве; 2 – коробка ответвительная; 3 – подвесной потолок; 4 – корпус светильника; 5 – основание светильника; 6 – лампа накаливания; 7 – пружинная защелка; 8 – проем; 9 – уголок; 10 – скоба с продольным пазом; 11 – перекрытие

сируют с помощью четырех регулируемых по высоте крепежных скоб. Зазор между корпусом светильника и кромкой проема перекрывается рамкой из четырех уголков, входящих в комплект светильника. На рис. 6.9 показана установка светильника встраиваемого потолочного (СВП) с лампой накаливания. Для доступа к ответвительной коробке, устанавливаемой на расстоянии 10... 15 мм от края отверстия, достаточно отвести в крайнее положение пружинные защелки и вынуть корпус светильника через стационарно установленное основание.

Присоединяются светильники к групповой сети гибким медным проводом, заключенным в металлорукав, соединяющий корпус светильника с ответвительной коробкой. Длина металлорукава 600...700 мм для светильников с лампами накаливания и 800... 1000 мм для светильников с люминесцентными лампами. Если потолки выполнены из негорюемых материалов, по согласованию с пожарной инспекцией на участке от коробки до све-

тильника возможно применение кабеля марки КРПТ без метал-
лорукава.

При выполнении подвесного потолка из тонких декоративных
металлических листов встроенные светильники крепятся к его не-
сущим конструкциям. В этом случае для доступа к ответвительной
коробке и обслуживания светильников используются дополнительные
отверстия, закрывающиеся съемными крышками из матери-
ала подвесного потолка.

**Особенности монтажа светильников в помещениях со взрыво- и
пожароопасными зонами.** Взрывозащищенные светильники (табл. 6.1)
не должны иметь трещин на стеклянных защитных колпаках и в
литых корпусах или сальниковых гайках вводных устройств, а так-
же раковин или углублений на сопрягаемых поверхностях. При

Таблица 6.1

**Взрывозащищенные светильники, применяемые во взрывоопасных
помещениях различного класса**

Светильник	Класс взрывоопасности помещения	Категория и группа взрывоопасности смеси и паров с воздухом
ВЗГ-200АМС, ВЗГ/В4А-200МС, ВЗГ-100	В-I, В-Ia, В-Iг, В-II	ПА, ПВ; Т1-Т3
В4А-60	В-I, В-Ia, В-Iг, В-II	ПА, ПВ, ПС; Т1
Н4БН-150	В-Ia, В-Iг, В-II, В-IIa	ПА, ПВ, ПС; Т1, Т2
Н4БН-300МЛ	В-Ia, В-Iг, В-II, В-IIa	ПА, ПВ, ПС; Т1, Т2
Н4Т4Л 1×80, Н4Т4Л 2×80	В-Ia, В-IIa	ПА, ПВ, ПС; Т1-Т4
Н4Т5Л 1×65, Н4Т5Л 2×65	В-Ia, В-IIa	ПА, ПВ, ПС; Т1-Т5
ГСП 25, РСР 25	В-I, В-Ia, В-Iг, В-II	ПА, ПВ; Т1-Т3
ОМР-125/ВЗГ-ДРЛ-125/ПРА, ОМР-250/ВЗГ-ДРЛ-250/ПРА	В-I, В-Ia, В-II	ПА, ПВ; Т1-Т3

приемке в монтаж необходимо иметь в виду, что к каждой полной
(25 шт.) или неполной партии светильников заводом-изготовите-
лем должны прилагаться два ключа для их разборки и сборки.

Все взрывозащищенные светильники внутри вводного устрой-
ства имеют изоляционную колодку с двумя контактными зажимами

для подключения фазного и рабочего нулевого проводов и неизолированный заземляющий зажим, расположенный на приливе корпуса для подключения нулевого защитного и заземляющего проводов. От колодки до патрона такие светильники заряжаются термостойким проводом марки ПРКА.

Устанавливать эти светильники рекомендуется одновременно с прокладкой питающей сети. Во время монтажа они вместе с подвесами, кронштейнами, трубными и другими крепежными конструкциями закрепляются неподвижно на поддерживающих опорах к строительным элементам зданий. Применение штампованных кронштейнов, например У116, для крепления взрывозащищенных светильников не допускается. При прокладке проводов в трубах кронштейны и трубные спуски вворачиваются в светильники без контраек до конца резьбы и закрепляются стопорными винтами.

Ввод в светильники должен выполняться небронированным трехжильным кабелем (рис. 6.10) или тремя проводами в водогазопроводных трубах тех же марок, которые применяются в групповых сетях. В люминесцентные светильники, устанавливаемые в линию, ввод осуществляется гибким трехжильным кабелем с медными жилами, резиновой изоляцией и оболочкой (например, марки КПГН). Для уплотнения ввода кабеля светильники укомплектовываются резиновыми уплотнительными кольцами с одним отверстием и кольцевыми надрезами. При выполнении монтажа проводами в трубах проектные организации должны оговаривать поставку светильников с резиновыми кольцами, имеющими три отверстия для уплотнения проводов. В этом случае светильники целесообразно поставлять для монтажа со спусками и предварительно заряженными в МЭЗ. Длина проводов определяется расстоянием от светильника до

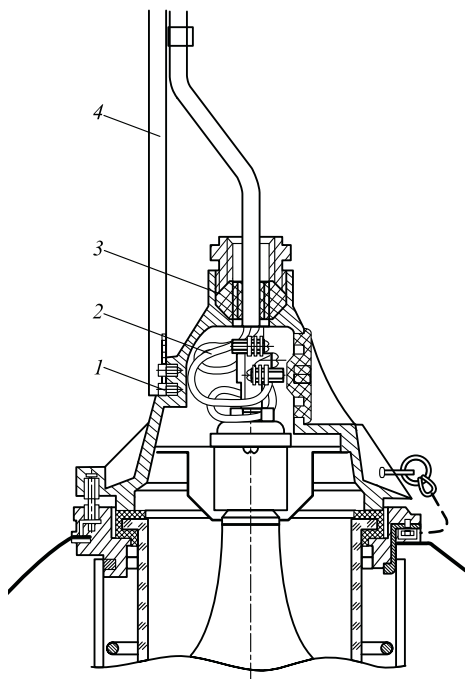


Рис. 6.10. Ввод кабеля в светильник Н4БН-150:

1 – болт крепления светильника; 2 – жилы кабеля; 3 – резиновое кольцо; 4 – монтажный профиль

ближайшей ответвительной коробки плюс 100 мм, желательных для выполнения соединения.

В помещениях с любым классом взрывоопасности и средой, для которой нет светильников необходимого уровня взрывозащиты, допускается выполнять освещение одним из следующих способов:

через неоткрывающиеся окна без фрагм и форточек снаружи здания (рис. 6.11), причем при одинарном остеклении окон светильники должны иметь защитные стекла. В случае установки светильников над полом или площадкой обслуживания на расстоянии менее 2,5 м их конструкция должна исключать возможность доступа к лампе без применения инструмента (отвертки, плоскогубцев, специального ключа);

через вентилируемые фонари специального назначения, устанавливаемые в потолке с двойным остеклением;

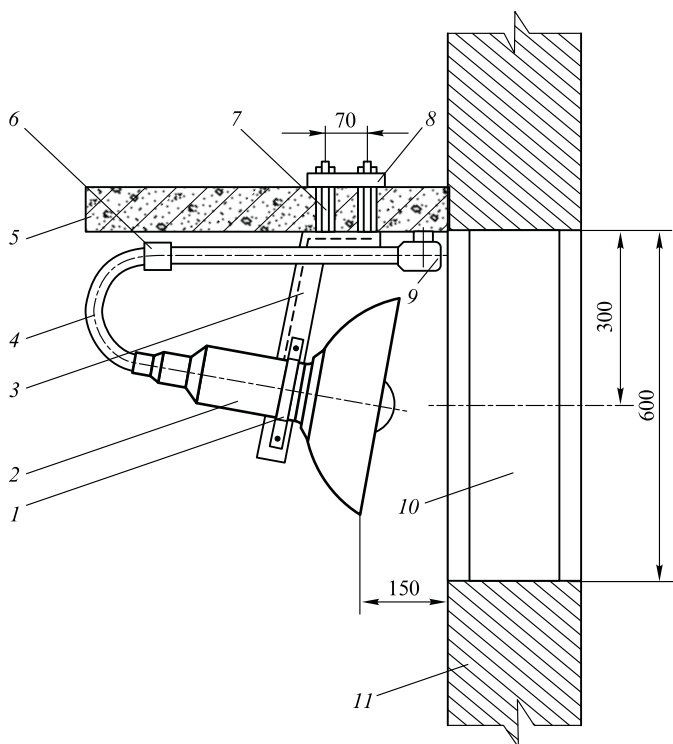


Рис. 6.11. Установка светильника под козырьком перед оконным проемом:

- 1 – скоба; 2 – светильник; 3 – поддерживающая конструкция;
- 4 – кронштейн; 5 – козырек; 6 – муфта трубная; 7 – шпилька;
- 8 – планка; 9 – коробка ответвительная; 10 – оконный проем;
- 11 – стена

с помощью комплектных осветительных устройств (КОУ) со щелевыми световодами.

Применение КОУ, заменяющих многочисленные одиночные светильники, сокращает протяженность осветительных сетей и значительно снижает трудозатраты в зоне монтажа.

Комплектное осветительное устройство КОУ1-М275-1.700УЗ состоит из камеры, вводной cassette с источником света, щелевого световода и торцевого устройства. Внутренний объем канала световода отделяется от источника света прозрачным термостойким стеклом. Зануление и заземление КОУ выполняются в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

6.2. Монтаж пускорегулирующих аппаратов

Осветительные установки с газоразрядными лампами значительно сложнее установок с лампами накаливания. Действие люминесцентных ламп основано на явлении газового разряда в ртутных парах низкого давления, в результате которого создается ультрафиолетовое излучение, преобразующееся с помощью люминофора в видимый свет. Совокупность всех элементов схемы включения, обеспечивающей зажигание и нормальную работу лампы, конструктивно оформленная в единый или несколько отдельных блоков, называется пускорегулирующим аппаратом.

Пускорегулирующий аппарат (ПРА) должен обеспечивать надежное зажигание лампы, стабильность и оптимальность ее мощности (светового потока), определенный срок службы, компенсацию коэффициента мощности, подавление радиопомех, уменьшение пульсации светового потока и бесшумность в работе. Кроме того, конструкция ПРА должна быть технологична в производстве, удобна для монтажа, осмотра и ремонта.

По составу и назначению различают следующие пускорегулирующие аппараты (в скобках дано их обозначение):

стартерные, состоящие из балласта и пускового элемента-стартера и предназначенные для зажигания ламп при помощи импульса повышенного напряжения, а также для стабилизации их рабочего режима (УБ);

бесстартерные быстрого пуска, состоящие из балласта и пускового элемента (выполненного в виде накального трансформатора и пускового конденсатора) и предназначенные для зажигания ламп с предварительно нагретыми электродами, а также для стабилизации их рабочего режима (АБ);

бесстартерные мгновенного зажигания, состоящие из балласта и пускового элемента и предназначенные для зажигания ламп без предварительного нагрева электродов повышенным напряжением, а также для стабилизации их рабочего режима (МБ).

По конструктивному исполнению ПРА подразделяются на встроенные, предназначенные для установки в корпусе светильников (В), и независимые, предназначенные для раздельной установки (Н).

Также ПРА могут быть с пониженным уровнем шума (П), предназначенные для эксплуатации в промышленных административных и жилых помещениях, и с особо низким уровнем шума (ПП), используемые в установках, к которым предъявляются соответствующие требования.

Приведем пример обозначения однолампового индуктивного ПРА кольцевой люминесцентной лампы мощностью 22 Вт, предназначенного для включения ее в сеть переменного тока напряжением 220 В, с особо низким уровнем шума, встроенного, со штырьковой колодкой зажимов, серии 802, климатического исполнения и категории размещения ХЛ4: 1УБИ-22К/220-ВПП-802 ХЛ4.

Надежная работа осветительной установки с люминесцентными лампами во многом определяется правильным подбором и тщательной проверкой всех ее элементов в процессе монтажа, соблюдением правил эксплуатации и своевременным выявлением и устранением неисправностей.

О наличии неисправностей в светильнике можно судить в большинстве случаев по режиму горения ламп, например:

если при включении светильника лампа не зажигается и на концах нет свечения, причинами этого могут быть неисправность в схеме светильника, низкое напряжение питающей сети, плохой контакт между штырьками лампы или штырьками стартера с контактами патрона либо стартера-держателя, обрыв или перегорание электродов лампы, неисправность стартера;

если катоды лампы накалены, но лампа не зажигается и не мигает, причинами этого могут быть ошибки в схеме, неисправность стартера, пробитый конденсатор для подавления радиопомех, замыкание на корпус, а в бесстартерных схемах включения – низкое напряжение сети, пробой резонансных конденсаторов или короткое замыкание части витков вторичной обмотки трансформатора, низкая температура окружающей среды;

если при включении светильника наблюдается мигание лампы, но лампа не зажигается, или имеется свечение только одного электрода, причинами этого могут быть ошибки в схеме, шунтирование в цепи или патроне со стороны несветящегося электрода, замыкание выводов электродов лампы;

если лампа мигает и не зажигается, а при ее установке в другой светильник с такой же схемой включения горит нормально, возможными причинами этого могут быть ошибки в схеме, неисправность стартера (не соответствие его параметров лампе), низкое напряжение сети, низкая температура окружающей среды;

если зажигание лампы происходит нормально, а через несколько часов работы поочередно чернеют ее концы, и она больше не зажигается, возможны замыкание на корпус светильника, неисправность ПРА, неисправность лампы;

если при включении лампы наблюдается быстрое перегорание ее катодов, причинами этого могут быть неисправность ПРА и замыкание в схеме на корпус светильника;

если при включении светильника лампа нормально зажигается и гаснет, потом вновь зажигается и опять гаснет, возможны неисправность лампы или неисправность стартера.

При монтаже и сдаче в эксплуатацию осветительных установок может появиться и ряд других неполадок, но в случае любой неисправности светильников с люминесцентными лампами необходимо провести тщательную проверку их элементов и устранить обнаруженные недостатки.

6.3. Установка выключателей, переключателей, штепсельных розеток, звонков и счетчиков

Выключатели, переключатели и штепсельные розетки устанавливаются в зависимости от их конструкции и принятого способа исполнения проводки (рис. 6.12).

Штепсельные розетки устанавливаются на высоте 0,8...1 м от пола, а плитусовые – не выше 0,3 м. В последнем случае рекомендуется закрывать их защитными устройствами. В школах и других детских учреждениях штепсельные розетки устанавливаются на высоте 1,5 м от пола. От заземленных устройств (приборов отопле-

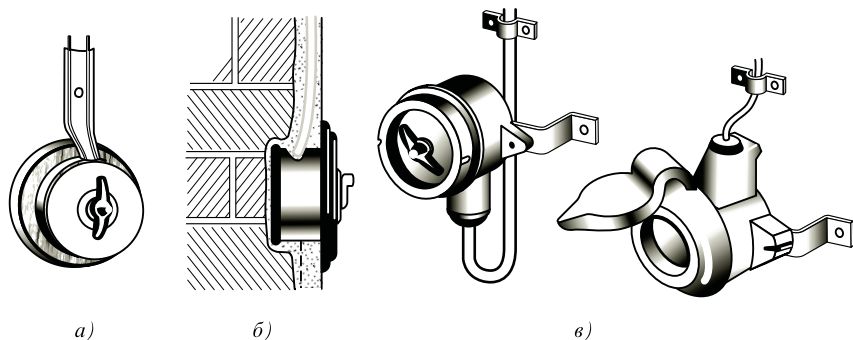


Рис. 6.12. Примеры монтажа установочных приборов:

а – выключателя при открытой прокладке проводов марки АППВ; *б* – штепсельной розетки при скрытой прокладке проводов в резиновых полутвердых трубах; *в* – выключателя и штепсельной розетки при проводке кабелем марки ВРГ в сыром помещении

ния, трубопроводов и других) штепсельные розетки должны быть удалены не менее чем на 0,5 м.

Выключатели ставятся преимущественно у дверных проемов и включаются в фазные провода сети. Если помещения относятся к особо сырým, а также пожароопасным и взрывоопасным, и искрение контактов при разрыве электрической цепи может стать в них причиной пожара или взрыва, выключатели устанавливаются вне этих помещений.

При необходимости дистанционного или автоматического управления осветительными сетями применяются различные автоматы, магнитные пускатели или контакторы.

Выключатели и переключатели устанавливаются на высоте 1,5 м от пола (а в школах и детских учреждениях на высоте 1,8 м) и обычно у дверей с учетом направления их открывания.

Выключатели и штепсельные розетки открытого типа устанавливаются на прикрепленных к их основанию деревянных розетках диаметром 55...60 мм и толщиной не менее 10 мм. Выключатели и штепсельные розетки скрытого типа закрепляются в коробках, вмурованных в стены или в гнезда цилиндрической формы, с помощью распорных лапок. Для установки выключателей и штепсельных розеток в стеновые панели и перегородки жилых домов заделывают специальные закладные стаканы из полипропилена.

Выключатели и штепсельные розетки брызгозащищенного исполнения устанавливаются на скобах с вводом проводов снизу через сальниковые уплотнения.

Электрические звонки выпускаются двух типов:

З – управляемые путем включения независимой (встроенной в магнитопровод катушки) вспомогательной обмотки на напряжение 36 В;

ЗП – управляемые путем прямого включения обмотки в сеть.

Для присоединения звонка к электрической сети и кнопке на его корпусе имеется отверстие для вывода проводов длиной не менее 150 мм или зажимы для их подключения. При выводе проводов через отверстие в металлическом корпусе звонка используются изоляционные втулки. Звонок прикрепляется к основанию винтом или шурупом-дюбелем через имеющееся в его корпусе отверстие. В комплект звонков типа З и ЗП, рассчитанных на напряжения 12, 24 и 36 В входит кнопка на напряжение до 36 В, а в комплект звонков типа ЗП, рассчитанных на напряжения 127 и 220 В – специальная кнопка на напряжение 250 В. ГОСТ на электрические безыскровые звонки (без прерывателя тока) требует, чтобы на последних была надпись «Применять только с кнопкой на 250 В».

Кнопки выпускаются также двух типов: пластмассовые круглые или прямоугольные на напряжение 36 В и пластмассовые круглые повышенной электробезопасности на напряжение до 250 В, пред-

назначенные для установки в помещениях с нормальными условиями.

При использовании электрических бытовых звонков прямого включения ЗП-220 выполнение проводки для подключения кнопок должно осуществляться проводом, рассчитанным на полное напряжение питающей сети (220 В).

При установке кнопок на 220 В, а звонков типа З, рассчитанных на 220/36 В, для исключения потерь холостого хода кнопку следует включать в цепь первичной обмотки 220 В, закорачивая вторичную обмотку 36 В. Кнопки на 36 В должны включаться только в цепь вторичной обмотки звонка 36 В.

Счетчики для учета расхода электроэнергии устанавливаются в сухих отапливаемых помещениях, доступных для обслуживания.

Электрические счетчики индивидуальных потребителей размещаются обычно в местах ввода электроэнергии внутри помещения. Квартирные счетчики устанавливаются на лестничной клетке в этажных щитках и шкафах либо непосредственно в квартирах на квартирных щитках.

Счетчики располагаются на высоте 1,4...1,7 м внутри запираемых шкафов, имеющих окна для снятия показаний без открывания дверей.

В установках коммунального хозяйства счетчики размещаются на вводно-распределительных устройствах. Электропроводка к ним выполняется скрыто под штукатуркой в каналах строительных конструкций или открыто в трубах. Для подключения счетчиков оставляют свободные концы проводов длиной 250 мм.

Подлежащие заземлению металлические корпуса выключателей, переключателей и штепсельных розеток через заземляющие винты присоединяются отдельными проводами к нулевому проводу электропроводки (пайкой или сваркой).

6.4. Монтаж распределительных устройств

Распределительные щитки должны быть расположены в местах, доступных для осмотра и замены предохранителей: в бытовых помещениях на высоте 1,5...1,8 м, а в производственных — на высоте 1,2...1,4 м в специальных нишах. Расстояние от неизолированных токопроводящих частей щитка до несгораемых (кирпичных, бетонных) стен должно быть не менее 15 мм, а до деревянных — не менее 50 мм. При установке щитков больших размеров (600 × 500 мм и более) расстояние от щитка до стены должно быть не менее 240...250 мм. Расстояние между голыми, находящимися под напряжением частями щитка, и его металлическими нетокопроводящими частями должно быть не менее 12 мм по воздуху и 20 мм по поверхности изоляции.

Распределительные щитки, как правило, помещают в стальные ящики с запирающимися стальными или стеклянными дверцами. Резервные вводные отверстия этих ящиков должны быть закрыты заглушками.

Установка щитков над оконными и дверными проемами запрещается. В отверстия для прохода проводов на фасадной и боковых панелях щитков вставляются изолирующие втулки.

На панелях щитков наносятся надписи, указывающие номер и назначение каждой отходящей линии, например: «Аварийное освещение шестого цеха», «Освещение лестничной клетки», «Освещение 2-го этажа заводоуправления» и др.

После установки и закрепления щитка на месте к контактам его предохранителей присоединяют провода групповых линий.

Предохранитель – это электрический аппарат, осуществляющий автоматическое отключение электрической цепи при перегрузке или коротком замыкании в установках низкого и высокого напряжения. Предохранитель состоит из плавкого металлического элемента (вставки в виде тонкой проволоки или пластины) и корпуса с контактным устройством. Плавкая вставка допускает длительное протекание тока, но при перегрузке и коротком замыкании нагревается до температуры плавления металла и, расплавляясь, разрывает электрическую цепь. После срабатывания предохранителя в нем заменяется плавкая вставка и он вручную включается в электрическую цепь

Плавкие вставки изготавливаются из сплава свинца с оловом, медью и другими металлами (медные вставки с целью устранения окисления лудят). Они имеют малое сопротивление и выполняются с малым поперечным сечением. Большинство предохранителей имеет дугогасительные средства внутри корпуса (фибру, кварцевый песок). Ток, на который рассчитана плавкая вставка для продолжительной работы, называют номинальным током плавкой вставки $I_{вст}$, а на номинальный ток предохранителя $I_{пр}$ рассчитываются токоведущие, контактные и дугогасительные части предохранителя.

По конструктивному исполнению предохранители делятся на трубчатые и пробочные. Для защиты осветительных установок применяются пробочные предохранители с закрытыми корпусами, выполненные из газогенерирующего материала – фибры, которая, разлагаясь при повышении температуры, выделяет газ, создавая в трубке большое давление и способствуя гашению дуги. Трубчатый предохранитель состоит из плавкой вставки, рассчитанной на номинальные токи от 15 до 1000 А и заключенной внутри фибровой трубки. Трубка армирована концевыми латунными кольцами с резьбой, на которые навинчиваются латунные колпаки, замыкающие контакты.

В некоторых случаях, например при очень малом расстоянии между стеной и щитком, этот порядок может быть изменен, т. е. сначала можно присоединить провода к предохранителям, а затем уже установить на месте и закрепить щиток.

Провода питающей линии и отходящие к потребителям присоединяются за щитком к контактным выводам предохранителей (фазные провода – к центральным контактам предохранителей).

В сетях напряжением 380/220 В для распределения и учета электроэнергии и в пределах одного этажа применяются этажные щитки типа ЩУЭ. Включение и отключение отходящих от них отдельных групп проводов осветительной сети производится пакетными выключателями, расположенными в отдельной секции щитка.

Пакетные выключатели служат для переключений в цепях постоянного и переменного тока (при номинальных значениях до 100 А), в качестве пускателей электродвигателей малой мощности и для включения нагрузки в различных автоматических схемах. Выпускаемые отечественной промышленностью пакетные выключатели имеют подвижные контакты и неподвижные, находящиеся между изоляционными дисками. Нажатие происходит с помощью пружинящихся подвижных контактов. Дуга, возникающая при замыкании и размыкании контактов, гасится в закрытой крышковой камере. Механизм мгновенного переключения, представляющий собой заводную пружину, обеспечивает большую скорость размыкания контактов.

Пакетные выключатели выпускаются на напряжение 250 В постоянного и переменного тока 10, 25, 60 и 100 А и рассчитаны на 10000...20000 переключений без нагрузки при скорости не более 60 переключений в минуту.

Наблюдение за показаниями счетчиков в этажных щитках осуществляется при закрытых дверцах через имеющиеся на них специальные окна. Щитки собираются на заводе и доставляются к месту монтажа упакованными в ящики. Распаковывать ящики следует осторожно, не повреждая находящихся на щитках приборов. Щиток типа ЩУЭ устанавливается в нише размером 900 × 450 мм и глубиной 200 мм. Имеющиеся в нем специальные зажимы У730 позволяют присоединять как медные, так и алюминиевые провода с сечениями до 35 мм².

Монтаж распределительных шкафов и щитов, поступивших с завода полностью собранными, начинают с установки их на фундаментной раме, заранее подготовленной в процессе строительных работ.

Шкафы и щиты должны располагаться строго вертикально и прочно прикрепляться к раме, стене или иным конструкциям в соответствии с проектом и указаниями завода-изготовителя. На время монтажа распределительных шкафов и щитов, оснащенных амперметрами, вольтметрами и другими приборами, рекомендуется эти приборы снять во избежание повреждения их от сотрясений, неизбежных при установке. По окончании монтажа ранее снятые приборы устанавливаются на место и проверяются состояние и работа всех элементов распределительных устройств.

Контактные ножи рубильников должны входить в губки без ударов и с усилием, обеспечивающим нормальное давление в контактах. Давление в контакте считается нормальным, если щуп толщиной 0,05 мм и шириной 10 мм входит в пространство между ножом и губкой рубильника на глубину не более 6 мм.

Губки предохранителей должны плотно прилегать к контактными частям патронов. Патроны должны прочно удерживаться в губках для предотвращения возможности выпадения их под действием собственной массы или электродинамических усилий, возникающих при сквозных коротких замыканиях.

Фиксаторы положения приводов рубильников должны работать четко и безотказно.

Начальные и конечные точки контрольных и измерительных приборов должны находиться на одной прямой линии, параллельной продольным кромкам панели, на которой они установлены.

Заземляющая шина, идущая от контура заземления к щиту, должна быть надежно прикреплена к фундаменту (сваркой) и каркасу распределительного устройства (сваркой или болтами).

Сопротивление изоляции токопроводящих частей распределительного устройства, проверенное мегомметром на 1000 В по отношению к заземленному каркасу, должно быть не ниже 0,5 МОм.

При удовлетворительных результатах проведенной проверки всех элементов распределительного устройства к нему присоединяются питающие и отходящие провода и кабели, а затем производится проверочный осмотр под нагрузкой отходящих сетей с целью выявления местных нагревов. При осмотре следует соблюдать действующие правила по охране труда. Для выявления местных нагревов в контактах и соединениях используются термосвечи, рассчитанные на соответствующую температуру плавления.

6.5. Монтаж прожекторов

Для освещения больших площадей, спортивных сооружений, наружных технологических установок, открытых складов широко применяются прожекторы заливающего света типов ПЗС, ПЗМ, ПСМ с лампами накаливания, прожекторы типа ПЗР с дуговыми ртутными лампами, прожекторы типа ПКН с галогенными лампами мощностью 1000 и 1500 Вт, прожекторы типа ПЗИ с металлогалогенными лампами ДРИ-700 и прожекторы типа ПЗН с натриевыми лампами серии ДНаТ. Для освещения больших открытых пространств на промышленных объектах используют также прожекторы СКсН-10000 и ОУКсН-20000 с мощными трубчатыми ксеноновыми лампами серии ДКсТ мощностью соответственно 10 и 20 кВт, однако их световая отдача и срок службы значительно ниже, чем у других газоразрядных ламп.

Прожекторы устанавливаются обычно группами на прожекторных мачтах, вышках, крышах зданий или специальных площадках и крепятся болтами к металлическим конструкциям. Основания прожекторов типа ПЗС, ПСМ, ПЗМ имеют по три отверстия для крепления, остальных – по четыре. При групповой установке прожекторы располагают в несколько рядов по вертикали. Расстояния между осями установленных рядом прожекторов должно быть 700... 1000 мм, а прожекторные площадки должны ограждаться перилами на высоте 1 м. Групповые щитки в водозащищенных кожухах рекомендуется устанавливать на прожекторных площадках. Питание прожекторов от щитка выполняется групповыми линиями (не более двух-трех прожекторов в группе) кабелем марки КРПТ вдоль перил площадки.

Вводный ящик с аппаратами защиты и управления устанавливается у основания прожекторной мачты. От него к групповому щитку проводка проводится по мачте проводом марки АПВ в стальной трубе. С целью защиты от грозовых перенапряжений подход питающей линии к прожекторной мачте выполняется кабелем с заземленной металлической оболочкой или кабелем в металлической трубе, проложенным в земле на протяжении не менее 10 м.

Прожекторы типа ПЗС, ПЗМ, ПСМ с лампами накаливания перед установкой следует отфокусировать путем наведения луча с расстояния 25... 30 м на какой-нибудь экран, например на побеленный участок стены размером 2×2 м, для получения равномерного освещения.

После установки прожекторов на мачте производится регулировка углов их наклона и поворота с помощью заранее заготовленного лимба-транспортира большого размера. Базисная линия начала отсчета поворота прожектора в горизонтальной плоскости указывается в проекте. Если база ориентирована на одну из сторон света, то ее определяют по компасу. Сначала разворачивают прожектор в горизонтальной плоскости, а затем устанавливают требуемый угол наклона.

6.6. Зануление и заземление осветительных установок

Различают электроустановки с напряжением выше 1 кВ и до 1 кВ с глухозаземленной и изолированной нейтралью.

Сети освещения выполняются на напряжение до 1 кВ, поэтому далее рассматриваются вопросы зануления и заземления только таких сетей.

Стационарные осветительные установки нашей и большинства европейских стран питаются от электрических сетей напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью, т.е. в этом случае нейтраль трансформатора или генератора присоединяется к зазем-

ляющему устройству непосредственно проводом, а также через резистор с небольшим сопротивлением или трансформатор тока. Сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединяется нейтраль трансформатора или генератора (в соответствии с ПУЭ) в сетях с напряжением 380 В должно быть не более 4 Ом, а сопротивление заземлителя, расположенного непосредственно у нейтрали трансформатора или генератора, не более 30 Ом (соответственно при напряжении электрической сети 660 В эти значения составляют 2 и 15 Ом, а при напряжении 220 В — 8 и 60 Ом).

Электроустановки с изолированной нейтралью не имеют соединения заземляющего устройства с нулевыми точками трансформатора или генератора, но вследствие изменения терминологии на практике часто смешивают понятия заземления и зануления и даже связывают их с конструктивными решениями. Так, например, присоединение установки к четвертому проводу (нулевому) трехфазной сети считают занулением, а соединение ее со стальными шинами заземляющего устройства считают заземлением. Если в первом случае факт зануления не вызывает сомнений, то во втором — решение вопроса о том, является ли это соединение заземлением или занулением, определяется уже схемой электросетей: в сетях с изолированной нейтралью — это заземление, а в сетях с глухозаземленной нейтралью такое соединение уже является занулением. Четкое понимание этой разницы необходимо, так как запрещается применять в сетях с глухозаземленной нейтралью заземление, не соединенное с нулевой точкой трансформатора или генератора.

Занулением называется преднамеренное соединение токопроводящих частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сети трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока или глухозаземленной средней точкой источника постоянного тока.

Особо важно это учитывать при использовании естественных заземлителей, поэтому при проверке возможности их использования в качестве зануления необходимо убедиться в наличии электрической связи конкретного естественного заземлителя (например, труб водопровода, каркаса здания) с общим заземляющим устройством, соединенным с нулевой точкой питающего трансформатора или генератора. Выполнение этих требований определяет возможность использования зануления в качестве защитного средства от поражения людей электрическим током.

Зануление в осветительных установках является основным и самым распространенным средством защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции. Однако в зависимости от условий эксплуатации установок используются и дру-

гие меры защиты: заземление, защитное отключение, разделяющий трансформатор, малое напряжение, двойная изоляция, выравнивание потенциалов.

В стационарных сетях общего освещения промышленных предприятий зануление практически остается единственным средством защиты от поражения электрическим током. Защита людей в этом случае обеспечивается путем автоматического отключения участка сети, где произошло повреждение изоляции, с замыканием его на зануленные части установки. Отключение произойдет, если возникший ток короткого замыкания (КЗ) будет достаточно большим. Для этого проводимость фазных и нулевых защитных проводников должна быть такой, чтобы ток КЗ превышал номинальный ток ближайшего предохранителя или же уставки тока автоматического выключателя не менее чем в три раза. При использовании автоматических выключателей, имеющих только электромагнитные расцепители (отсечку), проводимость фазных и нулевых защитных проводников должна обеспечивать ток КЗ не ниже значения, равного произведению тока мгновенного срабатывания уставки, коэффициента, учитывающего разброс (по заводским данным), и коэффициента запаса (равного 1,1). При отсутствии заводских данных для автоматических выключателей с номинальным током до 100 А кратность тока КЗ относительно уставки следует принимать не менее 1,4, а для автоматических выключателей с номинальным током более 100 А – не менее 1,25.

Полная проводимость нулевых защитных проводников во всех случаях должна составлять не менее 50 % проводимости фазных проводников. Выполнение зануления с соблюдением этих требований обеспечивает достаточный уровень безопасности электроустановок.

Заземление применяется в сетях переменного тока с изолированной нейтралью или в установках постоянного тока с изолированным выводом средней точки источника однофазного тока. Такие сети используются в условиях повышенных требований электробезопасности – в шахтах, на торфяных разработках, для передвижных установок. В этих случаях как дополнительная мера безопасности применяется контроль изоляции сетей или защитное отключение.

Защитное отключение в электроустановках напряжением до 1 кВ определяется автоматическим отключением всех фаз (полюсов) участка сети, где произошло замыкание на корпус или недопустимое снижение сопротивления изоляции, за безопасное для человека время, т. е. с учетом того, что чем меньше время протекания тока через тело человека, тем больший ток безопасен. Значения безопасных соотношений тока и времени его воздействия приведены в ГОСТах. Ряд европейских фирм начал выпуск автоматических выключателей защитного отключения для использо-

вания в осветительных и небольших силовых сетях, но внедрение защитного отключения пока ограничивается недостаточным выпуском необходимой аппаратуры.

Существуют и другие меры защиты от поражения током при пользовании осветительными и бытовыми электроустановками: применение разделительных трансформаторов для питания штепсельных розеток, предназначенных для включения электрических бритв в ваннных комнатах, а также малого напряжения для питания переносных светильников; двойная изоляция электроинструментов, позволяющая отказаться от их зануления; выравнивание потенциалов посредством соединения корпуса ванн с трубопроводами подачи воды.

Проводники, соединяющие зануляемые части установки с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора, глухозаземленным выводом источника однофазного тока, глухозаземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока и не используемые для питания электроприемников, называются нулевыми защитными проводниками. Такие же проводники, но используемые для питания электроприемников, называются нулевыми рабочими проводниками. Проводник, соединяющий заземляемые части с заземлителем, называется заземляющим проводником.

В стационарных осветительных сетях напряжением 380/220 В для зануления в первую очередь используются нулевые рабочие проводники. Рекомендуется нулевые рабочие проводники выполнять с изоляцией, равноценной изоляции фазных проводов. Практически для фазных и нулевых рабочих проводников применяются провода одинаковых марок или соответствующие жилы кабелей (четвертая в трехфазных линиях и одна нулевая в однофазных двухпроводных ответвлениях). Изолировать нулевые проводники обязательно в тех местах, где могут образовываться электрические пары или происходить искрение между нулевыми проводниками и металлическими конструкциями.

Не следует изолировать применяемые в качестве нулевых защитных и нулевых рабочих проводников кожуха комплектных шинопроводов, шины распределительных устройств, алюминиевые или свинцовые оболочки кабелей. Для зануления переносных однофазных электроприемников не разрешается использовать нулевой рабочий проводник. В этом случае необходимо использовать отдельный нулевой защитный (третий) провод, присоединяемый к нулевому рабочему проводу в штепсельном разъеме, ответвительной коробке или непосредственно в щите, щитке, сборке.

Заземляющими проводниками в электроустановках в основном служат стальные шины. В сухих помещениях без агрессивной среды заземляющие и нулевые защитные проводники (шины) разре-

шается прокладывать непосредственно по стенам, в противном случае шины прокладываются с зазором от стены не менее 10 мм. В заземляющих и нулевых защитных проводниках нельзя устанавливать предохранители, выключатели и другие разъединяющие устройства. В нулевых рабочих проводниках допускается установка выключателей, отключающих одновременно и фазные проводники.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Что такое пускорегулирующий аппарат?
 2. Каков порядок монтажа светильников?
 3. Назовите способы установки люминисцентных светильников.
- II.
 1. В чем состоят особенности зануления и заземления осветительных электроустановок?
 2. Каковы особенности установки выключателей, розеток и звонков при открытой и скрытой проводках?
 3. Поясните особенности монтажа светильников во взрывоопасных зонах.
- III.
 1. Как определяется неисправность в светильнике по режиму горения люминисцентных ламп?
 2. Каково назначение распределительных устройств в осветительных сетях?
 3. Какие применяются меры защиты от поражения электрическим током в осветительных и бытовых электроустановках?

Глава 7. ПОДГОТОВКА ТРАСС ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ

7.1. Организация монтажа электропроводок

Современный индустриальный монтаж электропроводок выполняется в две стадии. Первая стадия – это подготовительные и заготовительные работы вне зоны монтажа (в МЭЗ) и непосредственно на монтажных объектах, вторая стадия – прокладка проводов по подготовленным трассам с выполнением всех подключений.

Основной объем монтажных работ производится в МЭЗ, где на специальных технологических линиях заготавливаются узлы электропроводок и целые комплектные линии освещения.

Заготовленные в МЭЗ узлы с материалами, изделиями и деталями, которые необходимы для выполнения всего комплекса работ, укладываются в контейнеры и транспортируются на объект. Контейнеры комплектуют в соответствии с числом этажей, пролетов (или секций) и квартир жилых домов. Стеллажи контейнеров обычно разделяются на отсеки, имеющие маркировку. Если контейнер комплектуется для жилого дома, заготовки укладываются в отсеки по отдельным квартирам в последовательности, отвечающей расположению их по этажам.

Работы первой стадии монтажа непосредственно на объекте состоят из подготовки трасс для прокладки проводов, прокладки заземляющих проводников, установки закладных элементов и деталей для последующего крепления к ним электрооборудования и электроконструкций (если они не были предусмотрены в проекте и не установлены строителями). Эти работы выполняются одновременно с общестроительными работами, но при определенном уровне готовности объекта, т. е. в соответствии с требованиями СНиП при возможности обеспечения нормального и безопасного ведения электромонтажных работ, защиты монтируемого оборудования, кабельных изделий и электроматериалов от влияния атмосферных осадков, грунтовых вод, низких температур, а также от загрязнения и случайных повреждений при производстве дальнейших работ смежными организациями.

До начала работ второй стадии должны быть полностью закончены строительные и отделочные работы в электротехнических помещениях, включая монтаж и испытание отопления и вентиляции.

Электромонтажные работы второй стадии в производственных помещениях производятся одновременно с монтажом технологического оборудования по совмещенному графику.

Отступления от требований к выполнению строительных работ, при которых возможен монтаж электрооборудования, приводят к порче оборудования и электрических сетей, а на их восстановление, очистку, повторную сушку, окраску, ревизию непроизводительно затрачиваются средства и труд.

Борозды, каналы, ниши в стенах и перекрытиях для монтажа проводов и электроконструкций в соответствии с требованиями СНиП должны быть предусмотрены в строительных чертежах и выполнены в процессе строительства или в процессе изготовления панелей и блоков на комбинатах стройиндустрии. Отсутствие каналов и ниш приводит к необходимости выполнения трудоемких пробивных работ.

Здания и сооружения для производства электромонтажных работ второй стадии принимаются от строительных организаций по акту, при этом проверяется соответствие их готовности требованиям СНиП, а также наличие, размеры и число предусмотренных основным проектом или проектом производства работ монтажных проемов для подачи электрооборудования и блоков комплектных устройств.

Подготовка трасс электропроводок включает в себя:
разметку трасс и мест установки крепежных деталей;
пробивные работы для установки крепежных деталей;
крепежные работы (установку крепежных деталей в строительных конструкциях – бетонных, кирпичных, шлакоблочных).

Работы по подготовке трасс электропроводок относятся к наиболее трудоемким, особенно при ручном их выполнении.

Разметка трасс и мест установки крепежных деталей

Разметка начинается с привязки трасс к местам расположения распределительных устройств, вводов, пусковых приборов и приемников электроэнергии, т. е. сначала размечаются места пробивки отверстий, гнезд и ниш или места установки закладных элементов для закрепления электрооборудования, а затем определяются и размечаются трасса электропроводки, места проходов через стены и перекрытия, установки коробок, а также установки крепежных деталей для труб, кабелей и др.

Для разметки электропроводок применяются специальные разметочные инструменты (рис. 7.1). Трассы открытых электропроводок должны располагаться относительно архитектурных линий интерьера помещения так, чтобы быть менее заметными, т. е. они должны проходить вдоль, а не поперек лучей света и повторять линии карнизов и других строительных элементов.

Начало электропроводки определяется местом установки электроаппаратов, распределительных устройств и другого оборудова-

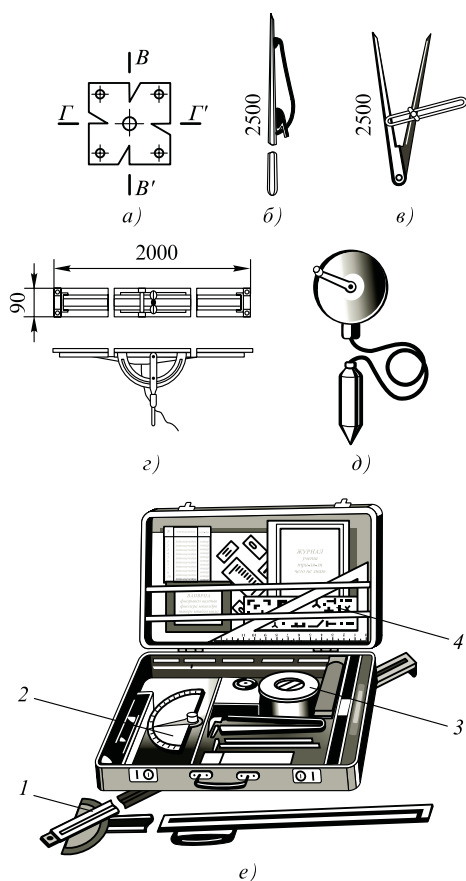


Рис. 7.1. Инструменты для разметки:

a – шаблон; *б* – разметочный шест; *в* – разметочный циркуль; *г* – разметочная рама с шестом; *д* – рулетка-отвес; *е* – набор разметочных инструментов; *1* – телескопическая линейка; *2* – угломер; *3* – рулетка; *4* – разметочный трафарет

нее 2 м в помещениях с нормальными условиями и не менее 2,5 м в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных. Открытые электропроводки с напряжением до 42 В в любых помещениях прокладывают на высоте не ниже 2 м. Высота прокладки защищенных проводов (в трубах, коробах, металлорукавах) не нормируется.

Для тросовых электропроводок производят разметку мест анкерных и промежуточных креплений, для электропроводок на лотках – мест установки поддерживающих конструкций и точек

ния. Затем намечаются уровень трассы электропроводки над чистым полом и все проходы сквозь строительные конструкции, повороты трассы и обходы препятствий. При нанесении разметочных линий руководствуются правилами расположения проводов и кабелей относительно других объектов (ПУЭ). Радиусы поворотов трасс должны быть не меньше минимально допустимых радиусов изгиба проводов или кабелей, применяемых при проводке. При прокладке вертикальные потоки проводов размещаются симметрично оси трассы, а горизонтальные – на нормативном расстоянии от пола (по нижнему проводу). Верхний провод горизонтального потока прокладывается на расстоянии не менее 50 мм от линии карниза или не менее 100 мм от потолка. Радиус поворота потока принимается по максимальному из допустимых радиусов изгиба проводов.

Незащищенные открытые электропроводки с напряжением выше 42 В располагают на высоте не менее

их крепления к строительным элементам зданий, при прокладке проводов и кабелей по полосам и лентам – мест крепления полос, лент и т. д.

При разметке трубных трасс необходимо выполнять точную привязку мест выхода концов труб к электроприемникам. Опорные конструкции для прокладки трубопроводов должны устанавливаться в одной плоскости точно по горизонтальным и вертикальным линиям разметки.

Для этого на трассе проводки или участке трассы устанавливаются две крайние детали крепления и между ними натягивается шнур или стальная проволока, по которым расставляются остальные детали крепления. Вертикальная разметка производится по отвесу.

Расположение трассы и места установки электрооборудования определяются по рабочим чертежам проекта с использованием заданных отметок от уровня пола или потолка, расстояний от колонн, ферм и других строительных элементов, расположенных на одном уровне, или маркшейдерских отметок.

Разметка трасс вертикальных и горизонтальных открытых электропроводок производится с помощью разметочного шнура с соблюдением параллельности линиям сопряжения стен и потолков. Поперечными линиями отмечаются места установки опорных конструкций и крепежных деталей в следующем порядке: сначала у коробок, электроприемников, на поворотах и у проходов, а затем в промежутках между ними. Крепежные детали, поддерживающие и закрепляющие провода и кабели, должны располагаться вдоль трассы симметрично и на одинаковых расстояниях, не превышающих максимально допустимые по СНиП, а проходы – на одной линии и в одной плоскости с прокладываемыми проводами и кабелями.

При разметке трасс прокладки плоских проводов необходимо учитывать следующие требования:

открытая электропроводка по стенам и перегородкам прокладывается вдоль архитектурных линий (карнизов, балок, линий художественной обработки, выступающих углов), но на расстоянии до 20 мм от них;

при скрытой прокладке трасса должна легко определяться при эксплуатации проводки, чтобы исключить вероятность ее случайного повреждения (горизонтальные участки трассы располагаются таким образом, чтобы линии сопряжения стен и потолков были параллельны);

вертикальные участки трассы (спуски или подъемы к светильникам, выключателям и штепсельным розеткам) должны прокладываться параллельно линиям дверных и оконных проемов или углам помещения;

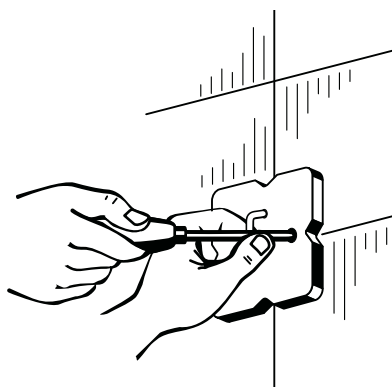


Рис. 7.2. Разметка по шаблону

скрытая прокладка проводов по перекрытиям (в штукатурке, щелях и пустотах плит, под плитами перекрытия) должна выполняться по кратчайшему расстоянию между наиболее удобным местом перехода ее на потолок и светильником.

Разметку трасс скрытых электропроводок, углубленных в борозды стен и потолков, можно производить следующим образом: по кратчайшему расстоянию от вводов до электрооборудования и светильников.

Места пробивки отверстий и гнезд для установки электроконструкций часто намечают с помощью простых разметочных шаблонов (рис. 7.2).

При сооружении зданий из сборных строительных конструкций с отформованными в них каналами для проводов и проемами, нишами и углублениями для распределительных устройств и электроустановочных изделий разметку мест их установки и трасс электропроводок не делают, а проверяют пригодность каналов для затягивания проводов, особенно в местах сопряжения строительных элементов здания.

Максимальные расстояния между точками крепления, радиусы изгиба проводов и другие требования по разметке трасс электропроводок регламентируются действующими правилами и нормами.

Вопросы для самоконтроля

- I. 1. Какие операции включает в себя подготовка трасс электропроводок?
2. Какие виды электропроводки вы знаете?
3. Какими инструментами пользуются при разметке трасс открытой электропроводки?
- II. 1. Каким инструментом производится разметка трасс?
2. Как прокладывают верхний провод горизонтального потока?
3. В какой последовательности отмечают места установки опорных конструкций?
4. Какими документами пользуются при разметке трасс?
- III. 1. Как располагают незащищенные открытые электропроводки?
2. Назовите особенности разметки различных электропроводок.
3. Какие требования необходимо учитывать при разметке трасс?
4. Установите место ввода и трассу электропроводки в помещении, где вы находитесь.

Пробивные работы при установке крепежных деталей

Объем пробивных работ и затраты труда на их выполнение при современных индустриальных методах монтажа резко сокращаются благодаря применению прогрессивных способов закрепления деталей и конструкций в строительных основаниях:

- забивки и встраивания крепежных дюбелей;
- установки закладных частей;
- образования каналов, борозд, ниш, сквозных отверстий в строительных конструкциях при их изготовлении;
- приклеивания деталей электропроводок и электроустановочных изделий.

Пробивные работы, которых полностью избежать невозможно, должны выполняться механизированным способом, что сокращает затраты труда и обеспечивает получение правильных геометрических размеров пробиваемых отверстий при минимальном нарушении строительных конструкций.

Основными средствами механизации пробивных работ являются электрические сверлильные машины, электрические и пневматические молотки и перфораторы, оснащенные рабочим инструментом (сверлами, бурами, шлямбурами, коронками) с пластинами из твердых износостойких сплавов (в основном из металлокерамических сплавов марки ВК – зерен карбида вольфрама, сцементированных металлическим кобальтом).

Сверление гнезд и отверстий производится главным образом в кирпичных стенах, так как для бетона, даже невысоких марок твердости, оно не эффективно. Производительность в этом случае составляет 10 мм в минуту, а при попадании сверла в твердый наполнитель скорость сверления резко снижается и происходят сильный нагрев, быстрый износ и выкрашивание твердосплавных пластинок.

Для эффективного сверления отверстий в железобетоне используются электросверлильные машины с ударно-поворотными насадками и электромолотки с ударно-вращательным действием инструмента, имеющие большую производительность по сравнению с простым сверлением вследствие более эффективного удаления буровой мелочи и требующие меньших усилий для их удержания.

При наличии сети сжатого воздуха для пробивки отверстий больших размеров (особенно в бетонных основаниях) рекомендуется использовать пневмоинструмент – молотки ударного и ударно-поворотного действия (перфораторы), которые отличаются легкостью, простотой конструкции, надежностью и относительной безопасностью.

Отверстия под распорные дюбеля в кирпичных и бетонных основаниях пробивают специальным пробойником ручным или ме-

ханизированным способом. При ручном способе пробойники вставляются в специальную оправку, при механизированном – в переходную втулку электрического или пневматического молотка. Цилиндрическая рабочая часть пробойника имеет три продольных канавки длиной 55 мм для удаления буровой мелочи.

Ручные пробойники выпускаются только двух типов: ПО-1 длиной 90 мм и диаметром 4,8 мм и ПО-2 длиной 90 мм и диаметром 7,8 мм. Применяются они с оправкой типа ОПКМ с клином, предназначенным для выбивания пробойников из оправки.

Пробивание отверстий вручную производится легкими ударами молотка по пробойнику, который прочно закрепляется в оправке и направляется перпендикулярно к стене. После каждого удара пробойник легко поворачивается. Диаметр пробойника выбирают на 0,5 мм меньше диаметра дюбеля, так как отверстие в стене при пробивании получается на 0,5...1 мм больше диаметра пробойника. Глубина отверстия должна соответствовать длине дюбеля.

Для пробивки отверстий в многопустотных плитах междуэтажных перекрытий применяется пиротехническая ударная колонка УК-2М.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Какие способы закрепления деталей вы знаете?
 2. Для чего используются пробойники?
 3. Каким инструментом пробивают отверстия в многопустотных плитах?
- II.
 1. Какие средства механизации пробивных работ вы знаете?
 2. Каким способом производят пробивные работы в кирпичных стенах?
 3. Какие типы ручных пробойников вы знаете?
- III.
 1. Почему для пробивки отверстий рекомендуется применять пневмоинструмент?
 2. Как производится пробивание отверстий?
 3. Как выбирается диаметр пробойника?

Крепежные работы

Выбор способа крепления при монтаже, если он не предусмотрен проектом, определяется видом строительного основания, характером нагрузки, массой закрепляемой детали, а также трудоемкостью и стоимостью работ.

Забивка в строительные основания крепежных дюбелей. Дюбеля, надежно закрепляющие изделия в строительных конструкциях, делятся на три группы: распорные для крепления без вмазывания в предварительно подготовленные отверстия (металлические

и пластмассовые); встраиваемые строительным-монтажным пистолетом; забиваемые ручной или пиротехнической оправкой.

Самозакрепляющиеся распорные дюбели используются для крепления без вмазки к кирпичным и бетонным основаниям различных электроустановочных изделий и деталей, применяемых при монтаже осветительных и силовых установок.

Металлический распорный дюбель состоит из корпуса, который представляет собой штампованную или точеную (для болтов диаметром более 6 мм) гильзу из мягкой стали толщиной 8 мм, распорной конической гайки, винта по металлу (с полукруглой, цилиндрической или шестигранной головкой) или болта и двух шайб – нормальной и пружинной. Зубцы и выемки на гильзе и соответствующие этим выемкам ребра на гайке препятствуют вращению гильзы или гайки при ввинчивании винта. Гильза имеет два продольных разреза для более легкого ее распираания гайкой при затяжке, для этой же цели конец гильзы со стороны гайки выполнен с небольшим расширением. Дюбели с конической распорной гайкой применяются для закрепления легких конструкций, небольших щитков, пусковых аппаратов и др.

Винт и дюбель соединяются с деталью, подлежащей закреплению (скобой, лапкой, ящиком). Затем корпус дюбеля вставляется в подготовленное отверстие и легким ударом молотка забивается так, чтобы его наружный торец был в одной плоскости с краями отверстия. Дюбель должен входить в отверстие с небольшим трением. Винт или болт, пропущенный через отверстие закрепляемого изделия, ввертывается в распорную гайку до отказа. При ввинчивании винта распорная гайка, перемещаясь в корпусе дюбеля, распирает своим конусом лепестки корпуса и плотно прижимается к стенкам отверстия, благодаря чему изделие надежно закрепляется.

В настоящее время в основном применяются дюбели из пластмассы (рис. 7.3) и капрона.

Капрон представляет собой твердый материал белого или светло-желтого цвета. Это синтетический материал, получаемый в результате полимеризации капролактама – порошкообразного вещества с температурой плавления 70 °С. У капрона температура плавления 215 °С. Он очень устойчив к плесневым грибкам, но не устойчив к атмосферным воздействиям.

Как и у других полимерных материалов, у капрона наблюдается медленная деформация (холодная текучесть) под действием постоянной нагрузки. Если деформация в пределах 3 %, то после снятия нагрузки она исчезает.

Наибольшее применение капрон получил для производства электро-монтажных и конструкционных деталей малой массы.

Корпус пластмассового дюбеля цилиндрической формы с внутренним конусным каналом разделен на две половины продоль-

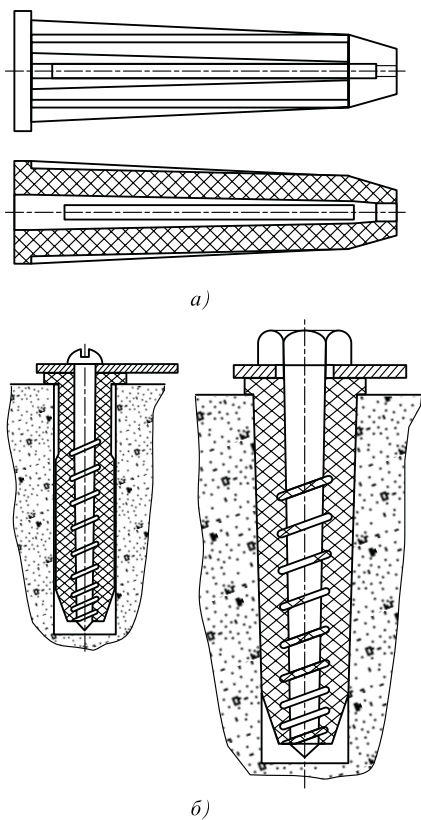


Рис. 7.3. Пластмассовые распорные дюбеля:

a – общий вид; *б* – установленные в строительное основание

нейшем исправить неточность невозможно. В стальных полосах сети заземления и вспомогательных деталях для их прокладки необходимо в местах крепления предварительно просверлить отверстия диаметром 4 мм.

Размер дюбеля выбирается в зависимости от твердости основания и наличия на нем штукатурки: для бетона и железобетона марки 200 и ниже – $2,5 \times 25$ мм, для красного и силикатного кирпича – $3,5 \times 35$ мм, а для оштукатуренных оснований (если недостаточно дюбеля $3,5 \times 35$ мм) – $4,5 \times 40$ мм. Для проверки правильности выбора (поскольку качество материала основания, от которого зависит длина заглубляемой части, может оцениваться только приближенно) необходимо по месту работ провести пробную забивку нескольких дюбелей.

ной щелью для облегчения расклинивания. Расположенные по длине наружной поверхности дюбеля ребра служат для уплотнения его в гнезде и улучшения сцепления с поверхностью гнезда и препятствуют проворачиванию при ввертывании шурупов.

Пластмассовые дюбеля имеют ряд преимуществ по сравнению с другими дюбелями: они устойчивы к динамическим нагрузкам и вибрациям, высоко устойчивы к коррозии и их можно применять во влажных и химически активных средах.

Для закрепления скоб, установочных изделий и небольших конструкций используются дюбеля с шурупами, а для закрепления поддерживающих кабельных и троллейных конструкций, тросовых проводок, аппаратов, струнных подвесок – дюбеля с глухарями.

В настоящее время пластмассовые дюбеля вытесняют металлические.

Разметку мест вбивания дюбелей следует выполнять точно и тщательно, так как в даль-

Заделка в строительные основания крепежных деталей путем вмазки. Этот трудоемкий способ крепления применяется редко, например при отсутствии закладных частей или если нельзя использовать дюбеля (при креплении тяжелых аппаратов). Вмазка крепежных деталей включает в себя следующие операции:

выполнение в строительном основании гнезда путем сверления или пробивки;

очистку гнезда и смачивание его водой;

заполнение гнезда на одну треть или половину цементным или алебастровым раствором;

заделку опорной детали в гнездо.

Крепление деталей и изделий к закладным частям. Для крепления элементов электрооборудования к стенам, перекрытиям, колоннам, фермам и балкам широко используются закладные части, представляющие собой отрезки водогазопроводных труб, листовой, полосовой, угловой или круглой стали, которые устанавливаются в строительных основаниях при сооружении зданий или при изготовлении строительных конструкций на заводах и полигонах в соответствии с рабочими чертежами по заданию организации, проектирующей электрооборудование.

Крепление электрооборудования и устройств электрической сети к закладным частям производится болтами или электросваркой либо через промежуточные переходные детали. В помещениях, которые имеют перекрытия из сборных железобетонных плит, для установки закладных частей целесообразно использовать швы между плитами и места сопряжения отдельных деталей. Для надежности концы закладных частей из профильной стали загибают или приваривают к ним пластины, шайбы и т. п.

При использовании закладных частей для крепления конструкций исключаются пробивные работы, а электромонтажные выполняются после окончательной отделки помещения.

Крепление с помощью универсально-сборных электромонтажных конструкций (УСЭК). В последнее время разработан и освоен заводской выпуск УСЭК, представляющих собой набор унифицированных несущих, соединяющих и крепежных деталей.

Из этих деталей в МЭЗ или непосредственно на объекте собираются без сварки и сверления различные металлоконструкции (кронштейны, подвесы, закрепы), используемые для установки или прокладки различных электротехнических устройств и коммуникаций (шинопроводов, лотков, коробов, осветительной аппаратуры и др.).

Номенклатура изделий УСЭК включает в себя 35 типоразмеров деталей с болтами, гайками и шайбами, например скобы, уголки, основания, патрубки, профили, полосы, шарниры, прижимы, шпильки, установочные и закладные гайки, клиновые соеди-

нителы, анкеры. Применение УСЭК для подвески светильников и шинопроводов показано на рис. 7.4.

Крепление с помощью элементов УСЭК сводится к выбору или резке профилей требуемой длины и сборке их с помощью крепежных деталей по типовым альбомам или замерам, при этом сокращаются до минимума механические работы (остается только резка или рубка профилей на мерные отрезки), исключаются операции сварки и нанесения покрытий, упрощается выполнение соединений.

Приклеивание крепежных деталей и изделий. В настоящее время применяется крепление деталей для электропроводок, электроустановочных изделий и мелких конструкций к строительным основаниям с помощью клеев из полимерных материалов. Приклеивание исключает пробивные работы, облегчает условия труда, удешевляет монтаж, сохраняет целостность и прочность оснований. Однако до последнего времени этот способ не выходил за рамки опытного внедрения, так как ни один клей полностью не обеспечивал быстрого и прочного соединения. И только применение клея БМК-5К на основе акриловой смолы показало надежность и перспективность этого способа крепления. В состав данного клея входят смола БМК-5 (180 мас. ч.), ацетон в качестве растворителя (420 мас. ч.) и каолин в качестве наполнителя (400 мас. ч.).

В качестве растворителей используются легкоиспаряющиеся жидкости: ацетон, бензол, спирты и др. Ацетон — это бесцветная жидкость со своеобразным запахом, легко воспламеняющаяся, пары ее взрывоопасны. Хорошо смешивается с водой, спиртом, бензином. Применяется для растворения эпоксидных смол и обезжиривания.

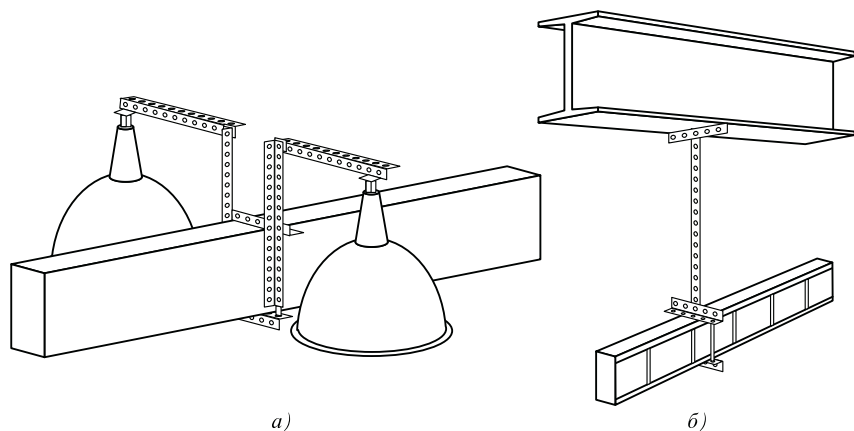


Рис. 7.4. Применение УСЭК для крепления светильников (а) и подвески шинопроводов (б)

Наполнители – порошкообразные или волокнистые вещества, повышающие механическую прочность и уменьшающие объемную усадку пластмассовых изделий. Для повышения механической прочности используются стеклянные, асбестовые и хлопковые волокна, а для повышения коэффициента теплопроводности пластмасс и увеличения их нагревостойкости – кварцевый и слюдяной порошки. Всего в пластмассах содержится 40...60 % наполнителей.

Введение в состав клея наполнителя повышает его прочность и эластичность, снижает усадочные явления и сокращает время отвердевания.

Клей поставляется расфасованным в тубы емкостью 0,1 дм³ или в другую герметически закрываемую тару емкостью до 0,25 дм³. Смешивать раствор смолы с наполнителем непосредственно на рабочем месте не рекомендуется. Клей БМК-5К сохраняет однородность состава даже после длительного хранения, поэтому не требует дополнительного размешивания.

Закрепление проводов, полос заземления и мелких установочных изделий возможно как посредством приклеивания крепежных деталей (рис. 7.5), так и непосредственно самих ответвительных коробок и других пластмассовых изделий, имеющих плоскую опорную поверхность не менее 6 см².

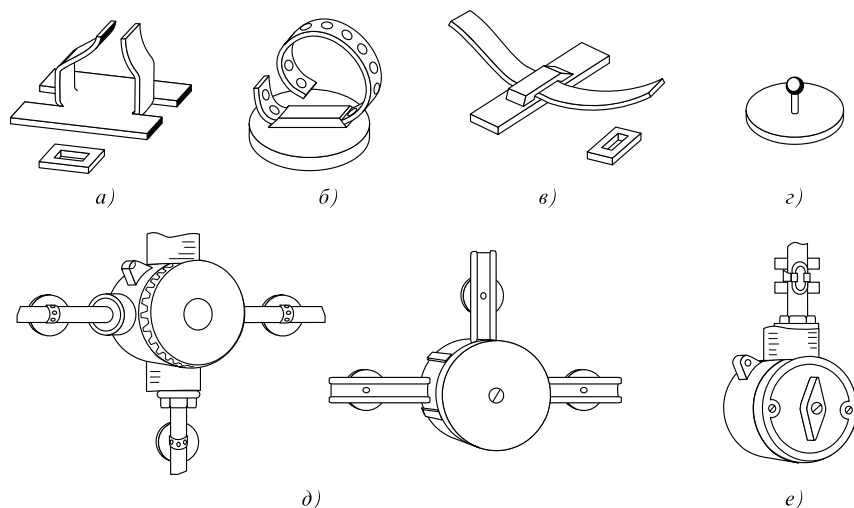


Рис. 7.5. Крепежные детали и установочные изделия для приклеивания: *a* – деталь из жести с пряжкой; *б* – деталь из пластмассы или металла в комплекте с поливинилхлоридной лентой и кнопками из полистирола; *в* – деталь из пластмассы или металла в комплекте с плоской полосой и пряжкой; *г* – пластмассовая деталь для крепления проводов; *д* – соединительные коробки; *е* – полугерметический выключатель

Перед приклеиванием необходимо подготовить поверхность строительных конструкций, т. е. зачистить место соединения стальным шпателем или стальной щеткой от неровностей и загрязнений. Не допускается приклеивание к побелке, масляной краске, промасленным и закопченным основаниям. Поверхность строительного основания должна быть сухой, ровной и чистой. Стальные поверхности очищают от ржавчины и обезжиривают чистым тампоном, смоченным в ацетоне или бензине марки не ниже М-72. Проверяют также опорные поверхности приклеиваемых деталей и при необходимости очищают их от пыли, жировых пятен и ржавчины, удаляют заусенцы, а металлические детали выправляют для обеспечения плотного прилегания к основанию.

Приклеивание осуществляют в следующем порядке: шпателем-лопаткой клей наносится на строительное основание и по всей поверхности соединения приклеиваемой детали. Нанесенный слой должен быть ровным толщиной 0,5 ... 1,0 мм; лишний клей снижает прочность соединения. Затем приклеиваемую деталь прижимают с некоторым усилием к опорной поверхности и удерживают в зависимости от массы изделия в течение 2 ... 5 с. Сила схватывания клея, возникающая при этом, достаточна для удержания изделия. Необходимая для производства дальнейших работ прочность приклеивания достигается через 24 ч. Гарантийный срок хранения клея 9 месяцев. По истечении этого срока клей подлежит повторному испытанию на отрыв.

Приклеивать непосредственно провода или кабели клеем БМК-5К к строительному основанию не рекомендуется, так как из-за быстрого высыхания его консистенция по длине провода будет неодинакова, а следовательно, неодинаковой будет прочность соединения, и, кроме того, при отставании провода у одного конца проводки произойдет отклеивание ее по всей длине без особых усилий.

Минимальная удельная прочность клея БМК-5К при прямом отрыве от бетона, железобетона, керамики — 50 Н/см², от кирпича — 10 Н/см². Качество и прочность крепления зависят от правильного приготовления клея и соблюдения технологии приклеивания.

При испытаниях, а также на основе опыта внедрения клея БМК-5К установлены следующие ограничения: не следует приклеивать им детали, подвергающиеся ударным нагрузкам и сильной вибрации (из-за хрупкости клея), и использовать его в сырых помещениях (прачечных, банях). После затвердевания клей БМК-5К остается водостойким, прочность его слоя уменьшается незначительно; в сырых помещениях отклеивание происходит из-за снижения прочности поверхностного слоя строительного основания вследствие намокания. При соприкосновении с водой жидкий клей

БМК-5К свертывается и теряет свои свойства, поэтому нельзя приклеивать детали к сырым основаниям.

Затвердевший клей морозостоек, но жидкий он не пригоден для использования при низких температурах, т.е. его можно применять только при плюсовой температуре. Не рекомендуется приклеивать электроустановочные изделия к гипсолитовым, гипсобетонным, оштукатуренным мокрым способом строительным конструкциям и сухой штукатурке, имеющим недостаточную прочность поверхностного слоя.

Клей обладает хорошей адгезией (прилипанием поверхностей двух разнородных тел) к стали, винипласту, стеклу, фарфору, дереву, карболиту и пластмассе. Но его адгезия к алюминию и оцинкованному железу в два раза ниже, чем к стали. Учитывая возможность коррозии стали при определенных атмосферных условиях, рекомендуется применять при склеивании крепежные детали из пластмасс (за исключением полиэтиленовых). Норма расхода клея БМК-5К составляет около 100 г на 100 креплений.

Приклеивание по сравнению с другими способами крепления проводов и установочных изделий повышает производительность труда в 2–3 раза.

При работе с клеем БМК-5К необходимо соблюдать некоторые нормы охраны труда и правила пожарной безопасности. Рекомендуется работать в тонких эластичных резиновых перчатках, а при приклеивании деталей к вертикальным плоскостям или потолку надевать защитные очки. Разбавлять клей надо также в защитных очках, соблюдая осторожность. Прием ацетона или клея БМК-5К внутрь даже в малых количествах может привести к отравлению и слепоте. При попадании клея на кожу его удаляют тампоном, смоченным в ацетоне, и промывают кожу горячей водой с мылом. Протирать руки ацетоном и мыть горячей водой с мылом нужно также каждый раз после окончания работ.

Не допускается работа с клеем вблизи открытого огня и нагревательных приборов. Запрещается принимать пищу и курить в помещениях, где готовят клей или работают с ним. Эти помещения должны иметь вентиляцию и систематически проветриваться. Просеивание наполнителей можно производить только в respirаторах.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Какие вы знаете способы крепления монтажных деталей?
 2. На какие группы подразделяются дюбеля?
 3. Какие инструменты используются при крепежных работах?
- II.
 1. От чего зависит выбор способа крепления?
 2. Из чего состоят распорные дюбеля?
 3. Каково устройство пластмассового дюбеля?

4. Какие операции включает в себя вмазка?
 5. Что представляет собой УСЭК?
- III. 1. В чем состоят преимущества пластмассового и металлического дюбелей?
2. Как правильно выбрать размер дюбеля?
 3. Каковы преимущества приклеивания крепежных деталей?
 4. Поясните порядок приклеивания крепежных деталей.

7.2. Разделка проводов и кабелей

Разделка проводов и кабелей производится в следующем порядке:

пользуясь справочниками, определяют размеры разделки в зависимости от конструкции проводника и вида соединительного или концевого устройства;

размечают разделку при помощи кабельных линейек или шаблонов;

ступенчато накладывают несколько витков фиксирующих бандажей из оцинкованной стальной или медной проволоки, крученого шпагата, кордовой или капроновой нити, суровых ниток, а также хлопчатобумажной или пластмассовой ленты;

производят кольцевое поперечное и линейное продольное надрезание оболочек, подлежащих удалению (бронированных, свинцовых, алюминиевых, пластмассовых оболочек и монолитной изоляции);

снимают или сматывают удаляемые покрытия;

разводят концы жил многожильных проводников, т. е. придают им форму и расположение, удобные для следующей операции;

обрабатывают оголенные концевые участки токопроводящих жил, т. е. зачищают до металлического блеска, лудят, покрывают флюсами, кварцевазелиновой пастой или токопроводящим клеем, и сплавливают многопроволочные жилы в монолит.

Отметим, что необходимость приведенных операций определяется конструкцией проводников. В полном объеме они проводятся для силовых кабелей с бумажной изоляцией, а для простейших проводников технология разделки сводится к снятию поливинилхлоридной изоляции и обработке жилы.

Разделка проводов заключается в последовательном удалении защитной, герметизирующей, изолирующей и других оболочек токопроводящих жил с целью их соединения или оконцовки. Размеры разделок зависят от диаметра жилы, способа ее соединения с другой жилой или оконцовки, типа контактного зажима аппарата или штепсельного разъема и диаметра контактного болта. В каждом конкретном случае разделки эти размеры определяются по справочникам или расчетом.

Каждая ступень разделки закрепляется бандажом. Ширина бандажа зависит от диаметра ступени и обычно составляет 3... 12 мм. В зависимости от требуемой прочности бандажи выполняются из стальной оцинкованной или медной проволоки с диаметром до 1 мм, крученого шпагата с диаметром 1 мм или суровой нитки. Непроволочные бандажи для упрочнения промазываются перхлорвиниловым составом № 1 или клеем БФ.

Содержание технологических операций разделки определяется конструкцией проводов. Основным требованием при этом является получение минимальных длины и числа ступеней разделки. Необходимость ступени обуславливается потребностью наложения бандажа, поэтому в оболочках, где бандаж не требуется, можно отдельной ступени разделки не предусматривать.

Длина разделки определяется конструктивными соображениями и по месту и принимается по той жиле, которая по условиям разводки оказывается самой протяженной.

Например, на хлопчатобумажную оплетку провода накладывают бандаж длиной 5 мм из шпагата. На расстоянии 1... 2 мм от бандажа надрезают хлопчатобумажную оплетку и удаляют ее. Второй бандаж накладывают на обмотку из прорезиненной ткани. Длина второго бандажа, выполненного тем же шпагатом, примерно вдвое короче первого. Прорезиненную обмотку удаляют, сматывая ее с конца провода и отрезав около второго бандажа.

В зависимости от числа жил провода и условий его разделки (например, от ширины разводки концов жил для соединений) определяют длину остающейся на жилах резиновой изоляции (5... 10 мм при небольшом числе жил и простой разводке, 50... 100 мм и более – при большом числе жил).

С концов жил удаляют резиновую изоляцию (например, клещами КСИ-2М).

В зависимости от принятого способа соединения (опрессовкой, сваркой и др.) определяют необходимую длину оголенных участков и лишние концы жил обрезают.

Разделка кабеля с бумажной изоляцией производится в следующем порядке. Определив размеры разделки (рис. 7.6) с помощью кабельной линейки или по специальным таблицам и сделав бандаж стальной оцинкованной вязальной проволокой диаметром 1... 1,5 мм (2–3 витка), разматывают наружный джутовый покров с конца кабеля до бандажа (рис. 7.7, а). Материал покрова не удаляют, а наматывают на неразделяемый участок кабеля для последующего использования при монтаже муфт.

На расстоянии Б (см. рис. 7.6) от первого бандажа (или В от конца кабеля при внутренней установке) на броню накладывают бандаж из стальной проволоки, при этом обхватив броню обеими руками в рукавицах, несколько ослабляют натяг лент ее подушки

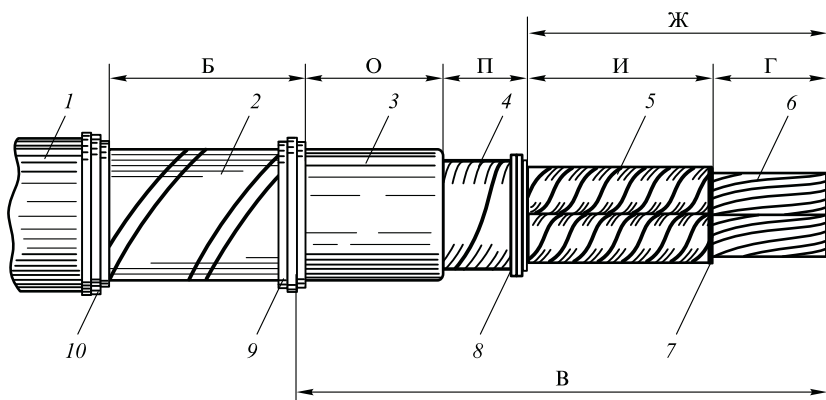


Рис. 7.6. Схема разделки кабеля:

1 – наружный покров; 2 – броня; 3 – свинцовая или алюминиевая оболочка; 4 – поясная изоляция; 5 – изоляция жил; 6 – жила кабеля; 7, 8 – бандаж из кабельной пряжи или суровых ниток; 9, 10 – проволочные бандажы

с усилием, направленным навстречу их навивке. Броню надрезают по кромке второго бандаж бронерезкой, разматывают вручную (в рукавицах) и удаляют (рис. 7.7, б, в).

Ленту подушки брони также разматывают и обрезают по кромке бандаж. При усиленных подушках, состоящих из слоя битумного состава, пластмассовых лент, поливинилхлоридного или полиэтиленового шланга, крепированной бумаги и еще одного слоя битумного состава на герметической оболочке, последовательно удаляют эти слои: смывают горячим (40... 50 °С) трансформаторным маслом наружный битумный слой; разматывают и удаляют пластмассовые ленты; надрезают продольно и снимают шланг, отрезая его по кромке бандаж; беглым огнем горелки слегка прогревают и снимают крепированную бумагу; прогревают и удаляют тряпками, смоченными в бензине, битумный слой с оболочки.

На расстояниях (от бандаж на броне) Б и $O + П + Б$ (см. рис. 7.6) последовательно выполняют два кольцевых надреза оболочки на половину ее толщины (рис. 7.7, з) специальным кабельным ножом. Затем на свинцовой оболочке от наружного кольцевого надреза к концу кабеля на расстоянии 10 мм делают два продольных параллельных надреза. Полосу, образованную этими надрезами, аккуратно вырывают, начиная от кольцевого среза оболочки, при помощи пассатижей, разгибают и снимают вручную (рис. 7.7, д, е). Поясок оболочки между двумя кольцевыми надрезами оставляют. Его ширина при напряжении до 1 кВ должна составлять 20 мм, а при напряжении 6... 10 кВ – 25 мм.

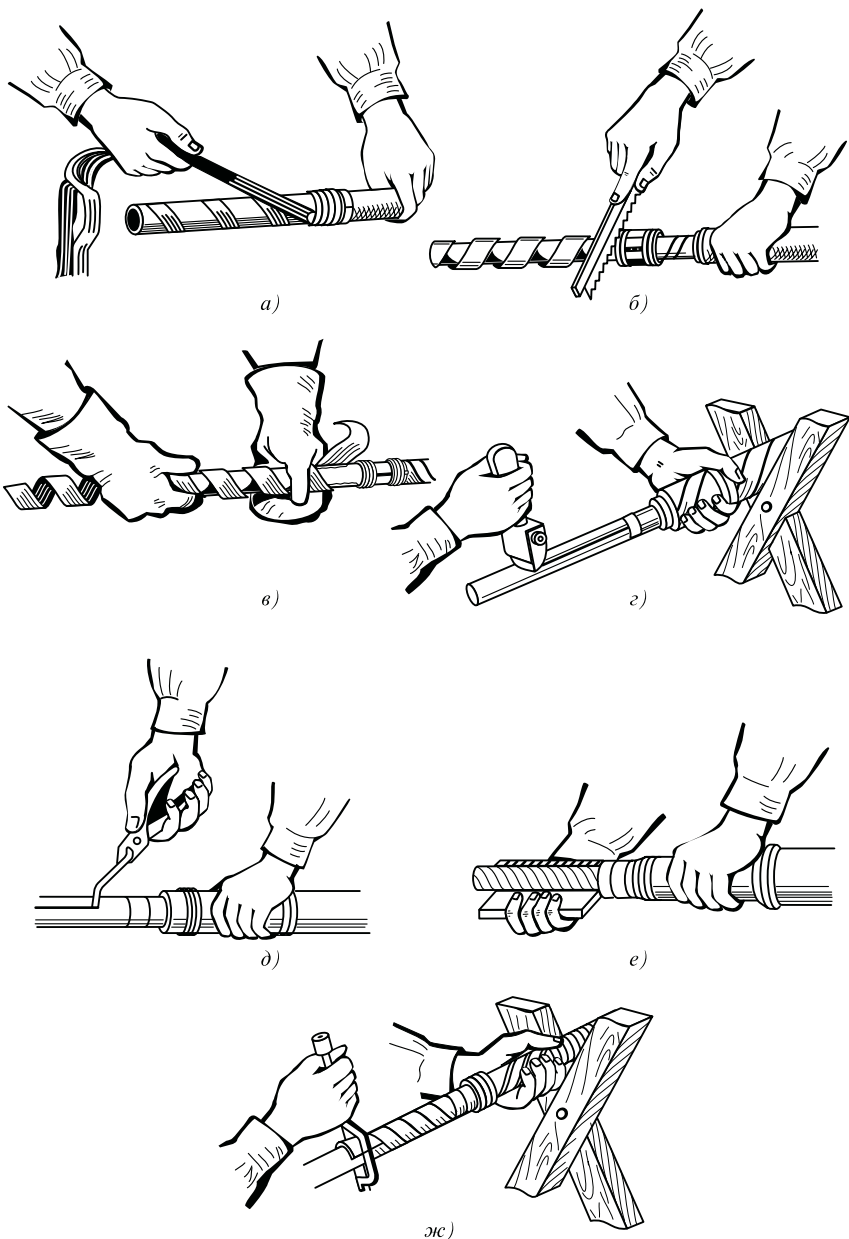


Рис. 7.7. Операции разделки кабеля с бумажной изоляцией:
а – размотка защитного покрова; *б* – надрезание брони; *в* – снятие брони; *г* – надрезание оболочки; *д* – удаление полоски; *е* – снятие оболочки; *ж* – винтовое надрезание алюминиевой оболочки

Для удаления гладкой алюминиевой оболочки режущий ролик ножа поворачивают на 45° относительно его положения при кольцевых надрезах, укрепляют нож на кабеле и производят винтовой надрез от второго кольцевого надреза до конца кабеля (рис. 7.7, ж). Сжимая оболочку с конца кабеля, надрывают ее по линии винтового надреза с помощью пассатижей.

На расстоянии Ж разматывают и обрывают по кромке бандажа δ поясной изоляции черную полупроводящую бумагу, а затем — кабельную бумагу поясной изоляции.

Кабельная бумага является основной изоляцией кабелей высокого напряжения. После намотки на кабель ее пропитывают электроизоляционным маслом. При намотке на кабельную жилу ленты из бумаги подвергаются механическому натяжению, а в процессе укладки кабеля — изгибам, поэтому кабельная бумага должна обладать достаточно высокой механической прочностью при растяжении и изгибе.

Кабельные бумаги вырабатываются из сульфатной целлюлозы преимущественно жирного помола в целях обеспечения высоких механических свойств, большой плотности и малой пористости. Пропитывающие жидкие вещества (масло или маслосиликоновый состав) разбиваются бумагой при пропитке на тонкие пленки и каналы, значительно повышая ее электрическую прочность. Электрическая прочность непропитанной кабельной бумаги составляет $6 \dots 9$ МВ/м, а пропитанной трансформаторным маслом — $70 \dots 80$ МВ/м.

Кабельные бумаги, выпускаемые для изоляции жил силовых кабелей на напряжения 35, 110 и 220 кВ, отличаются друг от друга числом слоев, толщиной, объемной массой, воздухопроницаемостью и другими характеристиками.

Разводка и изгибание жил производятся следующим образом. Перед операцией, проверив, надета ли на кабель заготовка муфты или воронки (выправленные и очищенные муфты или воронки должны надеваться на один из соединяемых кабелей в самом начале разделки и располагаться на участке, предварительно обернутом чистой тряпкой), на концы изоляции жил накладывают бандажи из ниток.

Для изгибания жил используют шаблон. Радиус любого изгиба должен быть не менее десяти диаметров соединяемых жил. Во избежание загрязнения и увлажнения изоляции изгибание и разводку жил следует выполнять в полиэтиленовых или медицинских перчатках. При разводке все жилы у корня разделки плотно сжимают одной рукой, чтобы не повредить изоляции кромкой оболочки.

На расстоянии Г от конца жил (см. рис. 7.6) или И от среза поясной изоляции накладывают бандаж из кабельной пряжи или сухой суровой нитки (2–3 витка), снимают временные бандажи с концов жил, разматывают и обрывают по струне у кромок бандажей кабельную бумагу.

Затем монтируют заземляющий проводник. Он должен быть медным, многопроволочным. Для кабелей с сечениями жил 10, 16... 24, 50... 120, 150... 240 мм² рекомендуемые сечения заземляющих проводников соответственно 6, 10, 16 и 25 мм².

Длина заземляющего провода определяется размерами соединительных муфт и видом опорных конструкций концевых муфт и заделок.

При использовании свинцовых соединительных муфт заземляющий провод крепится к проводящим оболочкам кабеля только бандажами. Броню кабеля зачищают и облуживают (обе бронеленты). Заземляющий провод закрепляют на броне бандажом из стальной проволоки и припаивают к обеим бронелентам и бандажу. Если кабель имеет проволочную броню, то бандаж и броню пропаивают кругом. Свободный конец заземляющего провода располагают вдоль неразделанного участка кабеля.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Что представляет собой кабель?
 2. Что представляет собой провод?
 3. Кабели с какой изоляцией вы знаете?
- II.
 1. От чего зависят размеры разделки проводов?
 2. Каково основное требование при разделке проводов?
 3. Какие инструменты используются при разделке?
- III.
 1. Поясните порядок разделки провода.
 2. Поясните порядок разделки кабеля.
 3. Как монтируется заземляющий проводник?

7.3. Соединение и оконцовка проводов и кабелей

Соединение и оконцовка медных и алюминиевых жил изолированных проводов производятся несколькими способами: опрессовкой, сваркой (термитной, электрической, контактным разогревом, газовой), пайкой, механическим сжимом. Наиболее широкое применение получила опрессовка как наиболее дешевая и надежная.

Соединение и оконцовку с помощью пайки в настоящее время используют редко, так как пайка хотя и обеспечивает надежность соединения, но трудоемка и требует значительного расхода цветных металлов. Сварка алюминиевых жил контактным разогревом отличается простотой, образованием надежного контакта, но требует наличия электроэнергии. Перспективной является термитная сварка, которая не требует использования громоздкого оборудования и технологически несложная. Выбор способа соединения, ответвления и оконцовки зависит от материала жил, их сечения,

расчетного напряжения и определяется наличием оборудования и материалов.

Опрессовку применяют для соединения и оконцовки как медных, так и алюминиевых жил проводов. Однако опрессовка алюминиевых жил имеет некоторые особенности, так как наличие оксидной пленки на них, а также на внутренней поверхности гильз и цилиндрической части наконечников требует тщательной очистки соединяемых элементов и специальных средств защиты от дальнейшего их окисления как в процессе создания контакта, так и во время эксплуатации.

Защитным средством контактных поверхностей служит кварцевазелиновая паста, состоящая из технического вазелина и кварцевого песка специального помола. При опрессовке твердые частицы кварца разрушают оксидную пленку, способствуя созданию надежных точечных контактов, а вазелин препятствует их окислению.

При подготовке опрессовки очищенную от остатков изоляции алюминиевую жилу покрывают кварцевазелиновой пастой, зачищают ее металлической щеткой, снимают тряпкой грязную смазку и наносят чистую. Трубчатую часть используемых наконечников и гильз также заполняют пастой.

Медные наконечники гильзы, а также жилы проводов и кабелей достаточно только зачистить до металлического блеска.

Различают три способа опрессовки: местное вдавливание, сплошное (многогранное) обжатие и комбинированное обжатие. При местном вдавливании образуемые лунки должны быть соосны опрессовываемой жиле и между собой.

При соединении и оконцовке жил проводов опрессовкой необходимо обеспечить:

- соблюдение чистоты контактных поверхностей;
- требуемое контактное давление;
- доведение обжатия до необходимых размеров;
- заданную по инструкции глубину опрессовки;
- правильный подбор матриц, пуансонов, наконечников или соединительных гильз;
- правильное расположение лунок, образуемых в местах вдавливания.

Требуемое контактное давление обеспечивается правильным выбором инструмента для опрессовки (пуансона и матрицы) в соответствии с сечением и маркой жилы, а проверка его измерением глубины вдавливания после опрессовки и сравнением полученного значения со значением, приведенным в инструкции.

Наконечники или соединительные гильзы также выбираются в соответствии с сечением и типом жилы. Правильность расположения лунок, образуемых в местах вдавливания, и расстояний

между ними определяется по специальным таблицам. Соединения и ответственные ответвления однопроволочных алюминиевых проводов с жилами сечением от 2,5 до 10 мм² производятся в гильзах серии ГАО, при этом максимальное суммарное сечение жил соединяемых проводов 32,5 мм². Опрессовка гильз осуществляется одним вдавливанием при одностороннем заполнении их жилами и двумя вдавливаниями — при двустороннем. Для соединения и оконцовки проводов сечением более 10 мм² применяются гильзы серии ГА и наконечники серий ТА и ТАМ.

Опрессовка алюминиевых жил производится двумя вдавливаниями трубчатой части наконечника и четырьмя гильзы (по два вдавливания каждой жилы, введенной в гильзу). Медные жилы опрессовывают одним вдавливанием в наконечнике и двумя вдавливаниями в соединительной гильзе. Запрещается применять наконечники, не соответствующие сечению и конструкции жил. Длина алюминиевой гильзы и цилиндрической части алюминиевого наконечника обычно больше, чем длина медных гильзы и наконечника. Двухзубым инструментом два вдавливания выполняются в один прием, а четыре — в два.

Опрессовку производят ручными клещами, а также механическими, пиротехническими и гидравлическими прессами с использованием сменных матриц и пуансонов.

Опрессовка алюминиевых жил в гильзах серии ГАО выполняется в определенной последовательности:

зачищают концы жил и внутреннюю поверхность гильзы до металлического блеска и смазывают кварцевазелиновой пастой;

надевают гильзу на концы жил;

при суммарном сечении жил меньше номинального в гильзу вводят дополнительные жилы;

производят опрессовку вдавливанием однозубого пуансона в гильзу до срабатывания фиксирующего устройства пресс-клещей или до соприкосновения основания пуансона с матрицей (при отсутствии фиксирующего устройства);

изолируют опрессованные контактные соединения полиэтиленовыми колпачками.

Оконцовку алюминиевых жил кабелей выполняют в трубчатых наконечниках. Во избежание вытекания кабельного пропиточного состава щель в лопатке наконечника герметизируют двусторонним встречным вдавливанием с образованием полукруглых канавок в плоской части наконечника.

Однопроволочные секторные алюминиевые жилы перед вводом в наконечник скругляют специальным инструментом, после чего зачищают конец жилы, смазывают его кварцевазелиновой пастой и производят соединение или оконцовку в обычном порядке.

Соединение многопроволочных алюминиевых жил опрессовкой разрешается только для кабелей с сечением не более 95 мм^2 , рассчитанных на напряжение не выше 1000 В . Соединение многопроволочных алюминиевых жил кабелей с любыми сечениями, рассчитанных на напряжение $3 \dots 10 \text{ кВ}$ и выше, а также с сечениями более 95 мм^2 на напряжение до 1000 В следует производить сваркой или пайкой.

Для опрессовки алюминиевых и медно-алюминиевых кабельных наконечников серий ТА и ТАМ, а также алюминиевых соединительных гильз серии ГА на алюминиевых жилах проводов и кабелей с сечениями от 16 до 240 мм^2 выпускается универсальный ступенчатый аппарат (рис. 7.8) в двузубом и однозубом исполнении, а для жил с сечениями $120 \dots 240 \text{ мм}^2$ приспособления УНИ-1А и УНИ-2А соответственно в однозубом и двузубом исполнениях. Однозубым приспособлением опрессовка одного контакта производится за два приема прессами РМП-7 и РГП-7, а двузубым – в один прием прессами РГП-7, РМП-7 и ПГЭП-2.

Надежность контактного соединения обеспечивается строгим соблюдением последовательности опрессовки: выбор требуемого типоразмера наконечника или гильзы в соответствии с сечением и конструкцией опрессовываемой жилы (по маркировке на матрице инструмента); зачистка жилы и внутренней части наконечника или гильзы и смазывание их

кварцевазелиновой пастой; скругление секторных жил; надевание наконечника на конец жилы либо введение концов соединяемых жил в гильзу; выполнение опрессовки с помощью пуансона и матрицы (окончание процесса определяется касанием бортика пуансона плечиков матрицы).

Остаточная толщина в месте вдавливания после опрессовки (глубина вдавливания) измеряется специальным инструментом или штангенциркулем с насадкой (рис. 7.9), при этом проверяют также качество выполненного соединения.

Оконцовка медных многопроволочных проводов с сечениями жил $1 \dots 2,5 \text{ мм}^2$ выполняется опрессовкой в кольцевых наконечниках, а соединение – обжатием гребенчатым пуансоном и матрицей из комплекта ручных пресс-клещей. Места соедине-

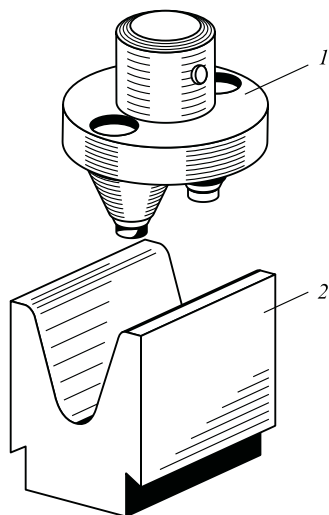


Рис. 7.8. Универсальный ступенчатый аппарат для опрессовки (УСА):

1 – пуансон; 2 – матрица

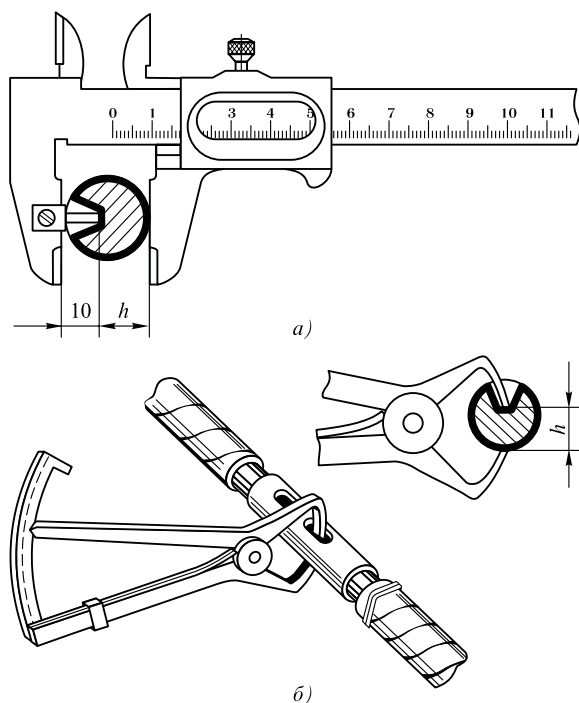


Рис. 7.9. Измерение глубины вдавливания после соединения жил опрессовкой штангенциркулем с насадкой (а) и специальным измерителем (б)

ния до опрессовки обертывают тонкой медной или латунной лентой-фольгой.

Оконцовка медных многопроволочных проводов больших сечений производится в трубчатых наконечниках способом местного вдавливания. Соединяются медные жилы в трубчатых медных соединительных гильзах так же, как и алюминиевые, но без использования кварцевазелиновой пасты и меньшим (вдвое) числом вдавливаний.

Широко применяется новый способ оконцовки и соединения жил, изолированных проводов и кабелей — *многогранное обжатие* ручным гидравлическим прессом ПГР-20 с комплектом инструмента, производящим одновременно шестигранное обжатие и местное вдавливание. Этот способ опрессовки обеспечивает надежный электрический контакт алюминиевых жил проводов и кабелей с сечениями от 16 до 240 мм².

В связи с широким использованием проводов и кабелей с однопроволочными секторными алюминиевыми жилами больших се-

чений внедряется новый способ оконцовки, отличающийся простотой и экономичностью, — *выпрессовка*. С помощью специального пресса порохового действия производят оконцовку жил с сечениями от 16 до 95 мм², меняя соответственно пуансоны и матрицы. Пресс косвенного действия, т. е. пуансон, перемещающийся под действием пороховых газов, ударяет по жиле, расположенной в матрице, и придает ее концу форму готового наконечника за один выстрел. Объемная выпрессовка наконечника из секторной монолитной жилы кабеля производится пиротехническим прессом ППО-95м.

При оконцовке однопроволочной жилы путем выпрессовки наконечника необходимо герметизировать место среза изоляции жилы, что производится так же, как и при использовании обычных наконечников.

В настоящее время отечественные заводы выпускают кабели марок АСБ и АСБГ новой конструкции — с алюминиевыми комбинированными секторными жилами с сечениями 120, 150 и 185 мм². Комбинированная жила представляет собой сплошной сектор с одним повивом проволок по его периметру.

Соединение и оконцовка таких кабелей производятся способом опрессовки двумя местными вдавливаниями без предварительного скругления концов жил и с предварительным их скруглением специальным инструментом. Последнее целесообразно при большом числе соединений и оконцовок, сосредоточенных в одном месте.

Сварка — это образование неразъемного соединения деталей их плавлением или совместной деформацией.

При соединении и оконцовке алюминиевых жил сваркой любого вида необходимо выполнять некоторые общие требования:

- предохранять от пережигания отдельные проволоки;
- защищать изоляцию от перегрева и повреждения пламенем;
- предотвращать растекание алюминия;
- защищать места соединения и оконцовки от коррозии, а алюминий от окисления.

Сварку производят только с торцов жил в вертикальном или слегка наклонном положении. Для отвода тепла применяют специальные охладители с комплектом сменных медных или бронзовых втулок, устанавливаемых на оголенные участки жил. Во избежание растекания алюминия сварка выполняется в специальных формах, при этом выходы жилы из формы уплотняют шнуровым асбестом. При газовой и термитной сварке для защиты изоляции от непосредственного действия пламени используют дисковые стальные экраны. Боковые поверхности отдельных проволок должны быть без следов подплавлений, пережогов и раковин, т. е. в монолитной части соединения их сечение не должно уменьшиться.

Для защиты алюминия от окисления в процессе сварки и удаления пленки окиси алюминия с поверхности свариваемых жил применяются флюсы марок ВАМИ и АФ-4а. Выполненные соединения и оконцовки очищают от остатков флюса и шлаков, промывают бензином, покрывают влагостойким лаком и изолируют лентой или пластмассовым колпачком.

Электросварка однопроволочных алюминиевых жил сечением до 10 мм^2 выполняется клещами с угольным электродом без флюса и с флюсом. В первом случае сплавление концов жил в монолитный стержень производится в обойме, нагреваемой угольными электродами; во втором случае расплавление концов жил (предварительно зачищенных, скругленных и покрытых флюсом) производится непосредственно угольным электродом без обоймы до образования на их торцах шарика расплавленного металла. В обоих случаях источником электроэнергии для сварки служит паяльный трансформатор мощностью $0,5 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ со вторичным напряжением 6, 9, 12 В.

Электросварку скруток одножильных проводов как алюминиевых, так и медных с алюминиевыми (с суммарным сечением до 10 мм^2) выполняют без применения флюса стационарным полуавтоматическим сварочным аппаратом ВКЗ-1, который прекращает сварку в момент оплавления проводов на заданную длину. Производительность этого аппарата 2–3 сварки в минуту.

Электросварку многожильных проводов и кабелей контактным разогревом осуществляют с помощью угольного электрода и сварочного трансформатора со вторичным напряжением 6... 12 В.

Существует три разновидности сварочных трансформаторов.

В трансформаторах с нормальным магнитным рассеянием (рис. 7.10, а) первичная ω_1 , вторичная ω_2 и реактивная ω_p обмотки размещены на основной части 1 магнитопровода. Подвижная же часть 2 магнитопровода, меняя регулируемый зазор δ , изменяет индуктивное сопротивление реактивной обмотки, включенной последовательно с нагрузкой. Чем больше зазор, тем меньше индуктивное сопротивление обмотки и больше сварочный ток I_2 . Подвижная часть магнитопровода перемещается с помощью электропривода с дистанционным управлением. Такие трансформаторы выпускаются на нормальные сварочные токи от 500 до 2000 А.

В трансформаторах с подвижными катушками (рис. 7.10, б) перемещается одна из обмоток, обычно вторичная ω_2 . При сближении первичной и вторичной обмоток магнитная связь между ними усиливается, ток нагрузки растет, и наоборот. Такие трансформаторы рассчитаны на сварочные токи от 150 до 600 А.

В трансформаторе, схема которого показана на рис. 7.10, в, поворотный магнитный шунт 3, расположенный между вторичной ω_2 и первичной ω_1 обмотками, закорачивает часть магнитного потока, создаваемого первичной обмоткой, т. е. чем меньше зазор между шунтом и основной частью 1 магнитопровода, тем меньший поток проходит через вторичную обмотку и тем меньше сварочный ток I_2 .

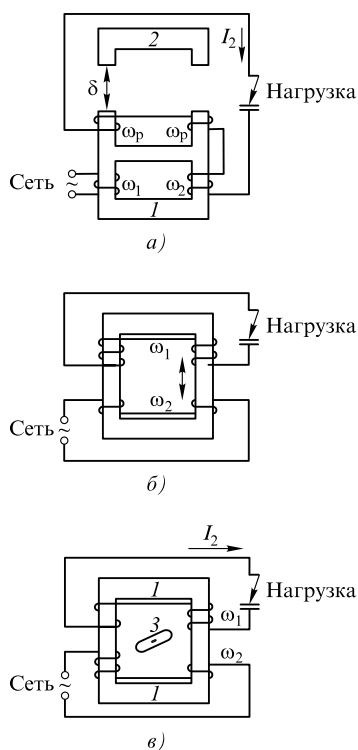


Рис. 7.10. Схемы сварочных трансформаторов:

a – с нормальным магнитным рас­сеянием; *б* – с подвижными ка­тушками; *в* – с магнитными шун­тами; 1, 2 – соответственно ос­новная и подвижная части маг­нитопровода, 3 – поворотный маг­нитный шунт

(для покрытия поверхности свариваемых жил с целью удаления окиси металла, образующейся в процессе сварки).

Кроме электросварки угольным электродом существует сварка в среде защитного газа. Например, оконцовку алюминиевых жил сечением от 16 до 240 мм² выполняют в наконечниках серии ШАС, которые приваривают к жиле полуавтоматом типа ПРМ или ручной аргоно-дуговой сваркой неплавящимся (вольфрамовым) электродом, без применения флюсов. При этом в качестве защитного газа от кислорода воздуха используется аргон первого сорта А, а для пополнения сварочной ванны металлом служит присадочная проволока из алюминиевого сплава марки СвПК5.

Соединение многопроволочных алюминиевых жил производится в два приема: сначала концы соединяемых жил сплавляются в монолитный стержень, а затем они свариваются в открытой форме. При оконцовке конец жилы вводится в гильзу наконечника и сплавляется с верхней выступающей частью гильзы в общий монолитный стержень. Электросварка контактным разогревом в основном применяется для соединений и ответвлений алюминиевых проводов малых сечений, особенно на линиях стендовой заготовки осветительных электропроводок. При оконцовке алюминиевых жил проводов и кабелей метод контактного разогрева не используется, поскольку малопроизводителен и требует применения литых алюминиевых наконечников.

Для сварки многопроволочных жил требуются: охладители со сменными втулками для жил разных сечений и проводами для подключения; открытые формочки (стальные или угольные для сварки жил встык или разъемные для сплавления жил в монолит); присадочные прутки (из алюминия или меди диаметром 3...8 мм); асбестовый шнур (или листовой асбест толщиной 2...3 мм) для уплотнения формочек; флюсы

Надежным способом соединения алюминиевых жил проводов и кабелей является газовая сварка, при которой соединение и оконцовка жил алюминиевых проводов выполняются в пламени горючих газов: ацетилена, бензинокислородной смеси или пропан-бутана. Смесь пропан-бутана отличается от других газов способностью сжижаться при небольших давлениях, а также высокой теплотворной способностью. Небольшое внутреннее давление сжиженной смеси пропан-бутана позволяют хранить и перевозить ее в малогабаритных тонкостенных баллонах.

Соединение жил алюминиевых проводов и кабелей с сечением от 16 до 240 мм² может выполняться также пропанокислородной сваркой в стальных формах с помощью многопламенной горелки, при этом горючим газом является пропан, а окислителем — кислород. В этом случае применяют флюс марки ВАМИ и присадочную сварочную проволоку марок СВАК5 или СВА5С с диаметром 2 и 4 мм в зависимости от сечения жил.

Интенсивное рассеяние тепла в окружающее пространство при газовой сварке (особенно при многопламенной пропанокислородной) вызывает необходимость ограждения зоны сварки асбестовыми экранами, устанавливаемыми вплотную к торцам форм. Охладители закрепляются на оголенных участках жил за экранами, при этом изоляцию свариваемой жилы за охладителем защищают листовым асбестом на расстоянии не менее 100 мм. На остальные жилы надевают поливинилхлоридные трубки и экранируют их листом асбестового картона.

Возможность постепенного отвода горелки при завершении сварки позволяет заполнить возникающие при кристаллизации металла усадочные раковины в соединении подплавленным к ним присадочным материалом. Вместе с тем общее время сварки должно быть минимально возможным во избежание перегрева жил и порчи изоляции проводника.

Газовая сварка так же, как и электрическая, производится в два приема: сначала сплавляют концы многопроволочных жил в моноклитный стержень, а затем сваривают между собой моноклитные жилы. При оконцовке жил наконечником расплавляют верхнюю часть его гильзы (венчик) вместе с торцом алюминиевой жилы.

Для газовой сварки выпускают наборы инструментов и приспособлений, например для пропан-воздушной — набор НСП-1, состоящий из двух баллонов, газовоздушной горелки и резинового шланга с краном. Пропан-бутановые горелки успешно применяются при выполнении соединений свинцовой оболочки кабеля с корпусом свинцовых муфт и сварке заземления оболочки кабелей. Скрутки алюминиевых проводов с сечениями до 10 мм² в коробках свариваются с помощью пропан-бутановой горелки с остро-направленным пламенем.

Пропан-бутан обладает резким неприятным запахом, вызывающим раздражение и воспаление слизистой оболочки носоглотки и глаз, а также головную боль, поэтому работающим с этим газом надо строго соблюдать правила техники безопасности: работать с пропан-бутановой горелкой только при включенной вентиляции, а в кабельных туннелях и колодцах — в присутствии наблюдающего лица.

Сжиженный пропан-бутан, попав на тело, может вызвать обмороживание, поэтому его необходимо быстро смыть водой.

Пайка и соединение сжимами. Технологический процесс образования неразъемного соединения металлических деталей нагревом и заполнением зазора между ними расплавленным припоем, образующим после кристаллизации (застывания) прочный механический спай (шов), называется пайкой. В процессе пайки происходят взаимное растворение и диффузия припоя и основного металла, чем обеспечивается после затвердевания определенная механическая прочность места соединения. В отличие от сварки при пайке основной металл соединяемых деталей не расплавляется, так как температура плавления припоя всегда ниже температуры плавления соединяемых металлов. Спаиваемые детали нагреваются паяльником, газовой горелкой, в печах, токами высокой частоты.

Для выполнения контактных соединений преимущественно используются сварка и опрессовка. Пайку же применяют в качестве основного метода лишь при выполнении ответвлений медных жил с сечениями 16... 185 мм². В остальных случаях пайка применяется лишь при невозможности сварки или опрессовки.

Пайка отличается простотой технологии, но она очень трудоемка. При соблюдении всех технологических требований припой обеспечивает высокую адгезию материалов соединяемых жил, чему способствует применение флюсов, которые в соединении с окислами образуют шлаки и препятствуют окислению, а также повышают жидкотекучесть припоев.

Пайку выполняют пропан-бутановой горелкой или бензиновой паяльной лампой с использованием следующих припоев: для алюминиевых жил — оловянистого марки А (олова — 40 %, цинка — 58,5 %, меди — 1,5 %) с температурой плавления 400... 425 °С, цинкоалюминиевого марки ЦА-15 (цинка — 85 %, алюминия — 15 %) с температурой плавления 550... 600 °С и цинкооловянистого марки ЦО-12 (олова — 12 %, цинка — 88 %) с температурой плавления 500... 550 °С, а для медных — оловянисто-свинцового марки ПОССу-35-0,5 (олова — 34... 36 %, сурьмы — 0,2... 0,5 %, остальное — свинец) с температурой плавления 245 °С или марки ПОССу-40-0,5.

В качестве флюса при пайке медных жил, а также проводников заземления к броне и свинцовой оболочке кабелей применяют

паяльную пасту (10 мас. ч. канифоли, 3 мас. ч. хлористого цинка и 1 мас. ч. воды или этилового спирта), канифоль, паяльный жир и стеарин. При оконцовке алюминиевых жил используется флюс марки ВАМИ (хлористого калия – 50...55 %, хлористого натрия – 30...35 % и криолита марки К-1 – 20...10 %), а для соединения алюминиевых жил кабелей в муфтах – флюс марки АФ-4А (хлористого калия – 50 %, хлористого натрия – 28 %, хлористого лития – 14 %, фтористого натрия – 8 %). Температура плавления обоих флюсов около 600 °С.

Припой, представляющие собой чистые металлы или сплавы и применяющиеся в качестве связующих веществ при пайке, должны иметь температуру плавления значительно ниже, чем соединяемые им металл-пластиковые части. Припой делятся на легкоплавкие и тугоплавкие. Легкоплавкие (мягкие) припой имеют температуру плавления ниже 500 °С, а тугоплавкие (твердые) выше 500 °С.

В марках припоев буква П, расположенная на первом месте, обозначает припой, стоящие за ней буквы – название элемента (О – олово, Су – сурьма, С – свинец, А – алюминий, Ср – серебро, М – медь, Кр – кремний, Ви – висмут, Зл – золото, К – кадмий), а цифры указывают процент содержания в нем массы основного металла. Например, ПОС-40: припой оловянно-свинцовый с содержанием олова 40 % (по массе).

Оловянно-свинцовые припои обладают большой текучестью и хорошо проникают в самые тонкие швы, хорошо схватываются с большинством металлов (медью, латуной, сталями, цинком) и обеспечивают достаточно высокую прочность паяных швов. Припой с содержанием олова менее 15 % применяются для пайки деталей, не требующих обеспечения большой механической прочности. Оловянно-свинцовые припои с большим содержанием висмута (50...57 %) обладают наиболее низкой температурой плавления (79...95 °С), но паяные ими швы хрупкие.

К тугоплавким припоям относятся медно-цинковые (ПМЦ-54, ПМЦ-48 и др.) и медно-серебряные сплавы (ПСр-72, ПСр-70, ПСр-50 и др.), а также сплавы алюминия с медью, цинком и кремнием. Наиболее широко применяются медно-серебряные припои. Они отличаются малым удельным электрическим сопротивлением, поэтому широко применяются для пайки токопроводящих частей из черных и цветных металлов, которые хорошо смачиваются ими, и образуют механически прочные и коррозионно-стойкие швы.

Припой на алюминиевой основе с добавками меди, кремния и олова отличаются повышенной механической прочностью и стойкостью к коррозии. Эти припои применяются для пайки алюминиевых проводов и других деталей из алюминия и его сплавов.

Медно-цинковые припои, хрупкие и не стойкие к вибрациям и ударным нагрузкам, имеют очень маленькое электрическое сопротивление и применяются для пайки деталей из меди, латуни, бронзы и сталей.

Кроме припоя для пайки необходимы флюсы. Их назначение заключается в очистке поверхностей спаиваемых металлов от оксидов и других загрязнений и предохранении их от окисления в процессе пайки.

Флюсы могут быть твердыми порошкообразными (бура, борная кислота, канифоль и др.) или жидкими (водный раствор хлористого цинка, спиртовой раствор канифоли и др.). Иногда применяются полужидкие флюсы-пасты.

При пайке меди, латуни и бронз легкоплавкими припоями на свинцовой основе применяются флюсы, не вызывающие коррозии образуемых швов. Это канифоль, раствор канифоли в этиловом спирте и другие составы на основе канифоли. Так как канифоль является слабоактивным флюсом, поверхности спаиваемых металлов должны быть тщательно зачищены перед ее нанесением.

При пайке твердыми припоями, плавящимися при температуре выше 500 °С, канифоль и другие легко расплавляющиеся при высокой температуре флюсы применять нельзя. При высокотемпературной пайке стали, меди и медных сплавов (латуни, бронзы и др.) в качестве флюсов чаще всего используют буру или смеси ее с борной кислотой и другими солями. Для пайки алюминия, легко окисляющегося на воздухе, применяют особо активные флюсы, которые могут растворять плотную пленку оксидов. Таким флюсом является состав из хлористого лития, фтористого натрия, хлористого цинка и хлористого калия. При выборе флюса необходимо иметь в виду, что температура плавления твердого флюса должна быть ниже температуры плавления припоя, а температура пайки – ниже температуры термического разложения флюса. Во избежание коррозии швов, паяных твердыми припоями, остатки флюса удаляются с помощью горячей воды и щетки.

Соединение и ответвление однопроволочных жил алюминиевых проводов с сечениями 2,5... 10 мм² выполняются двойной скруткой с желобом и пайкой, а многопроволочных жил с сечениями от 16 до 150 мм² – непосредственно оплавлением припоя в разъемной форме или поливом предварительно расплавленного припоя.

Перед пайкой концы жил облуживаются ступенчато по повидам. Стальные формочки закрепляются на жилах проводов проволокой. Место соединения прогревается и в пламя вводится пруток припоя, который, расплавляясь, заполняет форму через литниковое отверстие. После остывания формочки снимают, неровности припоя зачищают напильником и протирают чистой тряпкой, смоченной в бензине. Пайку можно выполнять и без предварительного облуживания способом полива расплавленного припоя, например пайка соединений медных жил производится в медных соединительных гильзах поливом расплавленного припоя с использованием флюса (канифоли).

Оконцовка многопроволочных алюминиевых жил выполняется непосредственным оплавлением припоя в литых наконечниках серии ЛА, а медных – в штампованных наконечниках серии П.

Соединение, ответвление и присоединение алюминиевых и медных жил проводов и кабелей могут выполняться также с помощью болтовых и винтовых сжимов.

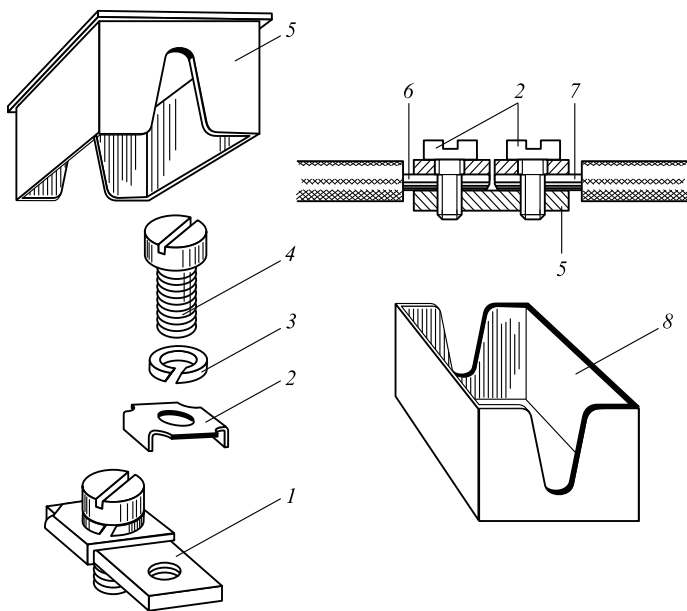


Рис. 7.11. Люстровый зажим КЛ2,5:

1 – основание зажима (планка); 2 – шайба, ограничивающая выдавливание алюминиевой жилы; 3 – пружинящая шайба; 4 – винт; 5 – крышка зажима; 6 – электропровод осветительной арматуры; 7 – электропровод сети; 8 – корпус зажима

Соединение электропроводов сети с арматурными проводами светильников осуществляется с помощью люстровых зажимов КЛ2,5 в следующем порядке (рис. 7.11):

зачищают концы проводов, смазывают их кварцевазелиновой пастой и придают вид кольца;

надевают на винт 2 пружинящую шайбу 3 и прямоугольную шайбу 4 с отбортовкой и присоединяют провода 6 и 7 к соединительной планке 5, сжимая их винтами 2;

соединение вкладывают в корпус 8 зажима и закрывают крышкой 1, не изолируя, поскольку корпус зажима и крышка выполнены из изолирующего материала.

Ответвления от магистральных алюминиевых проводов с сечениями от 4 до 150 мм² алюминиевыми и медными проводами с сечениями от 1,5 до 95 мм² выполняют с помощью специальных сжимов (рис. 7.12) в разъемных карболитовых корпусах. Ответвления от магистральной сети производят без ее разрезания в следующем порядке:

снимают изоляцию с магистрального провода и конца ответвительного провода по размеру контактной части;

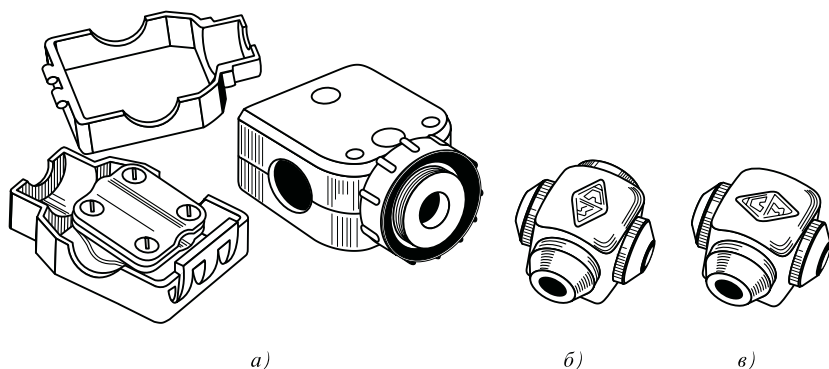


Рис. 7.12. Разветвительные сжимы в изоляционных корпусах:

а, в – тройниковые; *б* – крестообразный

зачищают до блеска оголенную часть алюминиевых жил и смазывают их кварцевазелиновой пастой;

разбирают зажим и протирают его контактные части;

надевают контактные части на зачищенный участок магистрального провода;

вводят в зажим ответвительный провод перпендикулярно магистральному;

затягивают зажим равномерно на все четыре контактных винта;

собирают корпус зажима и стягивают его пружинными или резьбовыми кольцами.

Присоединение алюминиевых однопроволочных проводов с сечениями 2,5... 10 мм² к контактным зажимам (рис. 7.13) выполняется через пружинные шайбы (шайбы-звездочки), обеспечивающие постоянное давление на присоединяемые провода и предохраняющие их от выдавливания из-под контактного зажима. Присоединение выполняют в следующем порядке:

снимают изоляцию с конца присоединяемой жилы, зачищают ее наждачной бумагой и смазывают кварцевазелиновой пастой; свертывают подготовленный конец провода в кольцо и присоединяют к контактной пластине зажима шайбой-звездочкой с помощью винта с гайкой.

Контактные зажимы имеют гальваническое покрытие.

7.4. Контроль качества контактных соединений

Объективным и прямым методом контроля качества контактного соединения является измерение его переходного сопротивления или падения напряжения на нем и сравнение полученных данных с нормативными. Наряду с этим контактное соединение

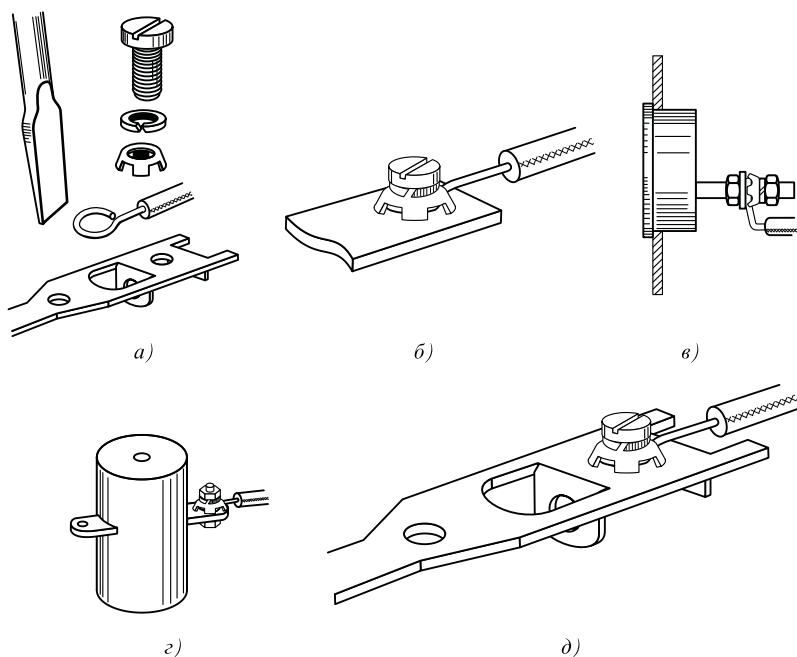


Рис. 7.13. Детали для присоединения алюминиевых проводов к зажимам (а) и выполненные подсоединения проводов к наборному зажиму (б), выводу измерительного прибора (в), выводу катушки (г) и зажиму счетчика (д)

осматривают, используя в необходимых случаях лупу, а также измеряют с помощью специальных инструментов. В особо ответственных случаях для контроля качества сварки сборных шин РУ применяют рентгенодефектоскопию, гаммадефектоскопию и другие способы.

Сварные соединения считаются непригодными, если наблюдаются пережоги проволок наружного повива, нарушения целостности металла шва при перегибах соединения или усадочные раковины глубиной более $1/3$ диаметра жилы.

Опрессованные контактные соединения бракуются при несоответствии их геометрических размеров требованиям инструкций по монтажу, наличии на поверхности соединителя трещин, механических повреждений или следов коррозии, а также если кризисна опрессованного соединителя более 3 % его длины.

При любом типе соединения главным критерием брака является превышение более чем в 1,2 раза переходного сопротивления или падения напряжения на участке контакта по сравнению со значениями тех же величин, измеренных на участке той же цепи и

такой же длины, но не имеющем соединения. Измерение производится микровольтметром или микроомметром.

Широко применяется для контроля качества опрессованных соединений измерение остаточной толщины в месте вдавливания (см. рис. 7.9) и сравнение полученных значений с нормами.

Контролю должны подвергаться 3...5% соединений сборных шин, выполненных опрессовкой, и 5...10% соединителей высоковольтных линий.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Что такое опрессовка?
 2. Дайте определение сварки.
 3. Что такое пайка?
 4. Что представляет собой соединение сжимами?
- II.
 1. Какие инструменты используются для опрессовки?
 2. Какие инструменты применяются для газовой сварки?
 3. В каких случаях используется пайка?
- III.
 1. Выполнение каких требований необходимо обеспечить при выполнении опрессовки?
 2. Каков порядок выполнения опрессовки?
 3. Какие требования необходимо выполнять при сварке?
 4. Поясните особенности газовой сварки.
 5. Каков порядок выполнения соединения сжимами?
 6. Как производят контроль качества контактных соединений?

Глава 8. МОНТАЖ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ

8.1. Классификация электропроводок

Электропроводки по способу выполнения подразделяются на открытые и скрытые. *Открытой* называется электропроводка, проложенная по поверхности стен, потолков, ферм, станин машин, а *скрытой* – электропроводка, проложенная в конструктивных элементах зданий (стенах, потолках, полах, фундаментах и т. д.). Открытая электропроводка может быть стационарной, передвижной и переносной.

Наружными являются электропроводки, проложенные по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами, а также между зданиями на опорах (не более четырех пролетов до 25 м каждый) вне улиц, дорог. Наружная электропроводка может быть открытой и скрытой, иметь различные конструктивные формы, определяющие методы ее монтажа с учетом условий окружающей среды, правил техники безопасности, пожарной безопасности и других факторов.

Открытые электропроводки выполняются на изолирующих опорах, непосредственно на строительных основаниях, лотках, тросах, а скрытые – в металлических и неметаллических трубах, под штукатуркой, в замкнутых каналах строительных конструкций зданий, замоноличенными в строительные конструкции при их изготовлении, в глухих коробах. Внутрицеховые осветительные сети напряжением до 1000 В могут иметь и открытые, и скрытые электропроводки, но предпочтительнее открытые беструбные проводки как менее трудоемкие, более экономичные и отвечающие требованиям промышленного монтажа (предварительная заготовка и комплектация узлов и деталей проводок на технологических линиях в мастерских монтажных организаций). Так как промышленные здания сооружают главным образом из сборных железобетонных конструкций, к которым крепление затруднено, чаще используются электропроводки, требующие меньшего числа креплений к строительным частям, например тросовые, в лотках и др.

Предварительная стендовая заготовка открытых электропроводок, наличие большой номенклатуры монтажных изделий и деталей, позволяющей комплектовать крупноразмерные узлы и целые линии из заранее подготовленных элементов сети, а также возможность применения ряда механизмов и приспособлений на монтаж-

ной площадке обеспечивают высокую степень индустриализации монтажа открытых беструбных электросетей цехов промышленных предприятий.

8.2. Монтаж открытых беструбных электропроводок

Открытые беструбные электропроводки для осветительных сетей выполняются проводами с резиновой и пластмассовой изоляцией и небронированными кабелями с небольшими сечениями (до 16 мм²).

Прокладка электропроводок на изоляторах. Простейшим способом выполнения открытых проводок является прокладка проводов на изолирующих опорах – роликах, клипах и изоляторах. Эта устаревшая конструктивная форма электропроводок имеет ряд недостатков: трудоемкость выполнения, недолговечность, плохое сочетание с методами индустриального монтажа.

Электропроводки на роликах в настоящее время не применяются (только в сельских районах), а изоляторы используются для линий общего освещения в цехах промышленных предприятий или для открытых магистралей в зданиях цехов, имеющих мостовые краны, обеспечивая удобство ремонта и смены ламп в светильниках, укрепленных на одной высоте с проводкой.

Для открытых электропроводок наиболее часто применяются: установочные незащищенные провода с резиновой изоляцией марок АПР, АПРВ, АПН, АППР и с пластмассовой изоляцией марок АПВ, АПП, АППВ, АЛПП; защищенные в металлической оболочке с резиновой изоляцией провода марки АПРФ; небронированные кабели марок АВРГ, АНРГ, АСРГ с резиновой изоляцией и марок АВВГ, АПВГ с пластмассовой изоляцией.

Установочные провода (приложение 3) применяются для передачи электрической энергии в силовых и осветительных сетях при неподвижной прокладке их внутри и вне помещений и могут быть с медными и алюминиевыми однопроволочными и многопроволочными (гибкими) токопроводящими жилами.

Установочные провода могут иметь изоляцию из резины или гибких пластмасс (полиэтилена, пластика поливинилхлоридного), а в некоторых случаях их основная резиновая изоляция заключается в оплетку из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом.

Вид и толщину изоляции определяют расчетные напряжения проводов: 380 и 660 В переменного тока.

Интервалы рабочих температур проводов: с резиновой изоляцией от –40 до +65 °С; с резиновой изоляцией на основе бутилкаучука от –40 до +85 °С; с пластмассовой изоляцией от –50 до +70 °С и с изоляцией из кремнийорганической резины от –60 до +180 °С (провод марки РКГМ и др.).

Толщина резиновой изоляции установочных проводов на напряжение 380 В составляет 0,6...0,8 мм, на напряжение 660 В — 1,2...1,8 мм, толщина изоляции из поливинилхлоридного пластика и полиэтилена проводов на напряжение 380 В составляет 0,6...1,6 мм, а на напряжение 660 В — 0,8...1,8 мм и зависит в обоих случаях от сечения токопроводящей жилы.

Прокладка проводов и кабелей на стальных полосах и натянутой стальной проволоке (струне). Открытая прокладка проводников непосредственно по строительным основаниям вследствие необходимости выполнения значительного числа промежуточных креплений определяет повышенный объем трудоемких пробивных и других заготовочных работ на монтажной площадке. Поэтому прокладку проводников по строительным поверхностям стали часто осуществлять не непосредственно, а на подкладных несущих стальных полосах или натянутой проволоке-струне. Электропроводки такой конструкции называются струнными. Провода марок АППВ, АППП и АППР, имеющие плоскую форму, рекомендуется прокладывать на несущих полосах. В качестве несущих применяются стальные монтажные перфорированные полосы К200; стальные ленты (шириной 16 мм, толщиной 0,8 мм); полосы (шириной 15...30 мм, толщиной 0,8...1,5 мм), нарезанные из стального листа, оцинкованные или окрашенные (изделие МЭЗ), а также лента горяче- или холоднокатаная стандартная (шириной 20...30 мм, толщиной 1,5...3 мм) оцинкованная либо окрашенная.

Крепление полос и лент производится вплотную к основанию по всей длине трассы, за исключением поворотов. Расстояние между точками крепления полосы к основанию должно составлять 0,8...1 м, а от концов 0,05...0,07 м (рис. 8.1). К кирпичным и бетонным основаниям полосы крепятся стальными дюбель-гвоздями, забиваемыми строительно-монтажными пистолетами или ручными оправками. При наличии в полосе отверстий возможно также крепление ее шурупами с распорными пластмассовыми дюбелями.

К металлическим конструкциям и закладным деталям полосы крепятся электросваркой (прихватываются в отдельных точках). Допускается вместо полос или лент применять стальную горячекатаную оцинкованную или окрашенную проволоку (катанку) диаметром 5...8 мм. Крепление концов такой проволоки к основанию выполняется с помощью концевых анкерных пластинок пристрелкой или приваркой к металлическим закладным деталям и конструкциям.

Измерив длину отдельных участков проводки подготовленной трассы, производят заготовку проводов и кабелей соответствующей длины с запасом для входа в коробки и электроустановочные изделия. Мерные отрезки кабеля прокладывают по трассе, пропускают через проходы и закрепляют бандажными полосками К404 и

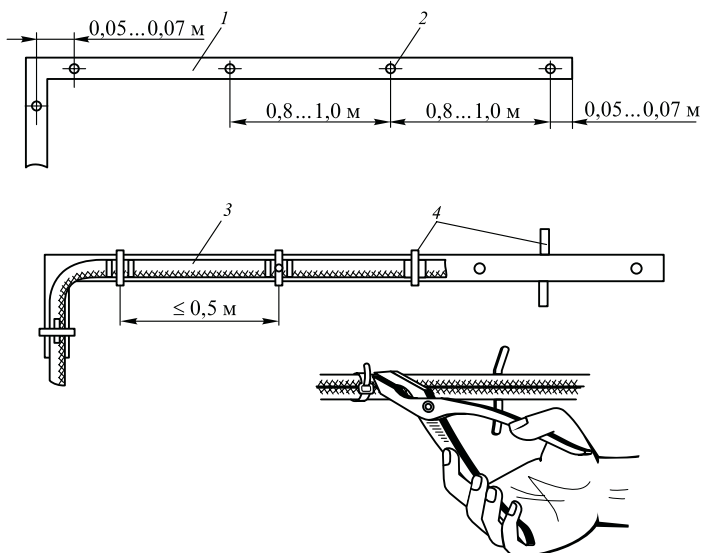


Рис. 8.1. Крепление кабелей на стальных полосах и лентах:
 1 – полоса; 2 – дюбель-гвоздь; 3 – кабель; 4 – бандажная полоска с пряжкой

К405 с пряжками К407 или плоскими полосками-пряжками К395 и вводят в соединительные коробки, устанавливаемые на первой стадии монтажа во время подготовки трассы.

Несущие стальные полосы и проволока подлежат обязательному заземлению или занулению (кроме тех, по которым прокладываются кабели с заземленной или зануленной металлической оболочкой либо броней).

С целью сокращения трудозатрат монтаж электропроводок рекомендуется вести индустриальными методами с предварительной заготовкой стальных полос и приваркой бандажных полосок в МЭЗ.

Прокладку проводов и кабелей на струнах производят по бетонным, кирпичным, керамическим и металлическим основаниям в цехах, служебных помещениях, коридорах и подвалах производственных зданий.

В качестве несущей струны применяют стальную оцинкованную проволоку диаметром 2...3 мм. Диаметр струны, расстояния между концевыми и промежуточными креплениями и другие конструктивные размеры проводок определяются сечениями прокладываемых проводов и кабелей (табл. 8.1).

В качестве концевых натяжных креплений применяют специальные струнные анкеры или натяжные муфты. Крепление струнных проводок к строительным основаниям производится стальными

Конструктивные размеры осветительных электропроводок

Сечение провода или кабеля, мм ²	Диаметр струны, мм	Максимальное расстояние между концевыми креплениями струны, м	Расстояние между промежуточными креплениями струны, м	
			с натяжным устройством	без натяжного устройства
2,5	2	—	—	1
4...6	3	40	3	1,5

Примечания: 1. В пакете на одной струне не должно быть более двух кабелей.

2. Струны линии должны быть цельными и не иметь скруток и каких-либо других соединений.

ми дюбель-гвоздями, забиваемыми с помощью строительного монтажного пистолета, дюбелями типа ДГР (кроме оштукатуренных оснований), забиваемыми с помощью ручных оправок, или пластмассовыми распорными дюбелями с шурупами.

Струны диаметром до 3 мм рекомендуется крепить без натяжных устройств, а последовательно натягивая их на промежуточные крепления, т. е. обертывая вокруг выступающей на 5 мм из строительного основания части дюбеля или шурупа. При этом расстояние между концевыми креплениями не ограничивается. При использовании натяжных устройств концевые крепления струн, выполненные в виде анкерных пластинок, прикрепляются к основанию двумя стальными дюбелями или шурупами.

Концевые крепления струн на спусках и ответвлениях следует совмещать с промежуточными креплениями магистральной струны, ответвительными коробками, а также с креплением выключателей, розеток и других аппаратов (рис. 8.2). Ответвительные коробки могут крепиться на струне и строительном основании.

Провода и кабели крепятся к струне металлическими полосками с пружинками или перфорированной монтажной лентой из поливинилхлоридного пластика с кнопками; расстояние между точками крепления 500 мм. На вертикальных участках применять металлические бандажные полоски не рекомендуется.

Поливинилхлоридный пластикат — гибкий, эластичный материал, выпускаемый в виде рулонов лент толщиной от 0,8 до 2,5 мм и шириной до 400 мм или листов толщиной от 1 до 5 мм. Широко применяется в качестве основной изоляции монтажных проводов, а также для изготовления защитных оболочек — шлангов кабелей. Из него также изготавливаются гибкие изоляционные трубки и липкая изоляционная лента.

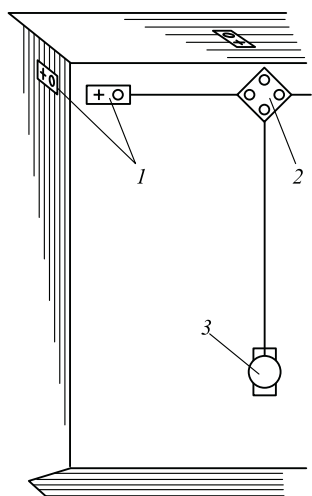


Рис. 8.2. Заготовка под струнную проводку:

1 – концевой анкер; 2 – анкер для ответвительной коробки; 3 – анкер для штепсельной розетки

Крепление подвесной осветительной арматуры может совмещаться с промежуточным или анкерным креплением струны; допускается осветительную арматуру массой до 2 кг крепить непосредственно на струне диаметром не менее 3 мм. Струнные электропроводки должны заземляться в двух точках, т. е. на концах линии; использование струн в качестве заземляющих проводников не допускается.

В целях снижения трудозатрат и повышения уровня индустриализации монтажа струнные проводки рекомендуется заготавливать на технологических линиях в МЭЗ и в укомплектованном виде поставлять на объект. Наибольшее распространение получили два способа заготовки струнных проводок: отдельными участками с закрепленными на струнах проводами и кабелями, ответвительными коробками, ответвлениями небольшой длины к светильникам, выключателям и

розеткам; раздельная заготовка струн с анкерными креплениями и узлов электропроводки с ответвительными коробками, ответвлениями с подключенными выключателями, розетками и осветительной арматурой без стекла.

Заготовленные струнные проводки доставляются на объекты в бухтах диаметром не менее 1 м.

Конструкция струнных электропроводок позволяет производить полную заготовку их элементов в МЭЗ на технологических линиях, собирать готовые узлы в плети длиной до 40 м, свертывать их в бухты или наматывать на вертлюги для доставки на монтажную площадку.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Какие бывают электропроводки?
 2. Какие применяются провода для открытых электропроводок?
 3. Что представляет собой струнная электропроводка?
 4. Из чего изготавливаются несущие стальные полосы?
- II.
 1. Где используют электропроводки на изоляторах?
 2. Какова последовательность выполнения прокладки проводов на трассе?
 3. Где производят прокладку проводов и кабелей на струнах?
- III.
 1. Как крепятся полосы и ленты к основанию?

2. Как крепятся провода и кабели к струне?
3. Объясните, почему нельзя использовать струну для ее заземления?
4. Какой инструмент используется для монтажа открытых беструбных электропроводок?

8.3. Монтаж открытых электропроводок из защищенных кабелей и трубчатых проводов

Небронированные защищенные кабели небольших сечений (до 16 мм²) с резиновой и пластмассовой изоляцией прокладывают преимущественно в цехах промышленных предприятий, в том числе во взрывоопасных зонах некоторых классов. Трубчатые провода с оболочкой из луженой стальной или алюминиевой ленты применяются для прокладки только в помещениях с нормальной средой и имеют повышенную стойкость к механическим повреждениям.

Для непосредственной прокладки по строительным основаниям применяются кабели марок АВРГ, АНРГ, АСРГ с резиновой изоляцией, марок АВВГ, АПВГ с пластмассовой изоляцией в общей оболочке и защищенные провода марок АПРФ, ПРФ и ПРФЛ.

Защищенные кабели и трубчатые провода прокладываются непосредственно по строительным основаниям. Разметку трасс и мест расположения щитков, светильников, коробок и других элементов осветительных электроустановок выполняют по нормированным размерам: расстояния между точками крепления при горизонтальной прокладке должны быть не более 500 мм, а при вертикальной 700... 1000 мм; крепление производят на расстоянии 10... 15 мм от изгиба трассы и 50... 100 мм от ввода в коробки, а также у приборов, проходов и др. Высота прокладки трассы от уровня пола до площадки обслуживания не нормируется. Радиусы изгибов небронированных кабелей сечением до 16 мм² и трубчатых проводов должны быть не менее шести их наружных диаметров.

Для одиночных кабелей и проводов, прокладываемых по горизонтальной трассе, разметку выполняют скобками с одной лапкой, размещаемой ниже провода или кабеля; по вертикальной на стене — скобками с двумя лапками (допускается и с одной); на потолках, углах и в конце трассы (у вводов) — также скобками с двумя лапками. Скобки устанавливаются и на прямолинейных участках трассы, и на поворотах перпендикулярно осевой линии провода, отдельного кабеля или пучка.

Пересечения защищенных кабелей и проводов между собой и с другими проводами выполняются в оштукатуренных открытых бороздах и изоляционных трубках, надеваемых на один из них. При проходах через междуэтажные перекрытия должна предусматриваться защита кабеля от механических повреждений до высоты 1,5 м от

уровня пола; в электротехнических помещениях такая защита не обязательна, так как в них нет доступа посторонним людям.

Одновременно с подготовкой трасс для прокладки проводов и кабелей на объекте в мастерских заготавливаются проводки: провода правятся, разделяются на отрезки, с их концов снимается изоляция, производятся изгибание жил, образование на их концах колец, ввод концов проводов в соединительные коробки, соединение, оконцовка жил проводов и изолирование мест соединений, а также проверка схемы и пометка нулевой жилы.

Перед вводом в осветительную коробку разделяют концы кабеля, подготавливая их для соединения, ответвления внутри коробок и присоединения к электроприемникам.

Заготовленные провода и кабели прокладывают по подготовленным трассам.

Крепление электропроводок из небронированных кабелей с малыми сечениями и трубчатых проводов к строительным основаниям производится следующими способами (рис. 8.3):

- металлическими скобами непосредственно к основанию;
- на несущей стальной полосе металлическими полосками с пряжками, приваренными точечной сваркой, или лентой с кнопками;
- на струнах бандажными металлическими полосками или поливинилхлоридной лентой с кнопками;

бандажными полосками к специальным держателям, приклеенным к основанию;

пластмассовыми скобками.

Новым крепежным изделием является полиэтиленовый закреп, который состоит из основания с двумя ушками для закладывания бандажных лент или зубчатых полосок-пряжек. Закреп устанавливают на основаниях с помощью распорных дюбелей или дюбелей-гвоздей, забиваемых с помощью оправки (рис. 8.4).

Кроме того, небронированные кабели для осветительных электропроводок могут быть проложены на лотках, натянутом тросе и в коробах.

Металлические скобы для крепления к основанию с одной или двумя лапками изготавливаются штамповкой с ребром жесткости. При креплении к основанию распорными дюбелями с шурупами (винтами) скобы с двумя лапками навешивают на один из шурупов, а при горизонтальных трассах — на нижние шурупы. Скобы могут также закрепляться дюбель-гвоздями забивкой их вручную.

При использовании для прокладки кабелей пластмассовых (из полиэтилена или капрона) пружинящих скобок, кабель закладывают отогнув скобку, предварительно прикрепленную дюбелем к основанию. Скобка прижимает кабель к основанию благодаря своим пружинящим свойствам.

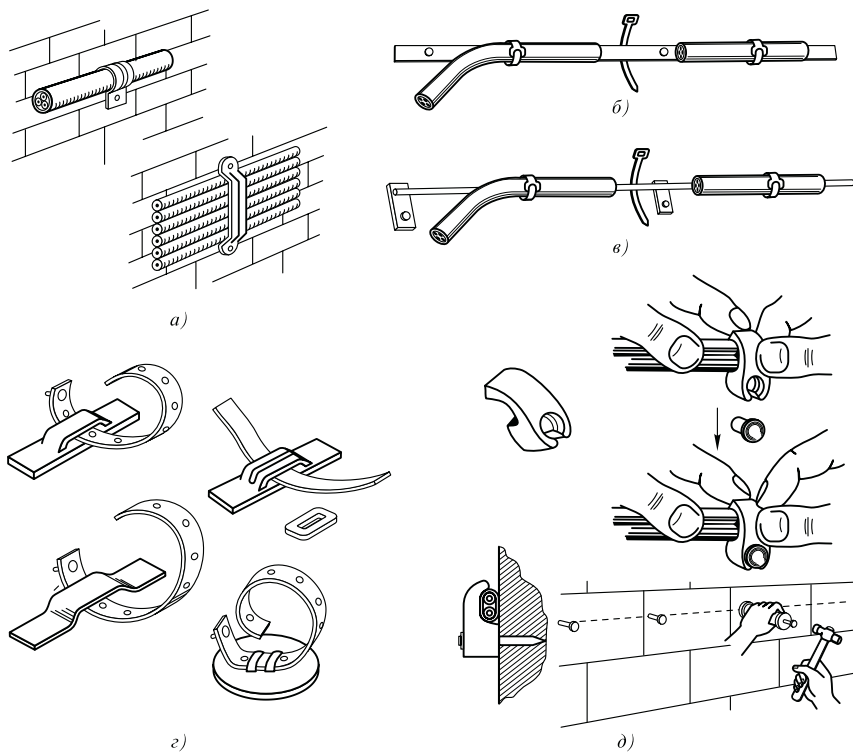


Рис. 8.3. Способы крепления небронированных кабелей и проводов:
а – металлическими скобами; *б* – на несущей полосе лентой с кнопкой или металлической полоской с пряжкой; *в* – на струнах лентой с кнопкой или металлической полоской с пряжкой; *г* – приклеиванием держателя бандажных полосок; *д* – пластмассовыми пружинящими скобками

Выполнение трех креплений кабеля непосредственно на одном метре основания требует значительных усилий. Поэтому преимущественное распространение получили другие способы крепления.

Широко применяется крепление кабеля на стальных полосах или проволоке, прикрепленных вплотную к основанию. В качестве несущей полосы используют монтажные перфорированные полосы или ленты шириной 16 мм и толщиной 0,8 мм, отрезки полос из отходов стального листа или ленту шириной 20...30 мм и толщиной 0,8...1,5 мм. Ленты и полосы прокладывают по трассе сплошной линией или с разрывами и прикрепляют к основанию дюбель-гвоздями с помощью строительно-монтажного пистолета, пиротехнической или ручной оправки, а также винтами на распорных дюбелях.

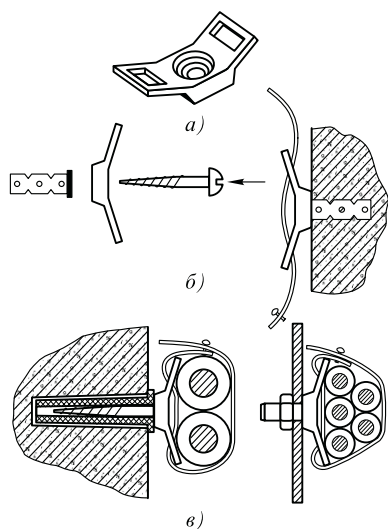


Рис. 8.4. Полиэтиленовый закреп для бандажных полосок:

a – общий вид; *б* – установка крепе-
па; *в* – крепление проводов

Допустимые расстояния между точками крепления полосы – 0,8... 1 м, от ее концов до крайних точек крепления 50... 70 мм, а разрывы между концами соседних полос до 300 мм.

Крепление на несущей проволоке производится следующим образом: к стальной проволоке диаметром 6... 8 мм приваривают пластинки размером 20 × 100 мм, которые затем прикрепляются к основанию дюбель-гвоздями или шурупами на распорных дюбелях. В пластинках при заготовке должны быть просверлены отверстия под шурупы.

Кабели и провода прикрепляются к образованной полосами или проволокой трассе с помощью бандажных лент и полосок с пряжками.

Крепление кабелей бандажными полосками производится специальным приспособлением – ножом-клещами, с помощью которого они загибаются вокруг кабеля и закрепляются пряжками.

Под металлические полоски и скобы при креплении кабелей марки СРГ (АСРГ) подкладывают эластичные прокладки, которые должны выступать из-под них не менее чем на 1,5 мм с каждой стороны. Крепление кабелей с пластмассовой оболочкой выполняется без прокладок.

Приклеивание к основанию выполняется на специальных держателях – винилпластовых или стальных дисках диаметром 25... 50 мм с двумя щелями для пропускания металлической или перфорированной поливинилхлоридной ленты, которой закрепляются провода или кабели. Опорная поверхность держателей рифленая.

Применяется, хотя и редко, крепление на вмазанных полосках. В бетоне пробивают гнезда диаметром 10... 12 мм и глубиной 16... 20 мм, в которые на цементном или алебастровом растворе вмазывают «усы» из сложенной вдвое полоски. Длина полоски определяется числом прокладываемых проводов. После окончания малярных работ, разогнув полоски, укладывают провода или кабели и закрепляют полоски пряжками.

Прокладка небронированных кабелей по перекрытиям с ребристыми плитами выполняется на натянутой струне с креплением

ем монтажными полосками или перфорированными пластмассовыми лентами с кнопками. В щели между ребрами плит перекрытия вбивают стальные клинья с ушками, между ними натягивают проволоку и закрепляют с помощью крючка для подвески тросовых проводов.

Небронированные кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией лучше прокладывать при плюсовой температуре окружающего воздуха, а в холодное время только после предварительного прогрева. Предварительный прогрев не обязателен, если температура воздуха до начала монтажа (размотки, переноски, прокладки) проводов и кабелей с резиновой изоляцией или резиновой изоляцией в пластмассовой оболочке в течение двух часов не опускалась ниже -15°C , а для кабелей марки СРГ (АСРГ) – ниже -20°C .

Прокладка трубчатых проводов имеет некоторые особенности из-за жесткости внешней металлической оболочки. Выпрямляются эти провода верстачными или ручными выпрямителями, изгибаются – специальными клещами. При пропуске трубчатого провода через роликовый выпрямитель шов оболочки должен быть расположен сбоку по прямой линии на всей его длине. При прокладке провода шов должен быть обращен в сторону опорной поверхности, а при горизонтальной прокладке по стене – вниз во избежание затекания влаги.

Заготовка небронированных кабелей малых сечений для осветительных сетей непосредственно на месте монтажа производится в следующем порядке. Замеряют по подготовленной трассе длину отдельных участков проводки и выпрямляют при раскатке кабель. Отмеряют и нарезают отрезки кабеля соответствующей длины с запасом для ввода в коробки и электроустановочные изделия. Прокладывают мерные отрезки кабеля по трассе, пропуская через проходы и закрепляя скобками или полосками с пряжками, и вводят в соединительные коробки. При необходимости под скобки и металлические плоские полоски подкладывают мягкие прокладки. Изгибают кабель вручную.

Разделка концов кабеля выполняется при заготовке мерных отрезков. Входы кабелей в коробки уплотняются имеющимися в их патрубках сальниками.

Жилы кабелей соединяют в коробках сваркой, опрессовкой, пайкой или винтовыми зажимами, места соединений изолируют и закрывают коробку крышкой с уплотняющим резиновым кольцом. В заключение монтажа окончательно закрепляют кабели, затягивая шурупы скобок и пряжки бандажных полосок, и производят рихтовку с помощью деревянной киянки или бруска.

Металлические оболочки трубчатых проводов марки АПРФ и свинцовую оболочку кабелей марки АСРГ заземляют многопроводным медным луженым проводом с сечением $1,5 \dots 2,5 \text{ мм}^2$ или

стальными хомутиками. Заземление металлических оболочек выполняется у групповых, питающих и распределительных щитков (пунктов); заземляющий проводник и стальные хомутики должны быть припаяны к заземляемому оболочкам и плотно прилегать к ним. При этом металлические оболочки вводимых в коробки кабелей и проводов соединяются снаружи коробки гибким медным проводником с сечением $1,5 \dots 2,5 \text{ мм}^2$, припаяваемым к ним на расстоянии $25 \dots 30 \text{ мм}$ от коробки. Присоединение заземляющего проводника к металлическому корпусу щитка осуществляется с помощью винта с зачисткой до блеска мест соединения или пайкой. Заземляющий проводник, присоединяемый винтом, должен иметь кольцевой наконечник. Заземление оболочек пакета кабелей или нескольких защищенных кабелей и проводов выполняется одним заземляющим проводником, который, пересекая пакет под прямым углом, спаивается с каждой оболочкой. Оболочки проводов или кабелей, вводимых в пластмассовые коробки, соединяются снаружи медной перемычкой (пайкой).

Запрещается использовать в качестве заземляющих проводников металлические оболочки трубчатых проводов марки АПРФ и кабелей марки АСРГ в групповой распределительной электрической сети.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Какие защищенные кабели используются при монтаже открытых электропроводок?
 2. Какие инструменты используются при монтаже открытой электропроводки?
 3. Какие изделия используются для крепежных работ?
- II.
 1. Где применяются небронированные защищенные кабели небольших сечений?
 2. Что используется в качестве несущей полосы?
 3. Какие вы знаете способы крепления электропроводок небронированных кабелей?
 4. Каковы особенности прокладки трубчатых проводов?
- III.
 1. Как крепятся трубчатые провода?
 2. Какие допускаются расстояния между точками крепления несущей полосы?
 3. Как производится крепление к несущей проволоке?
 4. Как производится заземление металлической оболочки кабелей?

8.4. Монтаж тросовых электропроводок

В помещениях промышленных предприятий с большими оконными проемами, имеющих продольные и поперечные фермы, а также в цехах, насыщенных всякого рода технологическими коммуникациями, в которых крепление электропроводок непосред-

ственно к стенам, потолкам и другим строительным элементам зданий затруднительно или невозможно, целесообразно применять тросовые электропроводки.

Тросовыми называют открытые электропроводки, выполненные изолированными и защищенными проводами и кабелями, подвешенными к стальному тросу, или специальными проводами, которые имеют между тремя или четырьмя свитыми жилами собственный несущий оцинкованный трос.

Концы несущего троса надежно прикрепляются к строительным элементам зданий и сооружений.

Тросовые электропроводки выполняются специальными установочными проводами с резиновой изоляцией марки АРТ или проводами марок АВТ и АВТС с пластмассовой изоляцией и встроенным в провод стальным несущим тросом.

Отечественной кабельной промышленностью выпускаются установочные алюминиевые провода с несущим тросом в двухжильном исполнении марок АРТ, АВТ и АВТС с сечениями 2,5 и 4 мм²; в трехжильном исполнении марок АРТ с сечениями 4 и 6 мм² и АВТ, АВТС с сечениями 4 мм²; в четырехжильном исполнении марок АРТ с сечениями 4...35 мм² и АВТ, АВТС с сечениями 4...16 мм².

Провода марки АРТ предназначены для устройства магистральных и групповых линий в осветительных и силовых сетях внутри помещений и в наружных установках напряжением до 660 В. Провода марки АВТ применяются для наружной прокладки при устройстве вводов в жилые дома и хозяйственные постройки, а марки АВТС – для прокладки внутри помещений (в том числе животноводческих) в сетях с напряжением 380 В.

Кроме специальных применяются также изолированные провода марок АПР, АПРВ, АПВ любых сечений и небронированные кабели марок АВРГ, АНРГ, АСРГ, АВВГ и АПВГ с сечениями до 16 мм², которые подвешиваются вместе с изоляционными и поддерживающими конструкциями на отдельных продольных и поперечных стальных тросах. При необходимости на тросах подвешиваются целые кабельные линии.

Тросовые электропроводки рекомендуется применять для устройства групповых силовых и осветительных сетей с напряжением до 380 В. Особенно целесообразно применять их в сетях освещения закрытых и открытых складов, эстакад, галерей, спортивных площадок и стоянок автотранспорта. Широко применяются тросовые электропроводки при монтаже электрических сетей в сельских производственных помещениях.

В помещениях промышленных предприятий тросовые электропроводки выполняются в цехах без передвижных мостовых кранов. В цехах с мостовыми кранами они применяются только для сооружения сетей общего освещения, при этом электропроводку раз-

мещают в свободном пространстве между нижним поясом ферм перекрытия и мостом крана.

В четырехпроводных системах трехфазного тока с глухозаземленной нейтралью внутри производственных помещений с нормальной средой несущий трос разрешается использовать в качестве нулевого провода, если его проводимость составляет не менее 50 % проводимости фазных проводов. Во всех других случаях прокладывают отдельный нулевой провод или кабель.

Тросовые электропроводки являются наиболее индустриальными и дешевыми, так как до 90 % объема их монтажа может выполняться в мастерских. При изготовлении тросовых электропроводок на технологических линиях значительно (до 30 %) снижаются трудовые затраты, повышается качество работ и сокращаются общие сроки монтажа, особенно в случае применения специальных установочных проводов с встроенным тросом.

Простота устройства, использование небольшого числа крепежных деталей и возможность подвешивания на любой высоте значительно облегчают монтаж, демонтаж, а при необходимости и перенос тросовых проводок на новое место, обеспечивая их широкое применение.

Тросовая линия электропроводки представляет собой стальной несущий трос, к которому подвешены изолированные незащищенные или защищенные провода или кабели. Способы крепления проводки к тросу универсальны: использование специальных тросовых подвесок, крепление непосредственно к тросу (струнная подвеска) и на подвесных и опорных конструкциях с изоляторами, а также на рейках, коробах, лотках, трубах и других конструкциях, подвешенных к тросу, или на несущем тросе, вмонтированном в провод.

Кроме несущего троса, проводов и кабелей в состав линии тросовой электропроводки входят анкерные, натяжные и поддерживающие устройства, детали крепления провода или кабеля к несущему тросу и ответвительные коробки с деталями их крепления к тросу. Для комплектации линий электропроводок применяются следующие заводские изделия и детали, необходимые как для заготовки линий, так и для их монтажа: натяжные муфты для стальных тросов (или проволоки разных диаметров) с ходом винта 50; 100 и 300 мм; анкеры для концевое крепление стальных тросов (или проволоки) к строительным элементам зданий; зажимы для соединения подвесов, растяжек и оттяжек с несущим тросом (в том числе зажимы, скрепляющие петли на конце стального троса); серьги для крепления тросов к стальным фермам; тросовые коробки, ответвительные зажимы в пластмассовом корпусе и др. В качестве несущего применяют стальной трос диаметром от 3 до 6,5 мм или стальную горячекатанную проволоку (катанку), оцин-

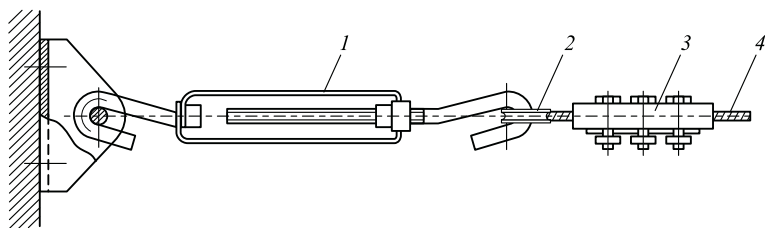


Рис. 8.5. Тросовый натяжной анкер:

1 – натяжная муфта; 2 – коуш; 3 – тросовый болтовой зажим; 4 – трос

кованную, покрытую полимером или окрашенную, диаметром от 5 до 8 мм.

Тросовые натяжные анкеры (рис. 8.5), служащие для концевое крепление несущего троса, регулировки его натяжения и провеса, крепятся к строительным элементам здания на распорных дюбелях.

Поддерживающие устройства представляют собой промежуточные струнные подвески и продольные и поперечные оттяжки, прикрепляемые к нижним поясам ферм, колоннам, перекрытиям. Промежуточные крепления устанавливаются при больших пролетах и массе монтируемой проводки через каждые 18...24 м, уменьшая стрелу провеса и придавая линии значительную устойчивость и механическую прочность. Для подвесок и оттяжек применяется оцинкованная проволока диаметром от 2 до 5 мм.

Промежуточные крепления троса могут дополнительно выполняться непосредственно к балкам, фермам, колоннам и перекрытиям с помощью отдельных деталей (шпилек, серег и дюбелей, закрепляемых в щелях между углами ферм или плит перекрытия) или обхватных конструкций.

Для удержания троса на промежуточных участках используются трехболтовые зажимы, с помощью которых концы, подвесок и растяжек оконцовывают петлями с использованием гильз и обойм. В отдельных случаях, например при большом расстоянии от линии подвески троса до ферм перекрытия, применяется второй разгрузочный трос, который натягивается выше несущего и к которому присоединяются струны промежуточного крепления. Вертикальные струны закрепляются в местах установки ответвительных коробок, штепсельных разъемов, светильников с помощью трехболтовых зажимов.

Основной объем монтажа тросовых электропроводок выполняется в МЭЗ. В зависимости от условий прокладки линий, их крепления и расположения светильников применяются три варианта предварительной заготовки тросовых проводок:

на всю проектную длину линии с концевыми петлями, натяжными устройствами, ответвительными коробками и подключенной осветительной арматурой (без стекла);

то же, но без подключенной осветительной арматуры;

отдельными секциями по длине пролетов (с учетом соединений в ответвительных коробках) с установленными ответвительными коробками и подключенной осветительной арматурой (без стекла).

Для доставки на объект концевые и промежуточные крепления комплектуются в контейнеры, а заготовленные комплекты тросовые линии сворачиваются в бухты диаметром 1...2 м или наматываются на специальные инвентарные кассеты или барабаны (рис. 8.6).

Установка анкерных и натяжных конструкций, вертикальных подвесок, поперечных и продольных оттяжек, прокладка трасс для питающих магистралей относятся к первой стадии монтажа и выполняются при определенной готовности элементов здания, к которым подвешиваются и крепятся электропроводки. Расстояния между промежуточными подвесками, ответвительными коробками и светильниками, а также диаметр троса, подвесок и оттяжек зависят от приходящейся на них нагрузки и определяются проектом.

Металлические части всех элементов тросовой проводки без окраски или гальванических покрытий, а также оголенные участки троса и анкерные устройства в местах их соприкосновения должны смазываться техническим вазелином. Металлические скобки и плоские полоски для крепления проводов и кабелей должны иметь защитное покрытие от коррозии и мягкие прокладки из пергамина

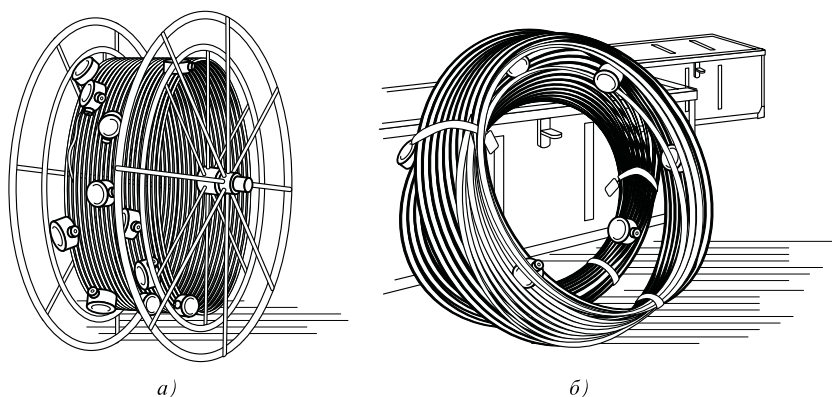


Рис. 8.6. Заготовленные тросовые линии:

а — на инвентарных кассетах; *б* — в бухтах

или рубероида, выступающие из-под них на 1,5...2 мм с обеих сторон.

Заготовка узлов тросовых проводок производится по замерам, выполненным на месте монтажа, или рабочим чертежам без предварительных замеров по месту. В первом случае электромонтажник-замерщик составляет эскизы линий тросовой проводки, на которых фиксирует точные размеры между торцовыми креплениями к стенам или колоннам, промежуточные подвески, места установки ответвительных коробок и светильников. Во втором случае составляют эскиз-заказ по рабочему чертежу. Длина троса определяется по размерам помещения, указанным на чертеже, с соответствующей разбивкой мест установки светильников. В типовом эскизе указываются также вид анкерного крепления, марки проводов, типы светильников.

Заготовка, обработка проводов и их крепление к тросу выполняются на технологических линиях. Незащищенные изолированные провода укрепляются на тросе пластмассовыми клицами, рассчитанными на два и четыре провода при промежуточном креплении и подвеске светильника до 5 кг. Ответвление от проводов выполняют в зажимах с пластмассовым корпусом. Расстояние между клицами обычно 1,5 м. Допускается непосредственное крепление изолированных проводов к тросу (в сухих и влажных помещениях) поливинилхлоридной перфорированной лентой с кнопками или пряжками через каждые 0,5 м.

Защищенные провода и кабели прикрепляются к тросу клицами, стальными полосками с пряжками и пластмассовыми полосками с кнопками (рис. 8.7).

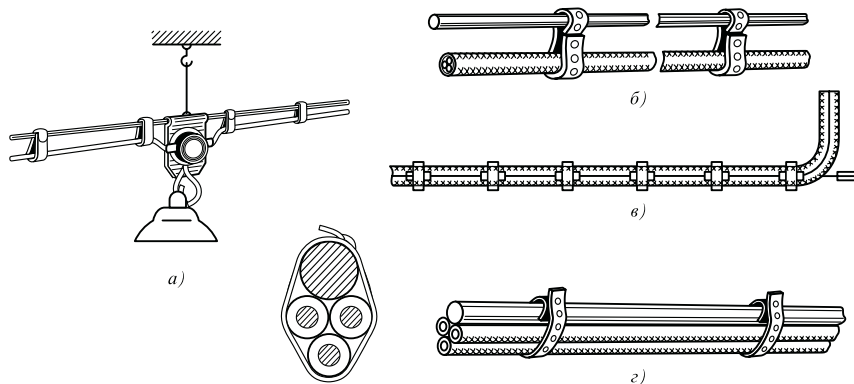


Рис. 8.7. Крепление проводов и кабелей к тросу:

a – клицами; *б, в* – стальными полосками с пряжками; *г* – пластмассовыми полосками с кнопками

Ответвления к светильникам и силовым электроприемникам при монтаже тросовых проводок выполняются в специальных ответвительных коробках, корпуса которых состоят из двух разъемных частей, что позволяет не протягивать через них провод. Внутри такой коробки располагается анкерное устройство, выполненное в виде седла, при введении в которое несущего троса образуется полупетля токопроводящих жил необходимого размера для разделки жил и присоединения ответвлений. При укладке троса в анкерное устройство ответвительной коробки для обеспечения надежного защитного заземления коробки и троса с него удаляют изолирующую резиновую оболочку. Оголенный участок троса и анкерное устройство зачищают и смазывают техническим вазелином. Присоединение концов проводов от электроприемников и светильников выполняется внутри ответвительной коробки с помощью сжимов, металлические вкладыши которых затем закрываются пластмассовыми корпусами.

Дополнительное крепление тросовой проводки к потолку здания осуществляется за петлю ответвительной коробки при помощи проволочной подвески. Светильники и ответвления к силовым электроприемникам крепятся за нижние петли анкерных устройств ответвительных коробок.

Жилы проводов и кабелей соединяются в ответвительных коробках сваркой, опрессовкой или с помощью сжимов. Места вводов в коробки открыто проложенных защищенных проводов и кабелей уплотняются специальными устройствами с резиновыми сальниками. Коробки закрепляются винтами на отрезках перфорированной полосы или ленты. Применяются также конструкции из монтажной полосы, с помощью которых вместе с ответвительной коробкой к тросу крепится светильник любого типа. Коробки могут устанавливаться также на стальных пластинах с выштампованными крючками (язычками), которые надеваются на проволоку и загибаются клещами вниз. Коробки к пластине можно прикреплять винтами, скобами или шпильками.

Разновидностью тросовых проводок являются струнные проводки, при которых защищенный провод или кабель крепятся непосредственно к струне (катанке, телеграфной проволоке).

Применяются различные способы крепления ответвительных коробок к несущим конструкциям: полосками непосредственно к тросу или струне путем обхвата; на металлической пластине, закрепленной на струне или тросе; непосредственно на строительном основании (потолке, колонне) при небольшой высоте сооружения (рис. 8.8).

Концевые крепления струнных проводок выполняются глухими или с помощью натяжного устройства с одного конца, промежуточные – через 10... 15 м с использованием крепежных деталей,

предназначенных для установки коробок и светильников. Промежуточные крепления выполняют скользящими для обеспечения постоянного натяжения струны по всей длине. Струнные проводки экономичней тросовых, поскольку требуют меньше металла (диаметр струны 2...4 мм, а троса 6...8 мм), крепежных деталей для промежуточных креплений и затрат труда.

На второй стадии монтажа готовые узлы тросовой проводки монтируются на ранее установленных натяжных устройствах и подвесках в помещениях, где закончилось строительство. Монтаж включает в себя следующие операции:

разматывание тросовой электропроводки на полу;

временная подвеска тросовой линии для выпрямления проводов, подвески и подключения светильников (если они не были смонтированы в мастерских);

подъем электропроводки на проектное место, закрепление одного конца троса анкером, соединение троса с промежуточными подвесками и оттяжками, предварительное натяжение троса и закрепление его второго конца анкером;

окончательное натяжение несущего троса и регулировка стрелы провеса с помощью анкерных болтов и натяжных муфт;

заземление несущего троса и всех металлических деталей линии; подключение линии тросовой электропроводки к питающей магистральной линии;

испытание электропроводки и проверка светового эффекта.

Светильники в зависимости от типа, массы, условий транспортировки, отдаленности объекта и других условий монтируются либо в МЭЗ (без стекла), либо непосредственно при монтаже. В последнем случае в мастерской светильники только комплектуют и подготавливают места их крепления. Светильники, подвешиваемые к тросу, должны располагаться на одной горизонтали, что достигается регулированием подвесок.

Временно несущий трос подвешивается на высоте 1,2...1,6 м от пола на временных анкерах, закрепленных на противополож-

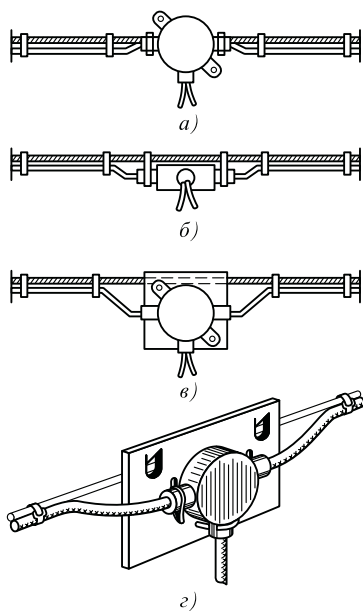


Рис. 8.8. Крепление ответвительных коробок полосками непосредственно на тросе или струне (а, б) и на подвесной пластине (в, з)

ных стенах помещения. Для удобства выполнения работ и уменьшения провисания под него устанавливают трехногие подставки. Натянув несущий трос при помощи полиспаста или лебедки до положения, при котором стрела провеса больше предусмотренной для этой электропроводки, производят сборку узлов ответвлений и светильников.

Подъем на проектное место протяженных (более 15 м) и тяжеловесных тросовых электропроводок рекомендуется производить с помощью простых подъемных приспособлений (блоков, лебедок и др.). При этом один конец несущего троса с петлей надевают на анкерный крюк, закрепленный в стене. Второй конец несущего троса присоединяют к полиспасту клиновым зажимом или кулачковым захватом, располагаемым на некотором расстоянии от концевой петли, а полиспаст подвешивают на другой анкерный крюк, установленный на противоположной стене помещения. При этом конец троса со смонтированной на нем натяжной муфтой оказывается в свободном подвешенном состоянии.

Подвешенную между анкерами тросовую проводку натягивают полиспастом до положения, близкого к окончательному. Контроль натяжения осуществляют по стреле провеса несущего троса. Для пролета в 6 м она должна быть 100... 150 мм, а для пролета в 12 м — 200... 250 мм. По СНиП стрела провеса троса в пролетах между креплениями должна составлять от 1/40 до 1/60 длины пролета.

По окончании натяжения свободный подвешенный конец несущего троса с натяжной муфтой надевают на анкерный крюк, а полиспаст ослабляют, отсоединяют его от троса и снимают с крючка.

Промежуточные крепления троса выполняются на струнах из стальной оцинкованной проволоки диаметром 1,5... 2 мм. Подвески крепятся к тросу или в местах установки ответвительных коробок и светильников.

Окончательная регулировка подвески тросовых электропроводок осуществляется с помощью натяжной муфты.

Несущие тросы заземляются в двух точках на концах линии. На линиях с нулевым проводом несущий трос присоединяется к нему гибкой медной перемычкой сечением 2,5 мм², а на линиях с изолированной нейтралью — к шине, соединенной с контуром заземления. Не допускается использование несущего троса в качестве заземляющего проводника.

Допускается заземление несущего троса приваркой свободного конца петли или гибкой стальной перемычки ПГС-35 длиной 600 мм к сети заземления помещения (рис. 8.9).

При небольшом объеме работ тросовая проводка может быть изготовлена непосредственно в цехе, где она должна монтироваться. Для этого предварительно обработанную и окрашенную горяче-

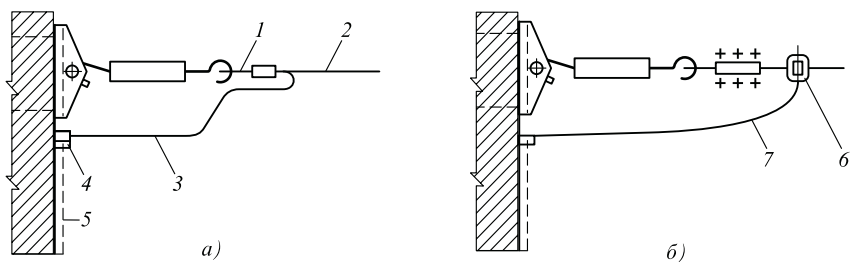


Рис. 8.9. Заземление троса приваркой свободного конца петли (*а*) и гибкой стальной перемычкой (*б*):

1 – концевая петля на тросе; 2 – трос со снятой изоляцией; 3 – свободный конец петли троса; 4 – флажковый наконечник; 5 – шина заземления; 6 – ответвительный сжим; 7 – гибкая стальная перемычка

катаную проволоку вытягивают лебедкой, разматывают по трассе и временно закрепляют на доступной высоте (предварительно оконцевав ее петлями с двух сторон, приварив фляжки для заземления и установив по разметке основания для ответвительных коробок).

Кабель или провод для проводки разрезают на мерные отрезки, соответствующие расстоянию между коробками, и закрепляют их на несущей проволоке через каждые 300...350 мм металлическими бандажными полосками или поливинилхлоридной лентой с кнопками. Затем заводят концы провода или кабеля в коробки или ответвительные зажимы в пластмассовом корпусе и выполняют необходимые соединения и ответвления (после прозвонки и маркировки концов).

Монтаж электропроводок проводами марки АРТ имеет некоторые особенности. Для электропроводок, выполняемых этим проводом, выпускают специальные коробки, предназначенные не только для соединения и ответвления, но и для подвески провода и светильников. Внутри такой коробки имеется устройство для закрепления троса. Ответвление осуществляется в ответвительных сжимах 4 и 7 (рис. 8.10) с пластмассовым корпусом без разрезания фазных и нулевого проводов. Внутри коробки 2 находится скоба 3 с планкой для закрепления ее на тросе, выступающие из коробки концы скобы имеют отверстия для закрепления коробки на вертикальной подвеске и подвески светильника.

Зануление троса и провода марки АРТ выполняют гибкой перемычкой 6 из медного провода марки ПГВ сечением $2,5 \text{ мм}^2$, соединяемой с нулевым проводом (внутри коробки) и тросом (снаружи коробки) ответвительными сжимами 4 и 7. Трос должен быть заземлен у концов линии не менее чем в двух местах. Можно выполнить заземление троса подсоединением свободного конца пет-

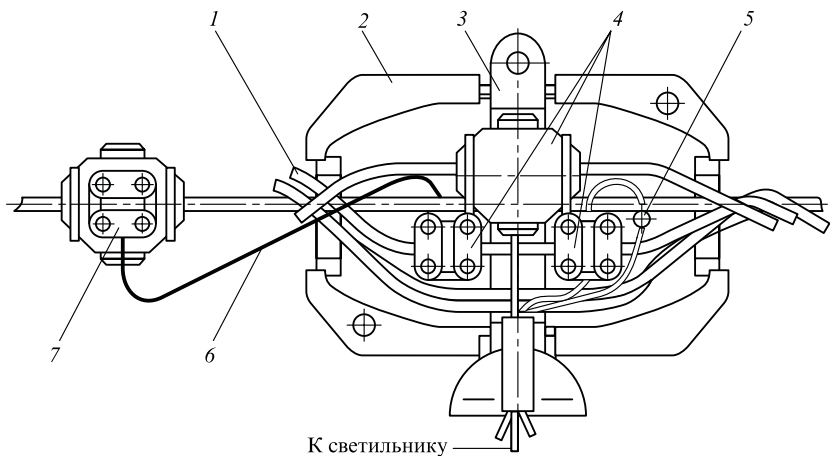


Рис. 8.10. Устройство для ответвления тросовой проводки проводом марки АРТ:

1 – провод АРТ; 2 – тросовая коробка У-245; 3 – скоба; 4 – ответвительный сжим на проводе; 5 – винт зануления; 6 – гибкая перемычка; 7 – ответвительный сжим на тросе

ли или гибкой стальной перемычки ПГС-35, привариваемой к шине заземления.

На нулевом проводе внутри тросовой коробки установлен ответвительный сжим, через который выполняется ее зануление, для чего провод зануления светильника заводится петлей под винт коробки и фиксируется шайбой-звездочкой.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Дайте определение тросовой электропроводки.
 2. Где целесообразно применять тросовые электропроводки?
 3. Какие провода используются для тросовых электропроводок?
- II.
 1. Назовите преимущества тросовой электропроводки.
 2. Какие способы крепления тросовых электропроводок вы знаете?
 3. Какие устройства и детали входят в состав линии тросовой электропроводки?
 4. Какие используются детали для удержания троса на промежуточных участках?
- III.
 1. Как осуществляется крепление тросов?
 2. Какие варианты предварительной заготовки тросовых проводок вы знаете?
 3. Какие операции включает в себя вторая стадия монтажа тросовых электропроводок?
 4. Как осуществляется заземление несущего троса?

8.5. Монтаж электропроводок плоскими проводами

Плоские провода марок АППВС, АППВ и АПВ применяются для прокладки групповых линий освещения в жилых и общественных зданиях, а также в служебных и вспомогательных помещениях производственных предприятий. Скрытая прокладка плоских проводов производится под штукатуркой в специальных бороздах или без борозд непосредственно по строительному основанию. Плоские провода можно также прокладывать по деревянным стенам, перегородкам и потолкам под слоем мокрой штукатурки на полосах листового асбеста толщиной не менее 5 мм, при этом асбест и намет штукатурки должны выступать с каждой стороны провода не менее чем на 10 мм. Скрытую прокладку плоских проводов допускается выполнять в зазорах между железобетонными плитами перекрытий, каналах и пустотах негорючих строительных конструкций, а также замоноличиванием их в панели и стены при изготовлении конструкций на предприятиях стройиндустрии или в неметаллических трубах, уложенных поверх плит перекрытия при подготовке пола. К скрытым проводкам относится прокладка проводов в электротехнических плинтусах.

Открытая прокладка плоских проводов производится непосредственно на поверхности негорючих стен и перегородок, по оштукатуренным поверхностям, оклеенным и неоклеенным обоями, а также бетонным перекрытиям без дополнительной изоляции. При прокладке плоских проводов по деревянным стенам, перегородкам и потолкам (сгораемым) требуется дополнительная изоляция в виде прокладки из листового асбеста. Кроме того, для прокладки на роликах по деревянным основаниям в сельских местностях выпускается плоский провод марки АППР, рассчитанный на напряжение 660 В, с разделительным основанием и резиновой изоляцией, предотвращающей горение.

Электропроводку плоскими проводами не разрешается производить во взрывоопасных зонах, помещениях с активной агрессивной средой, особо сырых и других, установленных СНиП, а также для питания подвесной осветительной арматуры.

Монтаж проводок плоскими проводами начинается с подготовки трасс для их прокладки и предварительной заготовки в МЭЗ. Разметка выполняется непосредственно при монтаже: сначала отмечают места установки щитков, светильников, выключателей и штепсельных розеток, а затем трассу для прокладки проводов. При разметке трасс исходят из следующих нормированных данных. Горизонтальная прокладка по стенам выполняется на расстоянии 100...200 мм от потолка или 50...100 мм от балки или карниза, а вертикальная (спуски и подъемы к выключателям, штепсельным розеткам и светильникам) — параллельно линиям дверных и окон-

ных проемов или углам помещения на расстоянии до 100 мм от них, или групповым штепсельным розеткам на расстоянии 300 либо 800 мм. Расстояние между параллельно прокладываемыми проводами должно быть 3...5 мм. Запрещается прокладывать провода пакетами или пучками.

Для определения центра помещения при установке одного светильника натягивают крест-накрест на полу или потолке из противоположных углов помещения два шнура и находят точку их пересечения. Для определения мест установки двух светильников отбивают на полу или потолке среднюю линию помещения, делят ее на четыре равные части и устанавливают их от стены на расстоянии 1/4 длины комнаты. Соблюдение нормированных расстояний исключает возможность повреждения проводов при эксплуатации зданий.

Размеры борозд для скрытых проводов при формовке их в панелях на заводе или пробивке непосредственно на объекте также нормируются, например для прокладки одного провода марки АППВС с сечением $2 \times 2,5$ или $3 \times 2,5$ мм ширина борозды должна быть 20 мм, для двух проводов марки АППВС с сечением $2 \times 2,5$ мм – 30 мм, глубина борозды – 20 мм.

Проходы проводов через стены выполняются в изоляционных трубках, оконцованных втулками, при этом изоляционная трубка должна выходить из втулки на 5...10 мм.

Под выключатели и штепсельные розетки в стенах ставятся коробки (для открытых проводов – деревянные подрозетники) на алебастровом либо цементном растворе или без раствора заподлицо с поверхностью штукатурки.

При заготовке в мастерской определяют по проекту число типовых помещений и составляют для каждого типа помещения развернутую карту проводки со всеми размерами, по которым и производят раскрой проводов и сборку схемы. В ответвительных коробках выполняют соединения и ответвления проводов, которые в дальнейшем не будут усложнять монтаж электропроводки в помещениях, с учетом проходов через стены и перегородки. Размеры используемых коробок определяются числом проводов, их сечениями и толщиной штукатурного намета. Схему проверяют, отмечают нулевую жилу, изготовленные электропроводки сматывают в бухты, маркируют бирками и в контейнерах доставляют к месту монтажа.

На месте монтажа доставленные бухты провода разматывают и раскладывают в соответствии с маркировкой по подготовленной трассе. Закрепляют ответвительные коробки, выключатели и штепсельные розетки, выполняют соединения отдельных участков схемы, подсоединяют провода к ранее установленным щиткам и светильникам.

Соединение и ответвление плоских проводов в ответвительных коробках выполняется сваркой, опрессовкой или пайкой, при этом их концы изолируются полиэтиленовыми колпачками или изоляционной лентой. Следует избегать пересечений плоских проводов между собой, если же этого невозможно избежать, изоляцию проводов в месте пересечения усиливают подмоткой трех-четырех слоев поливинилхлоридной ленты. При выполнении соединений в коробках и подсоединений к выключателям и штепсельным розеткам необходимо оставлять запас проводов по длине.

Крепление плоских проводов производится при скрытой прокладке примораживанием алебастровым раствором, пластмассовыми скобками на дюбелях, хлопчатобумажной лентой (крепить гвоздями не допускается), а при открытой прокладке – гвоздями, пластмассовыми скобками, металлическими полосками или приклеиванием. Во влажных неотапливаемых помещениях под шляпки гвоздей необходимо подкладывать изоляционные шайбы.

Если заготовка проводов производится непосредственно на месте монтажа, работы проводятся вручную в следующем порядке. Сначала выпрямляют провода, протягивая их через специальное выпрямительное устройство или рукавицу, надеваемую на руку, но без больших усилий, чтобы не сдвинуть оболочку с жилы. Затем нарезают мерные куски проводов по отдельным участкам в соответствии с разметкой и прокладывают их, начиная с ближайшей к групповому щитку ответвительной коробки. Вырезают на концах провода разъединительную пленку на длине 75 мм, а у трехжильных проводов разрезают также перемычку между второй и третьей жилами, после чего вводят концы в коробку.

При изгибании плоских проводов марок ППВ и АППВ на ребро (например, при повороте трассы на 90° по стене), предварительно вырезав разделительные пленки между жилами на длине 40...60 мм (в зависимости от сечения и числа жил в проводе), в месте изгиба выгибают внутренние жилы внутрь угла. Затем прокладывают и закрепляют провода на прямолинейном участке до очередного поворота трассы (рис. 8.11).

Процесс изгибания проводов марки АПН несколько отличается от изгибания проводов марок ППВ и АППВ: разделительная пленка в месте изгиба разрезается, и при скрытой прокладке жилы на повороте разводятся в одной плоскости в разные стороны, а при открытой прокладке внутренняя жила в месте поворота накладывается на внешнюю. Перекрещивать жилы плоских проводов между собой и в углах поворота не допускается.

Для заделки борозд с проложенными плоскими проводами применяется применять штукатурные, цементные и другие растворы, содержащие добавки поташа и мылонафта, разрушающие изоляцию и алюминиевые жилы проводов.

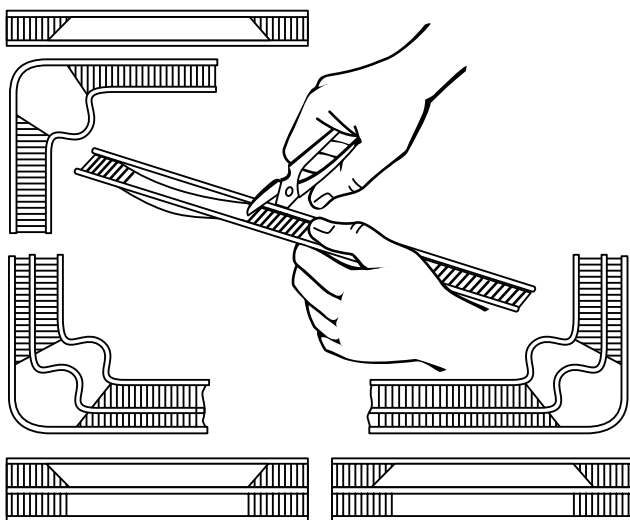


Рис. 8.11. Виды изгибов плоских проводов марок ППВ и АППВ

Надежными и отвечающими требованиям индустриального монтажа являются скрытые сменяемые электропроводки в замкнутых каналах строительных конструкций зданий. Такие электропроводки, получившие название канальных, широко применяются в жилищном строительстве, например в крупнопанельных жилых и общественных зданиях. Каналы для проводов, ниши, гнезда, сквозные проходы и другие элементы линий проводок в строительных элементах зданий выполняются на заводах строительной индустрии. В таких каналах прокладываются групповые и питающие сети, включая вертикальные участки (стояки), сети освещения лестничных клеток и другие, при этом электропроводки являются сменяемыми, т. е. обеспечивается возможность полной замены проводов в процессе эксплуатации.

Размеры элементов канальных электропроводок нормированы: диаметры каналов должны составлять 1,1 от диаметра стальных труб, применяемых для прокладки соответствующих проводов; длина каналов между протяжными нишами или коробками должна быть до 8 м, а толщина защитного слоя над каналом не менее 10 мм; гнезда в железобетонных панелях для непосредственного крепления штепсельных розеток и выключателей скрытой установки должны иметь форму усеченного конуса с диаметрами 70 и 72 мм. Протяжные ниши (рис. 8.12, а) в местах сопряжения стеновых панелей выполняются в виде полуцилиндров с радиусом 70 мм или полуконусов с радиусами 70 и 80 мм. Глубина таких ниш в

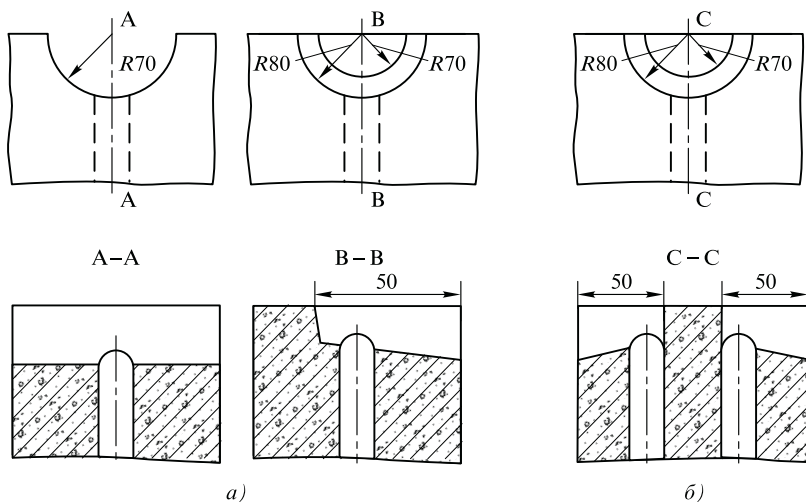


Рис. 8.12. Протяжные ниши в межкомнатных (а) и межквартирных (б) стеновых железобетонных панелях

стеновых панелях смежных квартир должна быть не более 50 мм (рис. 8.12, б).

Каналы для проводки на всем протяжении должны иметь гладкую поверхность без натеков и острых граней для исключения возможности повреждения изоляции при протягивании проводов. Сечение канала проверяется калибром с диаметром, составляющим 0,9 от проектного диаметра канала.

Провода в каналах прокладываются без каких-либо изоляционных трубок, кроме санитарно-технических кабин, где они должны быть изолированы поливинилхлоридными трубками. В санузлах жилых домов допускается прокладывать провод марки АППВ скрыто под штукатуркой без изоляционных трубок. Допустимое число жил проводов в одном канале определяется диаметром канала и сечением жил (табл. 8.2).

Для скрытой установки выключателей и штепсельных розеток в строительные конструкции замоноличивают специальные пластмассовые стаканы и кольца. Закладной стакан представляет собой полый полипропиленовый цилиндр из двух половинок различного диаметра, имеющий кольцевые выступы, перегородку для звукоизоляции и сквозное отверстие для прохода каналаобразователя. Выключатели и штепсельные розетки закрепляются на кольцевых выступах закладных стаканов распорными планками. Стаканы могут быть различной длины, что позволяет замоноличивать их в железобетонных и гипсолитовых панелях разной толщины.

Допустимое число жил проводов в одном канале

Сечение жилы, мм ²	Диаметр канала, мм				
	15	20	25	40	50
1,5...2,5	3	5	8	—	—
4	—	4	6	—	—
6	—	—	5	—	—
10	—	—	—	8	—
16	—	—	—	6	8

Монтаж канальных электропроводок рекомендуется выполнять промышленными методами с предварительной заготовкой всех элементов сети централизованно на заводах электромонтажных заготовок или в МЭЗ на специальных технологических линиях (рис. 8.13).

Централизованная заготовка групповых электропроводок производится по технологическим картам, составленным по предвари-

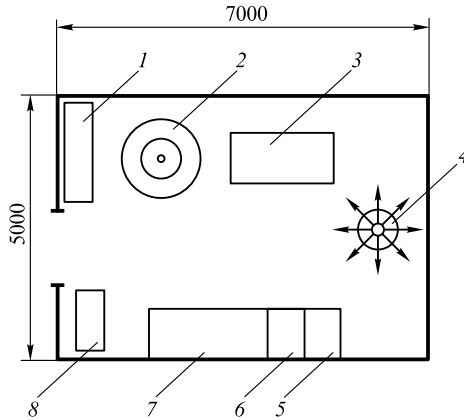


Рис. 8.13. Технологическая линия для заготовки канальных электропроводок:

1 — стеллаж для проводов; 2 — размоточная вертушка; 3 — механизм для мерной резки проводов и снятия изоляции; 4 — накопитель мерных отрезков; 5 — механизм для скручивания и подрезки жил проводов; 6 — установка для сварки скрученных жил проводов; 7 — стол монтажный; 8 — тележка-накопитель готовой продукции

тельным измерениям, или типовым ППЭР на типовые серии зданий. В зависимости от принятой технологии монтажа на объекте электропроводки заготавливаются отдельными узлами (при узловом методе монтажа) или отдельными элементами с подключенными выключателями, розетками и осветительной арматурой (при лучевом методе монтажа).

При узловом методе монтажа затяжка проводов в каналы производится от соединительных ниш к местам установки выключателей, розеток и осветительной арматуры. После монтажа отдельные узлы групповой сети соединяются между собой в соединительных

нишах сваркой или опрессовкой гильзами серии ГАО. Присоединение светильников к сети производится в гнездах панелей перекрытия с помощью люстровых зажимов КЛ-2,5.

При лучевом методе монтажа провода, изготовленные в виде отдельных элементов групповой сети с подключенными выключателями, штепсельными розетками и осветительной арматурой, затягиваются от мест их установки к соединительным нишам. Все соединения групповой сети производятся сваркой или опрессовкой гильзами серии ГАО непосредственно в нишах на месте монтажа. Для изоляции мест соединений проводов сечением до 4 мм^2 применяются (кроме пожаро- и взрывоопасных сред) полиэтиленовые изолирующие колпачки (табл. 8.3).

В одном канале допускается совместная прокладка:

нескольких групп проводов одного вида освещения (рабочего или аварийного) при условии общего числа жил в канале не более восьми;

проводов осветительных цепей напряжением выше 42 В с проводами цепей напряжением до 42 В при условии заключения последних в отдельную изоляционную трубку;

проводов, питающих линии квартир (стояки), с проводами рабочего освещения лестничных клеток, коридоров и других внутренних помещений с объединением нулевых проводов.

Совместная прокладка в одном канале взаиморезервируемых цепей, а также цепей рабочего и аварийного освещения запрещается.

Соединительные ниши после затяжки в них проводов, выполнения всех соединений и их изоляции закрывают декоративными пластмассовыми крышками.

Все материалы и заготовки для объектов комплектуются согласно заказу и отгрузочным ведомостям и доставляются в специальных контейнерах. В зависимости от объема и принятой технологии выполнения электромонтажных работ контейнеры комплектуются поставочными комплектами в целом на объект, секцию, этаж или отдельный этап работ. В любом случае материалы и заготовки укладываются в контейнер согласно технологической последова-

Таблица 8.3

Выбор изолирующих колпачков

Тип колпачка	Число соединяемых проводов с сечением	
	$2,5 \text{ мм}^2$	4 мм^2
К440	2...5	4
К441	6...7	3...4

тельности их монтажа на объекте. Комплектация и доставка в контейнерах упрощает перевозку материалов и систему их учета, способствует более рациональной организации труда и выполнению работ методом бригадного подряда.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Где применяются электропроводки плоскими проводами?
 2. Где запрещается применять электропроводки плоскими проводами?
 3. Где применяются канальные проводки?
 4. Какие марки проводов используются в канальных проводках?
 5. Какие детали применяются при монтаже проводов в каналах?
 6. Какие методы монтажа канальных электропроводок вы знаете?
- II.
 1. Как производится разметка трасс электропроводок плоскими проводами?
 2. Какие расстояния нормированы при разметке трасс проводов плоскими проводами?
 3. Какие детали используются для крепления плоских проводов?
 4. Каков должен быть диаметр канала для прокладки проводов?
 5. Как затягиваются провода в каналы при узловом методе монтажа?
 6. Как затягиваются провода в каналы при лучевом методе монтажа?
- III.
 1. Как выполняется соединение плоских проводов?
 2. Как производится крепление плоских проводов?
 3. Как производится изгибание плоских проводов?
 4. Что необходимо сделать при пересечении плоских проводов?
 5. Каково назначение закладного стакана?
 6. Какие цепи сети освещения разрешены к совместной прокладке в общем канале?

8.6. Монтаж электропроводок на лотках и в коробах

Конструкция лотков и коробов. Монтаж электропроводок на лотках и в коробах по сравнению с другими способами монтажа (например, в стальных трубах или непосредственно по кабельным конструкциям) обеспечивает следующие преимущества:

хорошие условия охлаждения проводов;
удобство прокладки дополнительных кабелей или проводов;
свободный доступ к проводам и кабелям на всем протяжении трассы и легкость их замены, возможность прокладки по сложным трассам с ответвлениями на любом участке линии.

Такая система канализации электроэнергии дает также существенную экономию затрат труда, расхода проводникового материала и стали, облегчает монтаж и эксплуатацию линии. В случае необходимости провода или кабели можно легко вынуть и быстро заменить другими, при этом можно изменить их число, сечение и марку, а также трассу.

Лотки применяются для открытой прокладки проводов и кабелей в помещениях, где по действующим правилам проводка в стальных трубах не обязательна (в сухих, сырых и жарких, с химически активной средой и пожароопасных), в электропомещениях (кабельных полуэтажах и подвалах), в проходах за щитами и панелями станций управления и переходах между ними, на технических этажах, в машинных залах и их подвалах, в насосных и компрессорных, а также для внутрицеховых проводок над станками. Электропроводки на лотках используются в помещениях с любой средой при условии использования проводов и кабелей, допустимых для этой среды.

Лотки защищают провода и кабели от повреждений и обеспечивают их многослойную прокладку.

В лотках прокладываются провода и кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией, с негорючими или не поддерживающими горение защитными оболочками, например провода марок АПР, АПРВ, АПН, АПРН, АПВ, АПП, АПРТО и кабели марок АВРГ, АНРГ, АСРГ, АВВГ, АПВГ.

Используются два типа лотков: сварные и из перфорированных полос. Сварной лоток состоит из двух продольных стальных профилей с приваренными к ним через каждые 250 мм перфорированными стальными полосами (поперечинами). Длина такого лотка 2 м, ширина 400 или 200 мм. Перфорированный лоток представляет собой перфорированную стальную полосу с загнутыми под прямым углом краями (бортиками) высотой 16...20 мм. Такая конструкция, являясь жесткой, может все же слегка изгибаться (например, при монтаже переходов). Длина такого лотка 2 м, ширина 50 или 105 мм.

Несущие лотки новой конструкции изготавливают прямыми и угловыми секциями. Прямые лотки (рис. 8.14) могут быть сварными шириной 40 (НЛ40) и 20 (НЛ20) и перфорированными шириной 10 см (НЛ10) и 5 см (НЛ5).

В стенках лотков предусматриваются отверстия для крепления огнестойких перегородок, соединителей или ответвлений из других лотков при образовании лотковой трассы (рис. 8.15). Перемычки в сварных лотках имеют перфорацию для крепления к ним проводников. Полное обозначение лотка, например НЛ40-П2, расшифровывается следующим образом: несущий лоток шириной 40 см, прямой, длиной 2 м.

Угловые лотки НЛ-У45 и НЛ-У95 служат для образования поворота трассы в горизонтальной плоскости с радиусами 45 и 95 см. Лотки шириной 20 и 40 см соединяются переходным соединителем НЛ-СП, представляющим собой пластину толщиной 3 мм с пазами и отверстиями. Шарнирный соединитель НЛ-СШ служит для соединения прямых лотков любого типа под углом от 0 до 90°

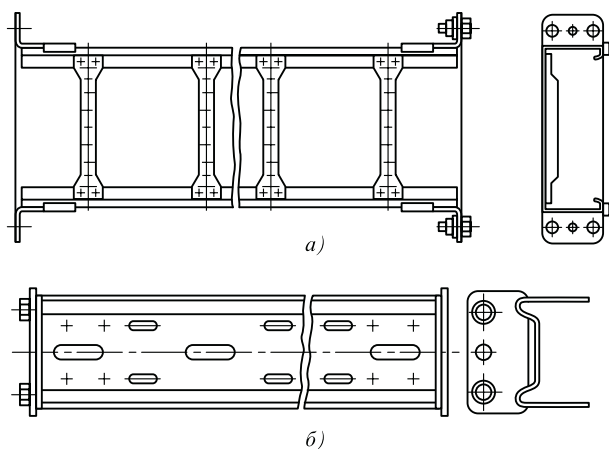


Рис. 8.14. Лотки прямые перфорированные (а) и сварные (б)

в вертикальной плоскости, при переходе трассы с одного уровня на другой. Образование поворотов лотковой магистрали показано на рис. 8.16.

Огнестойкая перегородка, применяемая для разделения в лотке кабелей разного назначения, представляет собой асбестоцементную плиту с деталями для ее установки и крепления.

Асбестоцемент представляет собой неорганическую пластмассу, в которой связующим веществом является портландцемент, а наполнителем — асбестовые волокна.

Процесс изготовления асбестоцемента заключается в смешивании распущенного асбеста с цементом и водой. Полученная таким образом и

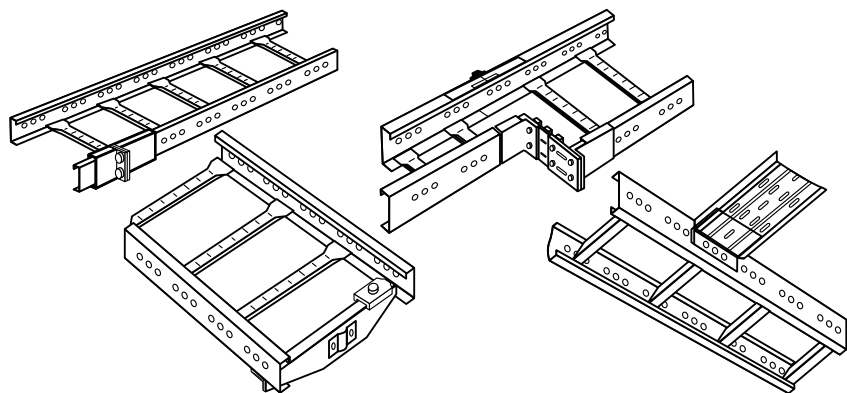


Рис. 8.15. Соединение прямых лотков для образования трассы

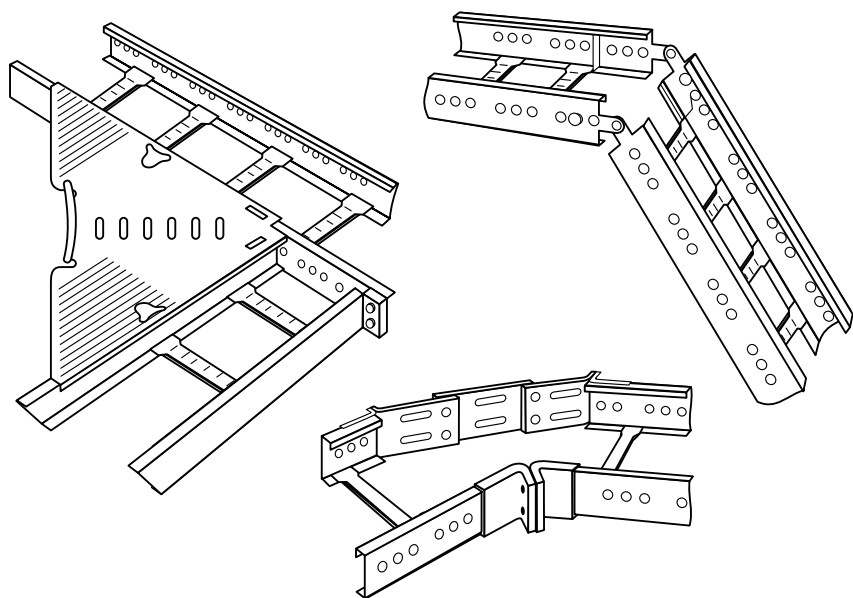


Рис. 8.16. Образование поворотов лотковой магистрали в горизонтальной и вертикальной плоскостях

тщательно перемешанная смесь отливается на асбестоцементной машине в листы, которые затем прессуют, сушат и разрезают на плиты определенных размеров.

В номенклатуру выпускаемых промышленностью лотков входят готовые для сборки элементы, обеспечивающие создание трассы с необходимыми поворотами и разветвлениями в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Стальные короба применяются в помещениях вместо стальных труб, предназначенных для открытой и скрытой проводок питающих и групповых осветительных и силовых сетей.

Открытая прокладка стальных коробов с непосредственным креплением к несгораемым и трудносгораемым строительным основаниям и опорным конструкциям допускается в сухих, влажных, жарких и пожароопасных помещениях, в которых по действующим правилам проводка в стальных трубах не обязательна.

Короба рекомендуется применять также при монтаже питающих и групповых сетей освещения в помещениях за непроходными подвесными потолками из сгораемых материалов, которые рассматриваются в этом случае как скрытые электропроводки. Запрещается прокладка электропроводок в коробах в помещениях сырых и особо сырых, с химически активной средой и взрывоопасных зонах.

В стальных коробах допускается прокладывать провода одной или нескольких осветительных или силовых электросетей, кроме взрывоопасных цепей, цепей рабочего и аварийного освещения, а также проводов цепей освещения напряжением выше 42 В с проводами цепей освещения напряжением до 42 В, если последние не заключены в отдельную изолирующую трубку.

Промышленностью в настоящее время выпускаются новые стальные короба единой серии, в том числе прямые секции типа НК5×5П, НК10×10П, НК15×15П и НК20×20П и универсальные угловые секции типа НК5×5У, НК10×10У, НК15×15У, НК20×20У. Новые короба имеют квадратные сечения 50×50, 100×100, 150×150 и 200×200 мм и откидывающиеся крышки. Длина прямых секций соответственно составляет 2; 2,5; 3 и 6 м. Для монтажа сетей освещения в основном применяются короба сечением 50×50 и 100×100 мм.

Короба представляют собой прямоугольные профили из листовой стали со съемными крышками, из которых комплектуются прямые, крестообразные, тройниковые, угловые (для поворота трассы в горизонтальной и вертикальных плоскостях) и присоединительные секции.

Короба снабжаются легко снимаемой перегородкой, с помощью которой образуются два канала для размещения проводов и кабелей различных цепей, совместная прокладка которых не допускается. Съемная крышка короба облегчает монтаж, позволяет в процессе эксплуатации легко заменять и прокладывать дополнительно новые провода и кабели.

Короба, требующие на изготовление больше металла, чем лотки, лучше защищают провода и кабели от механических повреждений, пыли и других загрязнений, кроме того, их можно прокладывать на любой высоте и в полах цехов.

Короб К-815А (рис. 8.17) – это конструкция из листовой стали длиной 3 м, состоящая из корытообразного основания 3,

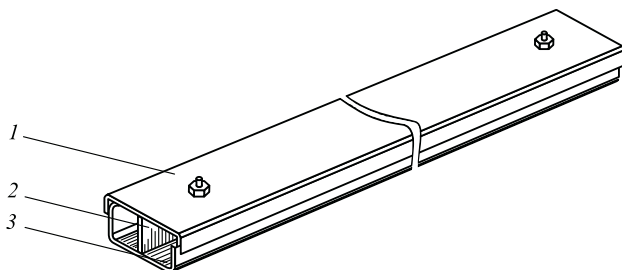


Рис. 8.17. Короб К-815А:

1 – крышка; 2 – разделяющая перегородка; 3 – основание

крышки 1, которая крепится болтами, и разделяющей перегородки 2. Внутри короба имеются планки для закрепления проводов и кабелей.

Элементы, входящие в номенклатуру коробов, обеспечивают прокладку трассы с необходимыми поворотами и разветвлениями. Ввод линии в электротехнические устройства осуществляется с помощью присоединительных секций. Соединяются элементы коробов болтами.

Установка лотков и коробов. Большая часть трудозатрат в этом случае приходится на первую стадию монтажа: установку опорных конструкций, укладку и закрепление на них лотков и коробов, соединение последних в магистраль и ее заземление.

Установка лотков и коробов на подготовленной трассе производится во избежание их повреждения в помещениях с законченной отделкой. Опорными деталями для них служат элементы кабельных конструкций, монтажные перфорированные профили и полосы, кронштейны.

Опорные консоли, кронштейны и другие подвесные конструкции (рис. 8.18, а, б) изготавливают в монтажных мастерских из стальных профилей, но также в качестве опорных могут использоваться элементы сборных кабельных конструкций заводского изготовления (рис. 8.18, в).

Подвесные конструкции для установки лотков рекомендуется выполнять разъемными, чтобы обеспечить закладывание проводов и кабелей без протягивания их внутри магистралей.

Обходы препятствий лотковыми магистралями, их повороты и ответвления от них (рис. 8.19) выполняются в основном с помощью стальных монтажных перфорированных профилей и полос или угловых, тройниковых и крестообразных секций. В тех случаях, когда магистраль выходит за пределы одного помещения, лотки про-

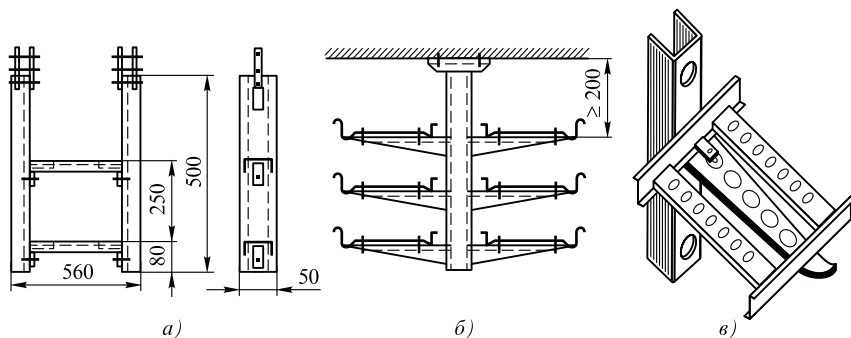


Рис. 8.18. Подвесные (а, б) и кабельные (в) опорные конструкции для лотков

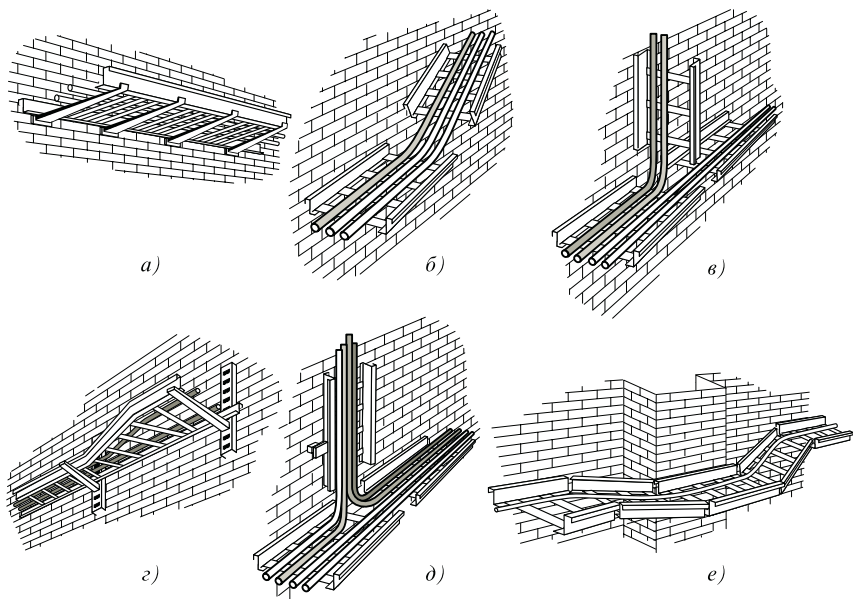


Рис. 8.19. Примеры установки кабельных лотков:

a – горизонтальная; *б* – с переходом трассы с одной горизонтальной отметки на другую; *в* – с ответвлением вверх на ребро; *г* – с переходом на лоток меньшего размера; *д* – с переходом вверх плашмя; *е* – при обходе выступающей колонны

пускают через проемы в стенах и перекрытиях или в строительные конструкции заделывают отрезки труб для пропуска проводов и кабелей.

Для облегчения монтажа лотков при обходах и пересечениях используют выносные опорные конструкции, обеспечивающие прямолинейное расположение лотков. В пролетах цехов крепление лотков и коробов осуществляют на несущих тросах и тросовых подвесах с помощью тросовых растяжек.

При разметке трасс используют нормированные размеры, т. е. высота расположения лотков над полом или площадкой обслуживания должна быть не менее 2 м при их установке по стенам и не ниже 2,5 м под перекрытиями. При прокладке трасс в кабельных полуэтажах, подвалах электромашинных помещений, проходах за щитами и панелями станций управления, переходах между ними и других помещениях, обслуживаемых специально обученным персоналом, высота расположения лотков не нормируется.

При пересечении лотков с трубопроводами расстояние между ними должно быть не менее 50 мм, а при их параллельной прокладке – не менее 100 мм; при пересечении лотков с трубопроводами с горючими жидкостями или газами расстояние между ними

должно быть не менее 100 мм, а при их параллельной прокладке – не менее 250 мм. Расстояния между точками крепления лотков не нормированы, но обычно это 2...2,5 м.

Конструкции и кронштейны для установки лотков крепятся к строительным основаниям дюбелями, забиваемыми строительным монтажным пистолетом, а к закладным или другим металлическим конструкциям сваркой или распорными дюбелями.

Сварные лотки крепятся к кабельным полкам или монтажным профилям специальными прижимами. Лотки, предназначенные для установки на кабельных полках, предварительно соединяют в секции, поднимают на опорные конструкции и закрепляют так, чтобы исключить возможность их падения или сползания.

Лотки для прокладки проводов и кабелей имеют длину 2 м, а стандартный шаг строительных конструкций – 6 м. Поэтому при установке лотков поперек ферм перекрытий во избежание провисания увеличивают их жесткость с помощью оттяжек или опор из угловой стали, прокладывая их от балки к балке. Однако целесообразно прокладывать лотки под перекрытиями на тросе или канате. Для этого между балками натягивают катанку диаметром 8...10 мм, которая крепится на скобах к П-образным кронштейнам, установленным на балках, и имеет натяжные устройства. После укладки проводов и соединения лотков загибают их бортики вокруг катанки через каждые 500...800 мм.

Короба, прокладывая в любом пространственном положении и на любой высоте, крепят к стенам, перекрытиям, колоннам, фермам на кронштейнах, подвесках и других конструкциях. Соединяются элементы коробов болтами, при этом между ними обеспечивается надежная электрическая цепь заземления.

Во избежание скопления влаги короба прокладываются с небольшим уклоном в сторону спусков к щиткам или электроприемникам. Расстояния между точками крепления коробов на прямых участках должны быть не более 3 м. Кроме того, короба закрепляют на поворотах, ответвлениях и при обходе препятствий.

Высота установки коробов не нормируется. По выбранной трассе и выполненной разметке для коробов так же, как и для лотков, устанавливаются опорные конструкции и тросовые подвесы. Расстояния между точками крепления коробов на опорных конструкциях при крышке, расположенной сбоку, не более 3 м, при крышке, расположенной снизу, не более 1,5 м, а от стены до лотка или короба не менее 120 мм.

Опорные конструкции и тросовые подвесы для коробов крепятся сваркой к закладным частям, дюбелями или другими крепежными деталями. На колоннах и фермах устанавливаются обоймы для закрепления подвесов и оттяжек. Короба собираются в магистраль длиной до 12 м в МЭЗ или на месте монтажа, поднимаются,

укладываются на опорные конструкции и закрепляются прижимами, скобами или подвешиваются на тросовых подвесах.

Одновременно с установкой коробов выполняют ответвления, повороты, подъемы, обходы препятствий и другие переходные элементы магистралей с помощью готовых конструкций, деталей и секций соответствующего профиля, а также с использованием перфорированных монтажных профилей и полос. Соединения коробов выполняются с помощью специальных соединительных планок, входящих в комплект поставки.

Соединив между собой отдельные секции в магистральную линию (горизонтальную или вертикальную), присоединяют ее к контуру защитного заземления не менее чем в двух удаленных друг от друга местах стальной полосой сечением не менее 40×2 мм. Каждое ответвление магистрали дополнительно заземляется в конце. При многоярусной параллельной прокладке нескольких магистралей заземление выполняется одной стальной полосой, приваренной к каждой из них и к контуру заземления.

Сварные лотки и короба можно использовать в качестве заземляющих проводников.

Все соединения при монтаже лотков производятся с помощью резьбового крепежа. Для надежного электрического контакта в местах соединения прямых окрашенных лотков фланцы должны иметь гальваническое покрытие. Электрический контакт вспомогательных элементов с прямыми окрашенными лотками обеспечивается стопорными шайбами либо зачисткой мест контакта. Для предотвращения самоотвинчивания резьбового крепежа используют пружинные шайбы.

Прокладка проводов и кабелей на лотках и в коробах. Электропроводки заготавливаются в мастерских на основании проекта и предварительных замеров. Длина проводов и кабелей рассчитывается с учетом особенностей трассы и запасом их на ввод в электроприемники и повторные соединения. После установки лотков по трассе производится прокладка в них проводов, заготовленных в мастерских или непосредственно на объекте, в следующем порядке: подъем, раскатка и укладка на лотках; раскладка и закрепление на лотках; выполнение подсоединений и ответвлений.

Готовые комплекты электропроводок и мерные отрезки, свернутые в бухты и намотанные на инвентарные барабаны, поступают на объект и размещаются в удобных для раскатки местах.

Провода и кабели прокладываются на лотках с помощью роликов и направляющих желобов, которые расставляют по трассе на расстоянии 10 м друг от друга, на углах и в местах изменения высоты. Протягиваются кабели и провода с помощью лебедки, а также механизмов и приспособлений, обеспечивающих работы на

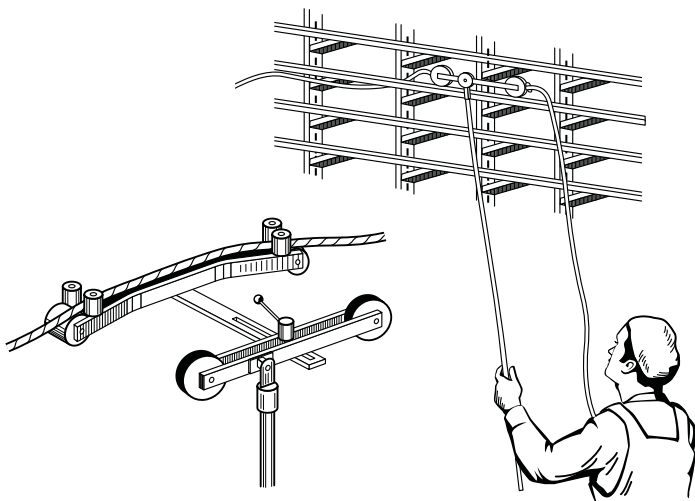


Рис. 8.20. Приспособление для прокладки кабелей в лотках

высоте (переставных подмостей, лестниц-стремян, телескопических вышек или гидроподъемников).

Раскладка проводов и кабелей на лотках рядами производится с помощью механизмов и приспособлений, обеспечивающих возможность работы на высоте. Кроме того, кабели можно прокладывать на лотках с пола, используя простое приспособление, показанное на рис. 8.20, которое состоит из рамы и двух закрепленных на ней вращающихся роликов, предназначенных для передвижения приспособления по борту лотка. К раме прикреплена пластина с прорезью, а к пластине на шарнире — конструкция с четырьмя вертикальными и двумя горизонтальными роликами, через которые пропускается кабель. С помощью винта, проходящего через прорезь пластины, и болта, скрепляющего конструкцию с роликами, осуществляется укладка кабеля в лотки в нужном ряду. Укладка выполняется двумя рабочими: один перемещает штангу с фиксирующим устройством по борту лотка, а другой наблюдает за раскладкой кабеля с барабана. Такое приспособление обеспечивает высокое качество работ и безопасные условия труда.

Провода и кабели на лотках могут укладываться рядами, пучками и пакетами (рис. 8.21), но с соблюдением следующих требований:

- в пучке не должно быть более 12 проводов и они должны быть скреплены бандажами;

- расстояние между бандажами на горизонтальных прямолинейных участках трассы должно быть не более 4,5 м, а на вертикальных — не более 1 м.

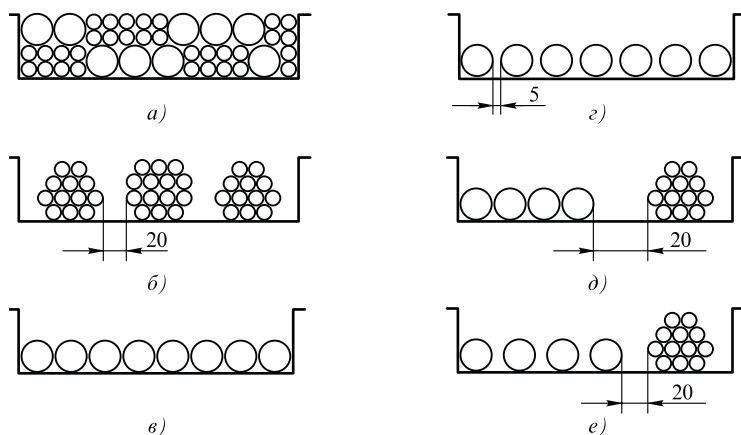


Рис. 8.21. Различные способы прокладки проводки на лотках:
a – провода и кабели вместе в несколько рядов без зазоров; *б* – только провода в пучках с зазором; *в* – кабели в один ряд без зазоров; *г* – кабели в один ряд соответственно с зазорами; *д*, *е* – кабели в один ряд соответственно с зазором и без него на расстоянии от пучка проводов

Кабели лучше укладывать в один ряд (можно без зазора). Допускается также укладывать кабели пучками (по два-три слоя в пучке, а в исключительных случаях, специально обоснованных в проекте, – более трех слоев) без зазора. Наружный диаметр пучка должен быть не более 100 мм.

В коробах кабели и провода допускается прокладывать многослойно, располагая их произвольно.

Для прокладки в коробах применяются провода марок АПВ, АПП, АПН, АПРН, АПРВ, АПРТО и кабели марок АВРГ, АНРГ, АСРГ, АВВГ, АПВГ и др.

Для обеспечения нормального охлаждения кабелей сумма площадей их сечений в одном коробе, не должна превышать 40 % площади поперечного сечения короба.

Крепление отдельных проводов и кабелей и их пучков производится только на вертикальных участках коробов при расположении их крышками вниз, на поворотах и в местах ответвлений. При этом расстояние между точками крепления должно составлять не более 1 м при вертикальном расположении короба, не более 3 м при крышке, направленной в боковую сторону, и не более 1,5 м при расположении короба крышкой вниз. Для крепления проводов и кабелей в коробах используются накладные скобки, перфорированная монтажная лента с кнопками и другие крепежные изделия.

Ответвления к электроприемникам выполняются в гибких вводах, пластмассовых трубах, перфорированных монтажных профи-

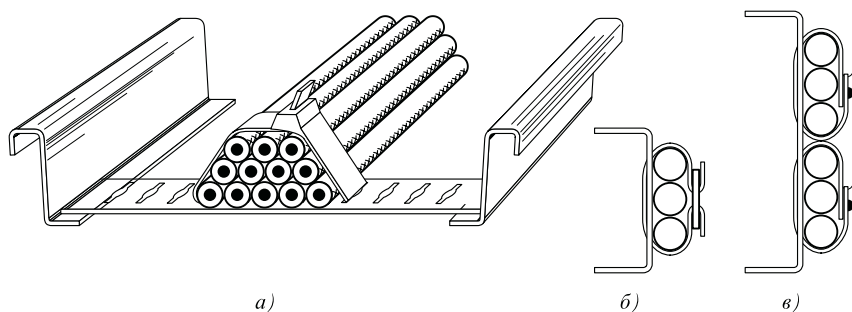


Рис. 8.22. Способы крепления проводов и кабелей в лотках:
а – зубчатой полоской; *б* – металлической полоской с пряжкой; *в* – перфорированной лентой с кнопкой

лях или непосредственно проводами в гибких поливинилхлоридных трубках. В местах выхода из коробов изоляцию проводов и кабелей защищают от повреждений пластмассовыми втулками типа В или подмоткой изоляционной ленты.

Провода и кабели, проложенные в лотках, жестко закрепляются: не более чем через 1 м при вертикальной установке лотков и не более чем через 0,5 м до и после поворота или ответвления при горизонтальной их установке.

Крепление проводов и кабелей в лотках различными крепежными деталями показано на рис. 8.22. Пучки проводов скрепляют обоймами, бандажами или прокладывают между разделительными обоймами. Соединения и ответвления проводов и кабелей, проложенных на лотках, производят в коробках и ящиках или в специальных сжимах с изолированной оболочкой, которые жестко закрепляются. Проложенные провода маркируются на концах и в местах ответвлений, и короб закрывается крышками на болтах.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Где прокладывают электропроводку на лотках и в коробах?
 2. Какие провода прокладываются на лотках и в коробах?
 3. В каких помещениях запрещается прокладка электропроводок в коробах?
- II.
 1. Назовите преимущества прокладки проводки на лотках и в коробах.
 2. Что представляют собой лотки?
 3. Каково устройство стального короба?
 4. Что представляют собой короба единой серии?
 5. Какова последовательность выполнения монтажных операций?
 6. Как можно укладывать провода и кабели на лотках?
- III.
 1. В чем преимущество лотков перед коробами?

2. Как устанавливаются лотки?
3. Как устанавливаются короба?
4. Каковы требования при прокладке проводов на лотках?
5. Расшифруйте обозначение лотка НЛ40-П2.

8.7. Монтаж электропроводок в трубах

Область применения электропроводок в трубах. Стальные трубы применяют для защиты проводок от механических повреждений, а также для защиты изоляции проводов и самих проводов от разрушения средой помещения. В первом случае трубопровод может быть негерметичным, а во втором – только герметичным (влаго- и пыленепроницаемым).

Сталь – основной материал, широко применяемый в строительстве и для изготовления различных инструментов. Она сравнительно недорога и обладает хорошими механическими, физико-химическими и технологическими свойствами.

Высокая химическая стойкость некоторых сталей в агрессивных средах определяется наличием в них большого количества хрома или хрома и никеля. Большая коррозионная стойкость сталей достигается соответствующими термической и механической обработками.

Для достижения более высокой коррозионной стойкости при сравнительно невысокой прочности хромоникелевые стали закаляют в воде при температуре 1100... 1150 °С. Для повышения прочности сталь подвергают холодной пластической деформации. Для экономии дорогостоящий никель часто заменяют марганцем.

Для обеспечения герметичности трубопровода уплотняются места соединения труб между собой и места присоединения их к аппаратам и приборам. Степень уплотнения труб может быть различной. Во взрывоопасной среде уплотнение трубопровода должно выдерживать повышенное давление. В помещениях с химически активной средой уплотнение должно предохранять от проникновения внутрь трубопровода агрессивных к проводам газов и жидкостей.

Использование электропроводки в трубах за последние годы заметно сократилось, особенно для осветительных сетей. Ее применяют только в тех случаях, когда недопустим другой вид проводки, например на химических предприятиях с взрывоопасной или химически активной средой, некоторых производствах металлургической промышленности и др.

Литые трубы, используемые в качестве защитных оболочек электропроводок, заменяются во всех возможных случаях на тонкостенные металлические электросварные трубы, что экономит 600... 900 кг металла на 1 км линии. Применяют также легкие стальные водогазопроводные (газовые) трубы с толщиной стенок на

15...20 % меньше, чем у обыкновенных газовых труб, например для открытой прокладки без уплотнения мест соединения труб и ввода их в коробки в сухих нормальных помещениях; скрытой и открытой прокладки с уплотнением мест соединения труб и мест ввода их в коробки в стенах, перекрытиях, полах, фундаментах и других строительных элементах сооружений, а также во влажных, жарких, пыльных и пожароопасных помещениях.

Во взрывоопасных помещениях допускается применение легких стальных труб печной сварки с толщиной стенки на 0,5 мм меньше, чем у водогазопроводных труб.

Замена труб защитными кожухами из листовой стали дает экономию металла свыше 50 %.

Для трубной канализации применяют также пластмассовые и полимерные трубы (полиэтиленовые, винилпластовые, полипропиленовые), обладающие коррозионной и высокой химической устойчивостью, влагостойкостью, хорошими электроизолирующими свойствами, достаточной механической прочностью, гладкой поверхностью. При этом повышается надежность электропроводок в агрессивной среде, уменьшается вероятность замыкания на землю. Недостатком полиэтиленовых труб является их горючесть.

Полиэтилен – твердый непрозрачный материал белого или светлосерого цвета несколько жирный на ощупь, который получают посредством полимеризации газа этилена под давлением. Это термопластичный материал, поступающий на заводы в виде гранул. Изделия из него получают методом литья под давлением, горячим прессованием или экструзией. Метод экструзии применяется при нанесении полиэтиленовой изоляции на провод, а также при изготовлении изоляционных шлангов и трубок.

Для улучшения термомеханических свойств полиэтилена на него воздействуют ионизирующим облучением, например потоком электронов из ускорителя. В результате такой обработки повышаются его нагревостойкость (до 100 °С) и механическая прочность.

Поливинилхлорид (полихлорвинил) представляет собой порошок белого цвета, из которого получают горячим прессованием или горячим выдавливанием механически прочные изделия (платы, трубы и др.), стойкие к воздействию минеральных масел, многих растворителей, щелочей и кислот.

Горячим прессованием порошкообразного поливинилхлорида получают твердый и жесткий материал – винилпласт в виде листов, пластин, труб и стержней, который отличается химической стойкостью к минеральным маслам, разбавленным щелочам и кислотам, высокой механической прочностью (особенно к ударным нагрузкам) и высокими электроизоляционными свойствами.

Винилпластовые трубы разрешается использовать в сухих, влажных, сырых, особо сырых и пыльных помещениях, в помещениях с химически активной средой и для наружных электропроводок:

при открытой и скрытой прокладке непосредственно по несгораемым и трудносгораемым стенам, перекрытиям и конструкциям; при скрытой прокладке по сгораемым стенам, перекрытиям и конструкциям по слою листового асбеста толщиной не менее 3 мм или намету штукатурки толщиной до 5 мм, выступающему с каждой стороны трубы не менее чем на 5 мм с последующим заштукатуриванием слоем толщиной до 10 мм, а также в агрессивном грунте для защиты кабелей. Запрещается применять эти трубы при открытой и скрытой прокладке во взрыво- и пожароопасных помещениях, в больницах и домах для престарелых и инвалидов, а при открытой прокладке – в зрительных залах, на сценах и в кинобудках зрелищных предприятий и клубов, в яслях, детских садах и пионерских лагерях, на чердаках, в жилых и общественных зданиях высотой более 10 этажей и вычислительных центрах.

Полиэтиленовые и полипропиленовые трубы разрешается применять в сухих, влажных, сырых, особо сырых и пыльных помещениях и помещениях с химически активной средой для скрытой прокладки по несгораемым основаниям, в наружных электропроводах непосредственно по несгораемым основаниям, в подливках полов и фундаментах оборудования (при условии предохранения труб от механических повреждений), а также в агрессивном грунте для защиты кабелей. Запрещается использовать эти трубы во взрывоопасных зонах и пожароопасных помещениях, в зданиях ниже второй степени огнестойкости, в животноводческих помещениях, а также в помещениях, указанных для винипластовых труб.

Полипропиленовые трубы обладают большими термостойкостью и механической прочностью по сравнению с полиэтиленовыми, но при отрицательных температурах отличаются повышенной хрупкостью.

Трубы из полиэтилена и винипласта могут иметь диаметр условного прохода от 15 до 50 мм. В зависимости от толщины стенок полиэтиленовые трубы разделяются на легкие (от 1,6 до 3 мм), средние (от 2,3 до 6,8 мм) и тяжелые (от 3,5 до 10,5 мм). Кроме того, полиэтиленовые трубы выпускаются низкой и высокой плотности с меньшей толщиной стенок. Винипластовые трубы выпускаются шести диаметров с толщиной стенок от 1,6 до 2,2 мм и длиной 5...8 м. Все трубы поставляются в бухтах до 25 м.

Трубы из полимеров по сравнению со стальными имеют следующие преимущества: небольшую массу, простоту обработки и монтажа, небольшую стоимость.

Применение гибких бумажно-металлических труб вместо стальных экономит сталь и упрощает монтаж. Так как они выпускаются большой длины, сокращаются отходы и число мест соединений. Гибкость труб позволяет легко обходить препятствия, причем изгибание их производится без каких-либо приспособлений. Эти трубы

обеспечивают достаточную электрическую прочность электропроводок, но металлическая оболочка их настолько тонка (0,1 ... 0,2 мм), что может защитить провода только от легких механических повреждений. Ограниченное применение этих труб объясняется их высокой стоимостью, а следовательно, незначительным выпуском.

Индустриальная заготовка труб и трубных электропроводок. Заготовку и обработку труб и элементов трубных разводов, сборку их в трубные блоки, пакеты и узлы, а также обработку и заготовку электропроводок для прокладки их в трубах выполняют индустриально в МЭЗ на первой стадии монтажа. Отдельные трубные участки изготавливают и собирают в комплекте с соединительными и ответвительными коробками и с затянутыми в них проводами. Для монтажа небольших трубных разводов к отдельно стоящим приводам используют стандартные предварительно заготовленные трубные детали, при этом монтаж труб сводится к сборке деталей и прямых отрезков труб.

Существующие в монтажных организациях технологические линии отличаются друг от друга степенью механизации операций по обработке и заготовке трубных элементов, в частности способами очистки и сушки труб. Применяют различные способы окраски труб – от простейшего окунания их в ванну с окрасочным составом до использования специальных окрасочных установок с пистолетами-распылителями разной конструкции. Сушку окрашенных труб производят также различными способами, включая естественную на стеллажах. Наиболее производительна сушка в сушильных камерах с продувкой подогретым воздухом. Технологическая линия обычно состоит из площадок для складирования неокрашенных, окрашенных труб и готовых элементов трубной заготовки, а также отделений для окраски и механической обработки труб. Площадки для складирования находятся на открытом воздухе.

Станки и приспособления технологической линии располагаются в определенной последовательности с соблюдением принципов поточности и механизации основных трудоемких операций. Станки, связанные между собой системой рольгангов, имеют вдоль линии столы-накопители для временного складирования межоперационного задела заготовок.

На технологической линии по обработке стальных труб выполняются следующие операции: складирование необработанных труб на стеллажах по сортам и размерам, окраска и сушка труб, складирование окрашенных труб на стеллажах, их разметка и резка, зачистка (раззенковка) концов труб после резки, нарезка резьбы, изгибание, комплектация и маркировка труб. Подъем со стеллажей, транспортировка к месту обработки, передвижение по поточной линии, сборка трубных заготовок в пакеты и блоки выполняются с помощью электрической тали, мостового крана, уз-

коколейной вагонетки, рольгангов и других механизмов в зависимости от местных условий и возможностей.

Механическую обработку труб выполняют в следующем порядке. На разметочном столе-рольганге целые трубы размечают на отдельные мерные отрезки. Разрезают трубы на трубоотрезных станках различного исполнения, а также маятниковыми или дисковыми пилами. Выполняют резьбу на концах стальных труб с помощью резьбонарезных станков и резьбонакатных патронов и плашек. Снимают фаски по внутреннему диаметру труб трубными райберами или конусными фрезами.

Изгибают целые трубы и их отрезки на ручных и приводных гибочных станках, например на универсальном шинотрубогибном станке УШТМ-2.

Планировку размещения оборудования технологической линии производят в соответствии с нормированными расстояниями: от станка до стены (колонны) – 800...1000 мм; между станками по потоку – в зависимости от размеров транспортных средств, соединяющих рабочие места, но не менее 1500 мм.

В практике монтажных организаций в основном нашли применение четыре метода индустриальной заготовки элементов трубных трасс.

1. *По трубозаготовительным ведомостям и эскизам проекта без предварительных измерений.* В трубозаготовительной ведомости, входящей в состав проекта, приводится спецификация всех деталей заготовок. По этим спецификациям в мастерских заготавливают прямые отрезки труб и нормализованные стандартные колена, из которых собирают блоки трубных трасс. Для труб с условным проходом до 50 мм радиус изгиба стандартных колен составляет 400 мм, а углы поворота – 90, 120, 135°. Подгонку заготовок осуществляют вставляя отрезки труб по измерениям (так называемые отрезки X). Если трубозаготовительная ведомость отсутствует в проекте, но имеются чертежи трубных линий с привязками, ее составляют по этим чертежам.

Этот метод индустриальной заготовки обуславливает наличие лишних соединений и повышенный расход соединительных муфт, поэтому его целесообразно применять при монтаже протяженных трасс с использованием прямых труб полной строительной длины. Преимущество этого метода заключается в возможности заготовки в МЭЗ или на заводах всех трубных элементов одновременно, независимо от готовности строительной части сооружения.

2. *По трубозаготовительным ведомостям и эскизам, составленным с предварительными измерениями.* Измерения и составление эскизов трубных трасс в этом случае производятся, как правило, специально обученными электромонтажниками-замерщиками из

групп подготовки производства. На эскизах трубные электропроводки выполняются в одной-двух проекциях, а при сложных трассах — в пространственном изображении с применением принятых условных обозначений. Для замера трубных трасс выпускается набор инструментов и приспособлений для электромонтажника-замерщика (НИЗ), который состоит из угломера, линейки-трафарета, телескопической линейки, счетной линейки для заготовки труб, рулетки, складного метра, уровня, отвеса, штангенциркуля, готовальни, угольника, деревянной складной линейки (2 м) и логарифмической (125 мм). К набору прикладываются таблица для определения массы материалов и таблица условных графических обозначений электрического оборудования и проводов. Масса набора в специальном футляре 6,6 кг.

Этот метод заготовки трубных трасс применяют только при готовой строительной части сооружения.

3. *По трубозаготовительным ведомостям, составленным с учетом использования нормализованных трубных соединительных элементов.* Этот метод является наиболее прогрессивным. В номенклатуру нормализованных элементов, которые изготавливают в МЭЗ и на заводах, входят стандартные колена с углами поворота 90, 120 и 135° и радиусом изгиба 400 мм для труб с условным проходом до 50 мм и прямые элементы.

4. *По макетам.* Этот метод применяется при выполнении трубных разводов в фундаментах и подливках полов для сложных силовых установок. Для осветительных установок этот метод не применяется.

Заготовленные в МЭЗ отдельные трубы, трубные блоки и пакеты транспортируются к месту монтажа. Блоки значительной протяженности собирают отдельными секциями для удобства транспортировки. При сборке укрупненных трубных блоков необходимо учитывать кроме их массы и транспортабельности наличие и размеры монтажных проемов для подачи их к месту установки.

МЭЗ выдают для монтажа на объекте следующую готовую продукцию:

отдельные целые трубы или их отрезки, включая изогнутые под требуемым углом с резьбой на обоих концах или без резьбы, с соединительными муфтами, гильзами или манжетами;

трубные пакеты, состоящие из нескольких полностью обработанных труб, укрепленных на общей опорной конструкции в один ряд и укомплектованных соединительными деталями;

трубные блоки, т. е. несколько полностью обработанных труб, укрепленных параллельно в несколько рядов на общей опорной конструкции и укомплектованных соединительными деталями;

трубные монтажные узлы, объединяющие несколько элементов трубных разводов или несколько трубных пакетов и блоков,

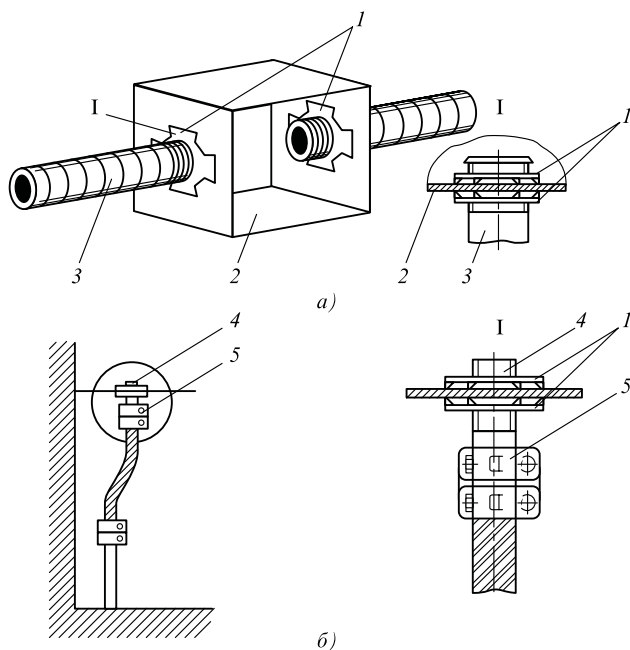


Рис. 8.23. Применение унифицированных изделий при монтаже электропроводок в трубах:

а – установочных заземляющих гаек для соединения стальных труб с коробками; *б* – вводных патрубков и трубных разъемных муфт для безрезьбового соединения стальных труб с металлорукавами; 1 – гайка; 2 – коробка; 3 – стальная труба; 4 – вводный патрубок; 5 – трубная разъемная муфта

соединенных между собой ответвительными коробками и протяжными ящиками в единое целое.

Трубные блоки и отдельные их элементы поставляются на монтажный объект комплектно в собранном виде вместе с протяжными и ответвительными коробками, протяжными ящиками, унифицированными изделиями и деталями. К последним относятся одно- и двухлапковые скобы и скобки для крепления проводов и кабелей с разными диаметрами непосредственно к основаниям; установочные заземляющие гайки для создания металлического контакта между трубой и стенкой ящика, аппарата или коробки (рис. 8.23, *а*), в которые вводится труба; трубные разъемные муфты и патрубки для безрезьбового соединения стальных труб с металлорукавами (рис. 8.23, *б*); пластмассовые разъемные и неразъемные втулки для оконцовки труб и защиты проводов. Соединения и ответвления проводов, монтируемых в трубах, выполняются в пластмассовых, стальных или чугунных коробках, а также

стальных ящиках, выпускаемых для разных условий окружающей среды.

Пластмассовые трубы, как и стальные, заготавливаются на технологических линиях в мастерских, где также производят правку труб, поступающих в бухтах, разметку, резку, изгибание, установку ответвительных коробок и сборку в блоки, но они не требуют очистки и окраски.

Подготовка трубных трасс и прокладка труб. Подготовка трасс для прокладки трубопроводов начинается с выбора их места и разметки. Указанные в рабочих чертежах проекта направления и протяженность трубных трасс, привязка их к технологическим осям и комплектным устройствам, места установки протяжных ящиков и выхода труб к электроприемникам уточняются на месте.

Установленные нормативные расстояния между точками крепления труб, радиусы их изгиба и другие размеры необходимо строго соблюдать при разметке трубных трасс.

Крепление стальных труб с диаметрами 10...20, 25...32, 40...80, 100 мм производят соответственно через 2,5; 3; 3,5...4 и 6 м, а на изгибах – через 150...200 мм от угла поворота. Расстояние от труб отопления и горячего водоснабжения до трассы при параллельной прокладке должно быть не менее 100 мм, а при пересечениях – 50 мм. Трубы при скрытой прокладке в воду необходимо заглублять не менее чем на 20 мм и защищать слоем цементного раствора. Расстояние между протяжными коробками не должно превышать на прямых участках – 75 м, при одном изгибе трубы – 50 м, при двух – 40 м, при трех – 20 м.

При изгибании труб следует использовать нормализованные углы поворота (90, 105, 120, 135 и 150°) и радиусы изгиба (200, 400 и 800 мм). Минимально допустимый радиус изгиба труб диаметром 50 мм при открытой прокладке равен четырем наружным диаметрам трубы, при больших диаметрах – шести; при прокладке труб в бетонных массивах – десяти (как исключение шести); при прокладке (открытой и скрытой) в трубах кабелей с голой свинцовой, алюминиевой и поливинилхлоридной оболочками – десяти (допускается и шести при скрытой прокладке, когда вскрытие трубопровода не затруднено).

Расстояния между точками крепления полимерных труб с диаметрами 15, 20, 25, 32, 40 и 50 мм должны быть соответственно 1; 1,4; 1,8; 2,2 и 3 м, а между осями параллельно прокладываемых труб с диаметрами до 25, 50, 70 и 80 мм – соответственно 65, 105, 140 и 150 мм.

Кроме того, при разметке трубных трасс необходимо: располагать все ответвительные коробки на прямых участках размотки на одной линии, параллельной архитектурным линиям здания;

устанавливать в местах пересечения осадочных и температурных швов специальные ящики с компенсаторами или гибкие компенсаторы;

наклонять трубные трассы в одну сторону, в частности при обходе препятствий, для предотвращения образования водяных мешков или скопления влаги от конденсации паров;

выполнять трубные трассы не более чем с тремя прямыми углами;

избегать пересечений и сближений с горячими поверхностями и трубами теплотрасс;

сокращать число обходов препятствий и мест пересечения труб с другими коммуникациями.

Начало трубных трасс определяют по рабочим чертежам, на месте определяют расположение щитов, щитков, шкафов и других электроконструкций, а затем производят их точную разметку. Места установки электроприемников размечают с точной рациональной привязкой к ним концов труб. Далее по высотным отметкам и расположению осей наносят линию, связывающую между собой электроконструкции и электроприемники. Для одиночных трубопроводов эта линия является местом их точного расположения; для трубных блоков вертикальные линии разметки определяют их среднюю ось, а горизонтальные — верхние края. На определенной трассе размечают места установки протяжных и ответвительных ящиков и коробок в натуральных размерах; производят разбивку поворотов труб, придерживаясь нормализованных углов и радиусов изгиба труб, отмечают места установки опорных крепежных конструкций. Трассы скрытых трубных проводок можно размечать по кратчайшим расстояниям или любому удобному направлению.

Сборку трубных заготовок в трубопроводы на месте монтажа осуществляют по проектным чертежам прокладки труб и трубозаготовительным ведомостям. Элементы заготовок, поступающие на место монтажа, имеют порядковые номера, указанные в ведомостях и чертежах. Заготовки маркируют обычно от начала трубопровода к его концу в определенной последовательности (каждую трубную нитку или поток труб, составляемый из трубных пакетов и блоков). Отдельные элементы трубных заготовок, трубные пакеты и блоки собирают в трубопроводы последовательно (от начала к концу или с обоих концов навстречу друг к другу) и по мере сборки прикрепляют их к опорным конструкциям.

Электропроводки в трубах могут быть скрытыми и открытыми, при этом технология их монтажа одинакова. Открытая прокладка труб требует более тщательной их обработки для придания монтируемой электросети хорошего внешнего вида, поэтому изгибание труб в этом случае производят с меньшим радиусом.

Стальные трубопроводы прокладывают непосредственно по строительному основанию или на опорных конструкциях (потолочных и настенных) различного исполнения (рис. 8.24, *a...e*). При открытой прокладке одиночные трубы крепят скобами с одной или двумя лапками (рис. 8.24, *ж*). Опорные конструкции устанавливают в одной плоскости по линии разметки: сначала две крайние конструкции на трассе проводки или ее отдельного участка, а затем, натянув между ними шнурок или проволоку, на равных расстояниях, на одном уровне и в одной плоскости – остальные. Закрепляют их на расстоянии 50...100 мм от строительной поверхности, облегчая прокладку труб по неровным стенам и потолкам, а также их ввод в протяжные ящики и ответвительные коробки. К опорным конструкциям трубы крепятся: накладками, хомутами (рис. 8.24, *з, и*) и другими деталями заводского изготовления; не допускается крепление труб к металлическим конструкциям сваркой. При монтаже трубных блоков опорные конструкции не применяют, поскольку конструкции, связывающие трубы в блоки, служат одновременно и опорными. Трубы, проложенные скрыто в бороздах, примораживают алебастровым раствором, а затем штукатурят. В полах, каналах или фундаментах трубы прикрепляют к стальной арматуре либо специальным опорным конструкциям во избежание их малейшего смещения при замоноличивании.

Заделку скрытых трубных проводок выполняют после проверки качества монтажа, а также качества укладки и соединения труб

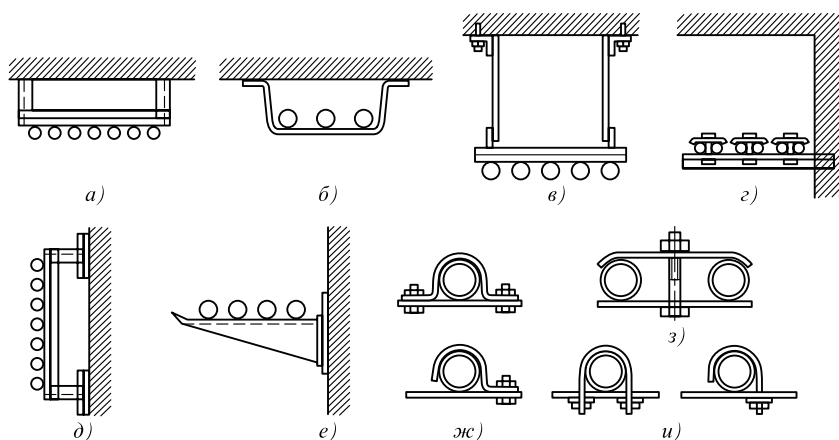


Рис. 8.24. Опорные и крепежные конструкции и детали для трубных проводок:

a, б, в – потолочные опорные конструкции соответственно из уголка, перфорированной полосы и на подвесках; *г, д* – настенные опорные конструкции; *е* – кронштейн; *ж* – скоба; *з* – накладка; *и* – хомуты

и оформляют актом на скрытые работы. Трубы соединяют между собой муфтами с резьбой, а также муфтами без резьбы, манжетами, с помощью соединительных и ответвительных коробок и ящиков. Места соединений труб уплотняются подмоткой на резьбу пенькового или льняного волокна, пропитанного суриком или белилами, тертыми на олифе, или все чаще в последнее время лентой ФУМ (фторопластовый уплотняющий материал).

Соединение труб электропроводок, используемое в качестве заземляющего проводника, должно создавать надежный электрический контакт. При открытой проводке труб в сухих нормальных помещениях такое соединение выполняется муфтами с контргайками, а при скрытой и открытой проводках в остальных помещениях — муфтами на резьбе с уплотнением мест соединений. Допускается также электрическое соединение приваркой металлических перемычек достаточной проводимости (круглая сталь диаметром 5 мм).

Резьба на трубах может быть длинной (сгон), на которой должны поместиться муфта и контргайка; средней (полусгон), предназначенной для размещения двух контргаек с запасом, и короткой, составляющей не менее половины соединительной муфты. В отдельных случаях (во взрывоопасных зонах, при наличии сотрясений и вибраций) соединительные муфты дополняют контргайками. Соединения труб, прокладываемых открыто без уплотнения мест соединений, можно выполнять манжетами, гильзами или муфтами с растробом.

Повышенные требования предъявляются к электропроводкам в стальных трубах во взрывоопасных зонах, монтаж которых выполняется в соответствии с инструкцией ВСН 332–74. Длину открыто прокладываемых трубопроводов в этом случае необходимо сокращать за счет рационального выбора трасс. Однако любое изменение трассы должно согласовываться с проектной организацией или заказчиком. Открыто прокладываемые электропроводки в трубах во взрывоопасных зонах должны располагаться ниже технологических трубопроводов, если отношение плотности горячих паров и газов, проходящих в них, к плотности воздуха менее 0,8, и выше технологических трубопроводов, если это отношение более 0,8.

В сырых, особо сырых помещениях, а также в помещениях с возможным резким изменением температуры, где в трубах может образовываться конденсат, трубопроводы должны прокладываться с уклоном не менее 3 мм на 1 м длины (с коэффициентом 0,003) к специально устанавливаемым для сбора конденсата водосборникам. Водосборник представляет собой отрезок водогазопроводной трубы длиной 200...300 мм, соединенный с трубопроводом или через свободный патрубок коробки, или через специально установленный водопроводный прямой тройник, и направленный вниз.

Внизу водосборной трубки на короткой резьбе устанавливается муфта с пробкой. Устанавливать краны, вентили и другую арматуру для спуска конденсата на коробках и водосборных трубках не допускается.

Трубопроводы, собираемые из винипластовых, полиэтиленовых и полипропиленовых труб, имеют небольшую механическую прочность, поэтому их надо защищать от механических нагрузок и ударов. Механические свойства пластмассовых труб зависят также от окружающей температуры: при температуре ниже 0°C трубы становятся жесткими и хрупкими, с ее повышением – пластичными, а при $110...150^{\circ}\text{C}$ – плавятся.

Обработку и монтаж пластмассовых труб производят только при температуре выше нуля. Трубы и детали к ним, транспортируемые к месту работ при минусовой температуре, должны быть выдержаны перед монтажом при температуре выше нуля.

Винипластовые трубы обладают способностью значительно изменять свою длину в зависимости от окружающей температуры. При открытой прокладке длинных трубопроводов из этих труб такие изменения воспринимаются элементами самого трубопровода (углами, утками, отводками) или специальными компенсаторами. Для обеспечения свободного перемещения при изменении длины винипластовые трубы к опорным конструкциям прикрепляются жестко (неподвижно) скобами с прокладками из прессшпана только на конечных участках трассы, в местах ввода их в корпуса ящиков, коробок, аппаратов и при вертикальной прокладке. Промежуточные же крепления труб за счет использования скоб несколько большего размера должны обеспечивать их свободное продольное перемещение.

Расстояние между пластмассовыми электропроводами и теплопроводами при их параллельной прокладке должно быть не менее 100 мм, причем пластмассовый электропровод прокладывается ниже теплопровода; при их пересечении расстояние между ними должно быть не менее 50 мм.

Пластмассовые трубы в местах прохода через стены и перекрытия прокладывают в стальных, резиновых или пластмассовых гильзах. Соединение труб в этих гильзах не допускается. Внутренний диаметр гильзы должен на 5...10 мм превышать наружный диаметр трубы, а края гильзы должны выступать на 10...20 мм за пределы стен и других строительных оснований.

Полиэтиленовые трубы из-за их горючести могут прокладываться только скрыто. Запрещается прокладка этих труб в горячих цехах. Трасса их прокладки не должна совпадать или пересекаться с горячими поверхностями. Полиэтиленовые трубы соединяются сваркой в литых полиэтиленовых муфтах, горячей обсадкой в муфтах с раструбами, муфтами из термоусаживающихся

материалов (термофитов), склеиванием в муфтах и самосклеивающейся лентой.

Соединение винипластовых труб между собой осуществляется в литых винипластовых муфтах или муфтах с раструбом (образуемом на одном из концов соединяемых труб оправкой), а с коробками и ящиками — клеем БМК-5 или ИКФ-147.

В сухих нормальных помещениях склеивания или специального уплотнения полиэтиленовых труб не требуется, но обязательно крепление их в местах ввода, выполняемое плотной посадкой на вводный патрубок с помощью уплотнительной втулки.

Изгибание винипластовых труб осуществляется с предварительным нагревом, а полиэтиленовых — при температуре выше нуля, но без подогрева.

При горячей обсадке конец полиэтиленовой трубы на расстоянии 40...50 мм разогревается горелкой ГПВМ-0,1 в течение 45 с до размягчения, а затем в него вдвигается оправка для образования раструба. После этого в образовавшийся неостывший раструб вставляется конец другой трубы.

При соединении плотной посадкой конец одной трубы вставляют (вдвигают с усилием) вместе с царапающей вставкой в раструб другой трубы (муфты). Царапающая вставка представляет собой пластину размером 15×20 мм из листовой стали толщиной 0,3...0,5 мм с пробоями, нанесенными на нее в шахматном порядке с обеих сторон конусной оправкой.

При соединении труб в термофитовой муфте ее равномерно прогревают газовоздушной горелкой в течение 8...10 с (температура усадки муфты 120...135 °С).

Самоклеящуюся ленту типа ЛЭТСАРЛП наматывают на место соединения внахлест в два слоя с усилием, обеспечивающим ее двойное растяжение.

Для выполнения электропроводок в полимерных трубах выпускаются специальные комплекты нормализованных изделий: соединительные уголки для поворота трассы, протяжные коробки, скобки, уплотнительные втулки, соединительные муфты, а также трубы длиной 3 м с раструбом.

Имеющийся вдоль электросварочного шва внутри тонкостенных стальных труб наплыв металла — грат создает трудности при их обработке и соединении. Рациональным для таких труб является соединение на обычной трубной резьбе с помощью стандартных муфт, фитингов и коробок. В целях сохранения необходимой толщины стенок труб используется способ накатки резьбы, при этом металл выдавливается, и наружный диаметр резьбы становится больше наружного диаметра трубы.

Наличие вдоль сварочного шва острых выступов создает опасность повреждения изоляции проводов, грат удаляют или сплю-

щивают различными способами, например протягиванием через трубу резцовой оправки с помощью троса электрической лебедки.

Так как при сварке тонкостенных труб существует повышенная возможность прожога стенок, требуется сварщик высокой квалификации и применение качественных электродов малого диаметра; по этой же причине приваривать их к металлоконструкциям также не разрешается.

Тонкостенные стальные трубы изгибают на трубогибном станке с использованием специальных сектора и вкладыша, имеющих углубленный ручей, т. е. выточку с диаметром на 2...3 мм больше половины диаметра трубы. Диаметр же сектора должен точно соответствовать диаметру трубы. Кроме того, в этом случае на станке устанавливаются прижимные ролики.

Соединения открыто прокладываемых стальных труб, не требующие уплотнений, производятся с помощью клиновых манжет и другими способами. При скрытой прокладке стальных труб с уплотнением применяются муфты на накатанной резьбе. Сварка труб или их приварка к металлоконструкциям не допускается.

Прокладка проводов в трубах и их заземление. Для прокладки в трубах допускается применять провода марок АПРТО, ПРТО, АПВ, ПВ, ПГВ, АПР, ПР, АПРВ и ПРВ и кабели марок АВРГ, ВРГ, АНРГ, НРГ, АВВГ, АПВГ и др.

Марки, сечения и число прокладываемых проводов и кабелей, а также размеры труб в каждом отдельном случае определяются проектом в зависимости от материала труб, способа их прокладки и окружающей среды.

Силовые и осветительные электропроводки в трубах могут состоять из одной или нескольких электрических цепей и прокладываться на значительном протяжении по совместной трассе.

Работы по монтажу электропроводок в трубах выполняются в определенной технологической последовательности в две стадии.

На первой стадии, в процессе сооружения здания, осуществляют подготовительно-заготовительные работы, в том числе обработку и заготовку труб, их прокладку и заготовку электропроводок. Трубные заготовки (рис. 8.25) выполняются:

по трубозаготовительным ведомостям и чертежам рабочего проекта;

беззамерными, состоящими из прямых участков стальных труб нормальной длины, в комплекте с типовыми фасонными отводами и углами, поставляемыми в определенном количестве на 100 м труб;

по макетам, повторяющим точно размеры помещений, в которых предполагается прокладывать трубы;

по эскизам, составленным электромонтажниками-замерщиками с натуры непосредственно на монтажной площадке.

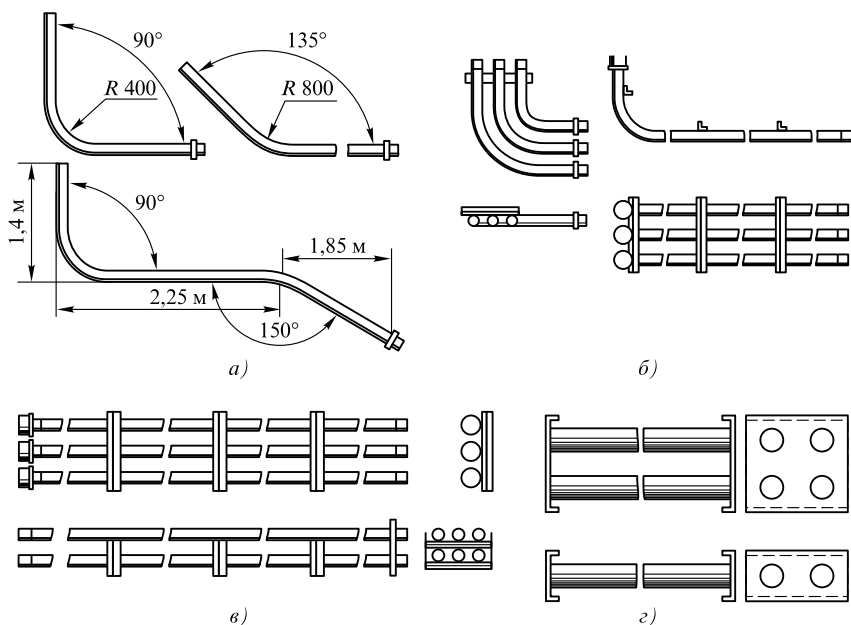


Рис. 8.25. Трубные заготовки:

а – трубы, изогнутые под разными углами; *б* – пакеты гнутых труб; *в* – пакеты и блоки прямых труб; *г* – блоки труб с общими фланцами

На второй стадии затягивают провода в трубы и производят все подсоединения. Открытая прокладка труб может выполняться на второй стадии монтажа после окончания строительно-отделочных работ.

Затягивание проводов в трубы производится с помощью проволоки или троса. Перед этим удаляют со свободных концов труб пробки и заглушки, проверяют трубопровод продуванием воздуха, вдувают в него тальк (для облегчения уменьшения трения провода о стенки труб) и затягивают протяжную стальную ленту или стальную спираль с шариком на конце либо стальную проволоку диаметром 1,5... 3,5 мм с петлей на конце. Протяжную проволоку проталкивают в трубу со стороны одной из коробок или с конца трубы, а протяжной трос затягивают с помощью специального гибкого шланга.

На концах трубопровода устанавливаются втулки для предохранения изоляции проводов от повреждения.

Провода с большими сечениями затягиваются в трубы с помощью специальных захватов, небольших лебедок, универсального электромонтажного привода и других приспособлений (рычажных, пневматических). Для облегчения затягивания проводов в протя-

женные трубопроводы с большим числом изгибов дополнительно устанавливаются соединительные коробки или ящики.

В вертикально проложенные трубы провода затягивают снизу вверх и закрепляют изоляционными клицами или зажимами (при сечениях проводов до 50 мм^2 — через 30 м, при сечениях $70 \dots 150 \text{ мм}^2$ — через 20 м и при сечениях $185 \dots 240 \text{ мм}^2$ — через 15 м).

Стальные трубы должны иметь гладкую внутреннюю поверхность и антикоррозионное покрытие на наружной поверхности (кроме труб, замоноличиваемых в строительные конструкции).

Соединения и ответвления проводов, проложенных в трубах, выполняются в коробках опрессовкой, сваркой или сжимами; соединение проводов непосредственно в трубах запрещается. Места соединений изолируют лентой или колпачками, а провода маркируют бирками, на которых указывают наименование и назначение присоединений, марку и сечение провода.

Стальные тонкостенные трубы с толщиной стенок не менее 1,5 мм могут использоваться в качестве заземляющих проводников. Для создания непрерывной цепи заземления и надежного электрического контакта между соединенными трубами при скрытой прокладке и открытой прокладке в сетях с заземленной нейтралью требуется приварить с каждой стороны труб в двух-трех точках металлические коробки, соединительные муфты, манжеты или гильзы. Допускается выполнять эти электрические соединения приваркой металлических перемычек достаточной проводимости. Так образуется непрерывная электрическая цепь, в которую входят трубы, ответвительные и протяжные коробки.

При скрытой прокладке параллельно нескольких стальных труб их соединяют между собой приваркой стальных плоских полос, а если трубопровод выполнен из неметаллических труб, заземление стальных корпусов электроприемников, ящиков и коробок производится присоединением их к проложенной вблизи открытой магистрали заземления или стальной заземляющей полосе, специально проложенной вдоль трассы. При отсутствии магистрали заземления прокладывают четвертый провод с сечением не менее 50 % фазного провода (медный с сечением $1,5 \text{ мм}^2$, а алюминиевый с сечением $2,5 \text{ мм}^2$). Собранный полностью трубопровод присоединяют к контуру защитного заземления не менее чем в двух местах (в начале и конце трубопровода).

Вопросы для самоконтроля

- I. 1. Какие трубы используются для трубной канализации?
2. Какие провода и кабели допускается прокладывать в трубах?
3. Какие детали применяются при монтаже электропроводок в трубах?

- II. 1. Где применяются электропроводки в трубах?
2. Какие вы знаете способы окраски труб?
3. Какие методы индустриальной заготовки элементов трубных трасс вы знаете?
4. Какую продукцию выдают мастерские в результате обработки труб?
5. Какие требования необходимо выполнять при разметке трубных трасс?
- III. 1. Какие операции выполняются на технологической линии по обработке стальных труб?
2. Какова последовательность операций при механической обработке труб?
3. Какова последовательность подготовки трубных трасс?
4. Как провода затягивают в трубы?

Глава 9. СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

9.1. Стандарты и технические условия

Организационно-нормативной основой управления качеством продукции является государственная система стандартизации, включающая в себя государственные, отраслевые, республиканские стандарты, стандарты предприятия и технические условия.

Стандартизация – это определение минимальных требований для получения максимального эффекта; стандартизация основывается на объединении достижений науки, техники и практического опыта, определяя основу не только настоящего, но и будущего развития. Все основные положения стандартизации и ее объекты определяются Государственной системой стандартов России (ГОСТ Р 1.0–92; ГОСТ Р 1.2–92; ГОСТ Р 1.3–92; ГОСТ Р 1.4–92; ГОСТ Р 1.5–92).

В соответствии с Законом РФ «О стандартизации» система стандартов введена в целях обеспечения:

безопасности продукции, работ и услуг для окружающей среды, жизни, здоровья людей и их имущества;

технической и информационной совместимости, а также взаимозаменяемости продукции;

качества продукции, работ и услуг в соответствии с уровнем развития науки, техники и технологий;

единства измерений;

экономии всех видов ресурсов;

безопасности хозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф и других чрезвычайных ситуаций;

работоспособности и мобилизационной готовности страны.

Государственное управление стандартизацией осуществляет Комитет РФ по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарт России).

К нормативным документам по стандартизации, действующим на территории России, относятся:

государственные стандарты;

международные (региональные стандарты), применяемые в установленном порядке;

правила, нормы и рекомендации по стандартизации;

общероссийские классификаторы технико-экономической информации;

стандарты отраслей;

стандарты предприятий;

стандарты научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений.

Государственные стандарты России (ГОСТ Р) распространяются преимущественно на нормы, параметры, размеры, требования и правила, понятия и термины, установление которых необходимо для обеспечения единства и взаимосвязи различных областей науки, техники, производства и культуры. Ими обычно охватывается продукция массового крупносерийного производства.

Отраслевые стандарты (ОСТ) устанавливаются на продукцию, не являющуюся объектом государственной стандартизации, на технологический инструмент и технологическую оснастку, специфичные для конкретной отрасли, а также на технологические нормы и типовые технологические процессы отраслевого применения. ОСТ утверждаются министерством, являющимся ведущим в производстве данного вида продукции.

Стандарты предприятия (СТП) устанавливаются на объекты, имеющие применение только на определенном предприятии. В частности на детали и сборочные единицы, являющиеся составными частями изготавливаемой продукции, технологическую оснастку и инструмент, технологические нормы, требования и правила, действующие на этом предприятии. СТП утверждаются руководством предприятия.

На продукцию ограниченного применения, а также изготовленную по разовым заказам, стандарты не устанавливаются. Качество такой продукции обуславливается *техническими условиями*. Они утверждаются либо дирекцией объединения (предприятия) по согласованию с заказчиками, либо вышестоящим хозяйственным органом.

Обозначение стандарта состоит из аббревиатуры, номера и последних двух цифр года утверждения (пересмотра), например ГОСТ Р 1.5–92.

В зависимости от содержащихся требований стандарты подразделяют на виды: стандарты технических условий (устанавливают всесторонние технические требования к продукции при ее изготовлении, поставке и эксплуатации); стандарты параметров – размеров (устанавливают параметры или размерные ряды продукции по основным эксплуатационным характеристикам); стандарты типов и основных параметров (устанавливают типы продукции по основным параметрам и другим эксплуатационным характеристикам с указанием более прогрессивных из них); стандарты конструкций и размеров (устанавливают конструктивные исполнения

и основные размеры для определенной группы изделий в целях их унификации и обеспечения взаимозаменяемости); стандарты марок (устанавливают марки и химический состав материала); стандарты сортамента (устанавливают геометрические формы, размеры продукции); стандарты технических требований (устанавливают требования к качеству, надежности, долговечности и внешнему виду продукции, определяют гарантийные сроки службы и комплектность поставки); стандарты правил маркировки, упаковки, транспортировки и хранения; стандарты правил приемки (обеспечивают единство требований при приемке продукции по качеству и количеству, устанавливают виды и программы испытаний); стандарты методов испытаний (обеспечивают единство оценки показателей качества); стандарты методов и средств поверки мер и измерительных приборов (обеспечивают требуемую точность и единство измерений); стандарты правил эксплуатации и ремонта; стандарты типовых технологических процессов (устанавливают способы и технические средства для выполнения и контроля технологических процессов с целью внедрения прогрессивной технологии производства и обеспечения единого уровня качества продукции).

Основные задачи органов и служб системы стандартизации всех уровней устанавливает ГОСТ Р 1.0–92. Госстандарт России ведет государственный надзор за внедрением и соблюдением стандартов и технических условий, состоянием и применением измерительной техники, стандартизацией показателей качества продукции, а министерства и ведомства следят за качеством продукции, внедрением и соблюдением стандартов и технических условий. При выявлении факторов реализации продукции с отступлением от требований стандартов соответствующие органы дают предписание об изъятии прибыли в доход государства. Потребители, получившие недоброкачественную продукцию, не соответствующую требованиям стандартов или технических условий, могут отказаться от ее оплаты. Предприятие несет ответственность за качество изготавливаемой им продукции.

Стандартизация на плановой основе позволяет проводить единую государственную организационно-техническую политику повышения качества продукции и обеспечивает научно-техническое и научно-методическое единство управления качеством на всех уровнях управления народным хозяйством.

На стадии исследования и проектирования стандартизация позволяет:

устанавливать требования к качеству готовой продукции на основе комплексной стандартизации ее качественных характеристик, сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий с учетом передовых достижений науки и техники, а также интересов потребителей и изготовителей;

устанавливать нормы, требования и методы проектирования новой продукции с целью обеспечения ее оптимального качества и исключения нерационального многообразия видов, марок и типоразмеров;

обеспечивать повышение уровня унификации продукции как важнейшего условия специализации производства, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, ускорения научно-технического прогресса, повышения производительности труда при ее изготовлении, а также эффективности эксплуатации и ремонта.

На стадии производства продукции стандарты определяют единый порядок подготовки конструкторской и технологической документации, применение типовых технологических процессов, стандартной оснастки и оборудования, а также способы комплексной механизации и автоматизации трудоемких процессов.

На стадии обращения и реализации продукции стандартизация определяет требования к ее упаковке, консервированию, транспортировке, складированию, хранению и реализации, позволяющие сохранить требуемое качество на всех этапах.

На стадии потребления и эксплуатации стандартизация устанавливает единые требования к обслуживанию и ремонту продукции (в том числе гарантийному), а также к сбору и анализу информации о ее качестве при эксплуатации. Это улучшает организацию ремонта и обслуживания, сокращает затраты на эксплуатацию и повышает отдачу.

Особенностью современного этапа развития стандартизации является переход от разработки отдельных стандартов к комплексным программам. Реализация этих программ включает в себя разработку и пересмотр взаимосвязанных стандартов и технических условий на готовую продукцию, комплектующие изделия, сырье, материалы, оборудование и приборы, а также на методы и организацию подготовки производства, испытаний, контроля, измерений, правила упаковки, хранения, транспортировки, эксплуатации и ремонта.

Разработка и внедрение программ комплексной стандартизации позволяет концентрировать всю деятельность на достижении конечных результатов.

По мере ускорения темпов научно-технического прогресса возникает тенденция к абсолютному и относительному сокращению сроков действия стандартов. Стандартизация приобретает все более динамичный характер, предъявляя свои требования к методам и срокам разработки, внедрения и пересмотра стандартов. Задачу повышения динамичности и оперативности стандартизации можно решать создавая перспективные, опережающие стандарты, отражающие передовой опыт отечественных предприятий,

лучших зарубежных фирм и включающие в себя прогрессивные показатели стандартов промышленно развитых стран.

9.2. Общие положения ЕСКД и ЕСТД

В современных условиях развития производства и совершенствования экономики одной из важнейших задач является сокращение сроков создания и освоения новой техники, а также снижения трудоемкости ее изготовления. Успешное решение этой задачи в значительной степени зависит от уровня нормативно-технического и информационного обеспечения разработки и постановки продукции на производство, а также четкого соблюдения требований государственных стандартов общетехнических систем, например Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и Единой системы технической документации (ЕСТД).

ЕСКД представляет собой комплекс государственных стандартов, устанавливающих единые правила и положения порядка разработки, оформления и обращения конструкторской документации организациями и предприятиями страны. Эти единые правила распространяются на все виды конструкторских документов, учетно-регистрационную, нормативно-техническую и технологическую документацию, а также на научно-техническую и учебную литературу.

В настоящее время ЕСКД – важнейшая система постоянно действующих технических и организационных требований, обеспечивающих взаимосвязь и возможность взаимного обмена конструкторской документацией в различных отраслях промышленности и между отдельными предприятиями. Она позволяет унифицировать на стадии конструкторской разработки промышленные изделия, упростить и сократить число документов, а также ввести единое графическое изображение, механизировать и автоматизировать создание документации, а следовательно, обеспечить готовность промышленности к организации производства любого изделия на любом предприятии в наиболее короткие сроки.

Комплексу стандартов Единой системы конструкторской документации присвоен номер второго государственного стандарта, и относится он к первой классификационной группе указателя Т52.

Состав стандартов, входящих в ЕСКД, определяется соответствующими перечнями, публикуемыми Госстандартом России в установленном порядке.

Стандарты ЕСКД подразделяются на следующие классификационные группы:

- 0 – общие положения;
- 1 – основные положения;

2 – классификация и обозначение изделий в конструкторских документах;

3 – общие правила выполнения чертежей;

4 – правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения;

5 – правила обращения конструкторских документов (учет, хранение, дублирование, внесение изменений);

6 – правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации;

7 – правила выполнения схем;

8, 9 – прочие стандарты.

Например, стандарт ЕСКД «Правила внесения изменений» обозначается как ГОСТ 2.503–90. Это обозначение расшифровывается следующим образом:

90 – год регистрации стандарта; 03 – порядковый номер стандарта в группе; 5 – классификационная группа стандарта; 2 – класс стандарта; ГОСТ – категория нормативно-технического документа.

Порядок применения стандартов ЕСКД. Внедряются стандарты ЕСКД в промышленность через головные (базовые) организации отраслей промышленности, которые осуществляют:

проведение научно-исследовательских работ по основным направлениям системы;

разработку и пересмотр совместно с другими отраслями промышленности стандартов, а также изменений к ним;

проведение экспериментальных работ по автоматизации выполнения и обращения конструкторских документов;

систематическое обобщение предложений промышленности по дальнейшему совершенствованию и развитию стандартов;

оказание технической помощи отраслевым предприятиям, проведение консультаций, лекций и т. п.

Для решения вопросов, связанных с использованием ЕСКД во всех отраслях народного хозяйства, каждое министерство (ведомство) имеет свою головную организацию по ЕСКД, которая должна проводить систематическую работу по разъяснению предприятиям отрасли всех возникающих вопросов; осуществлять периодический контроль за соблюдением действующих и внедрением новых, пересмотренных и измененных стандартов; проводить работы по сбору, анализу, систематизации и обобщению предложений организаций (предприятий) отрасли по их дальнейшему развитию и совершенствованию.

С целью сокращения сроков разработки новых изделий установлен следующий порядок применения стандартов ЕСКД:

вся вновь разрабатываемая конструкторская документация должна полностью соответствовать действующим стандартам;

при внедрении новых, пересмотренных и измененных стандартов конструкторскую документацию, разработанную ранее, допускается не переоформлять;

при переиздании существующей конструкторской документации (подлинников) и передаче ее другой организации (предприятию) необходимо учитывать требования новых, пересмотренных и измененных стандартов;

вопрос о внесении в документацию новых разработок изменений, связанных с введением новых, пересмотренных и измененных стандартов, должен решаться предприятием-разработчиком. Для конструкторской документации, разработанной по заказу Министерства обороны России, это решение должно быть согласовано с представителем заказчика.

В случае передачи другой организации (предприятию) учтенных копий или дубликатов конструкторских документов вопрос о внесении в них изменений, связанных с внедрением новых, пересмотренных и измененных стандартов ЕСКД, должен решаться по согласованию с организацией, принимающей их, а для разработок по заказу Министерства обороны России – и с представителями заказчика.

Сроки переоформления конструкторской документации в связи с внедрением новых, пересмотренных и измененных стандартов ЕСКД могут устанавливаться для отдельных отраслей промышленности.

Порядок применения конструкторских документов, разработанных до введения в действие соответствующих стандартов ЕСКД, во вновь разрабатываемой конструкторской документации, устанавливает предприятие-разработчик по согласованию с заводом-изготовителем. Для конструкторской документации, разработанной по заказу Министерства обороны России, применение такой документации должно быть согласовано с представителями заказчика, предприятия-разработчика и завода-изготовителя.

Основные положения ЕСКД. Первая классификационная группа объединяет в себе основополагающие стандарты, определяющие построение системы, структуру конструкторских документов, их номенклатуру (комплектность), а также правила выполнения текстовых конструкторских документов. В первую очередь к этой группе относятся:

ГОСТ 2.101–68 «ЕСКД. Виды изделий», устанавливающий возможность применения любого конструкторского документа на конкретное изделие при его вхождении в состав других изделий без переоформления. Понятия, изложенные в нем, положены в основу построения конструкторской документации и определяют порядок ее обращения во всех сферах использования;

ГОСТ 2.102–68 «ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов», регламентирующий номенклатуру конструкторских документов и позволяющий выбрать для вновь разрабатываемого изделия минимальное число необходимых документов, зависящее от его вида и стадии разработки;

ГОСТ 2.103–68 «ЕСКД. Стадии разработки», устанавливающий определенные стадии разработки конструкторской документации, единую терминологию, требования к содержанию и оптимальный объем работ, выполняемых на каждой стадии. В его развитие разработаны ГОСТ 2.118–73 «ЕСКД. Техническое предложение», ГОСТ 2.119–73 «ЕСКД. Эскизный проект», ГОСТ 2.120–73 «ЕСКД. Технический проект», способствующие совершенствованию организации конструкторских работ на проектных стадиях, повышению производительности труда разработчиков, улучшению качественных и технико-экономических показателей выпускаемых изделий;

ГОСТ 2.104–68 «ЕСКД. Основные надписи», устанавливающий единые форму, размеры, порядок нанесения основных надписей и дополнений к ним для всех конструкторских документов;

ГОСТ 2.105–95 «ЕСКД. Общие требования к текстовым документам», устанавливающий общие требования к выполнению текстовых документов на изделия всех отраслей промышленности и строительства и удовлетворяющий требованиям автоматизированного проектирования;

ГОСТ 2.106–68 «ЕСКД. Текстовые документы», содержащий правила выполнения ведомостей спецификации (ВС), ссылочных документов (ВД), покупных изделий (ВП), технического предложения (ПТ), технического проекта (ТП), эскизного проекта (ЭП), разрешения применения покупных изделий (ВИ), а также пояснительной записки (ПЗ) и расчетов;

ГОСТ 2.108–68 «ЕСКД. Спецификация», содержащий правила выполнения основного конструкторского документа, определяющего состав сборочной единицы, комплекса и комплекта;

ГОСТ 2.112–70 «ЕСКД. Ведомость держателей подлинников», устанавливающий форму и правила выполнения держателей подлинников (ДП). Наличие этого документа дает возможность определить организации, в которых хранятся подлинники конструкторских и ссылочных документов;

ГОСТ 2.114–70 «ЕСКД. Технические условия», регламентирующий все требования (совокупность всех показателей, норм, правил и положений) к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые нецелесообразно указывать в другой конструкторской документации.

В первую группу также входит ГОСТ 2.113–75 «ЕСКД. Групповые и базовые конструкторские документы», определяющий возможность содержания в одном конструкторском документе дан-

ных о двух и более изделиях (деталях, сборочных единицах, комплексах и комплектах), обладающих общими конструктивными признаками, но имеющих некоторые различия, что позволяет значительно сократить число конструкторских документов, проводить широкую унификацию самих разрабатываемых изделий и технологической оснастки для их изготовления, а также организовывать специализированные производства.

Технологическая документация и ее состав. Технологическая документация представляет собой комплект графических и текстовых документов, описывающих технологический процесс, например изготовления полупроводникового прибора или интегральной микросхемы. В ней содержатся описание применяемых в технологическом процессе операций, переходов и указания по их выполнению.

Технологическая документация является основным документом при выполнении производственных операций.

Содержание и правила выполнения технологической документации определяются Единой системой технологической документации, представляющей собой сборник государственных стандартов, устанавливающих правила и положения о порядке разработки, оформления и обеспечения комплектности продукции. Основное назначение ЕСТД заключается в установлении на всех предприятиях единых правил выполнения технологических документов, что обеспечивает возможность взаимобмена ими без переоформления.

В комплект технологической документации входят маршрутная карта, операционная карта, контрольная карта, технологическая инструкция, карта эскизов и схем.

Маршрутная карта содержит описание технологического процесса изготовления конкретного изделия, раскрывает последовательность его перемещений по всем операциям, содержит данные о требуемых оборудовании и оснастке, а также материальные и трудовые нормативы. Эта карта является обязательным документом.

Операционная и контрольная карты содержат описание конкретной операции технологического процесса с указанием режимов работы, применяемых оборудования, оснастки, инструмента, материалов. В операционной карте указываются требования к условиям производства и энергоносителям, меры предосторожности, которые необходимо соблюдать при выполнении данной операции, описывается подготовка рабочего места к началу работы и перерыву, указываются специфические особенности данной операции (например, межоперационные сроки хранения узлов и деталей, периодичность химической обработки тары и др).

К операционной карте могут прилагаться *карта эскизов и схем*, дополняющая и поясняющая содержание операции, а также *технологическая инструкция*, т.е. описание специфических приемов

работы, методик контроля технологического процесса, правил пользования оборудованием или приборами.

Технологическая документация должна обеспечивать изготовление изделия с наименьшими затратами времени, труда, материалов и определять использование наиболее прогрессивных и экономически оправданных методов производства.

9.3. Общие понятия метрологии

Высокие требования к точности изготовления изделий, качеству технологических процессов, методам и средствам измерений не могут быть выполнены без обеспечения единства измерений на государственном уровне, без создания системы государственных испытаний мер и измерительных приборов, а также без стандартизации правил и условий, необходимых для производства, измерения и эксплуатации измерительных средств. Все эти меры называются метрологическим обеспечением или метрологией. В нашей стране принят закон «Об обеспечении единства измерений».

Основные метрологические термины и определения. *Метрология* — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Измерение — нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Единство измерений — выражение результатов измерений в законных единицах с заданной погрешностью.

Физическая величина — общее в качественном отношении свойство физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта.

По способу получения численного значения величины все измерения делятся на четыре вида: прямые, косвенные, совокупные и совместные.

Прямые измерения — это определение значения измеряемой величины непосредственно из опытных данных: сравнением ее с мерой или в виде показания измерительного прибора (линейки, термометра, вольтметра).

Косвенные измерения — это определение измеряемой величины по результатам прямых измерений других величин, связанных с ней известной зависимостью. Например, мощность $P = IU$ можно найти по результатам измерений напряжения U вольтметром и силы тока I амперметром.

Совокупные измерения — определение значений нескольких одноименных физических величин решением системы уравнений. Например, определение значений токов в сложной электрической цепи методом контурных токов.

Совместные измерения – это определение искомого значения прямым измерением двух и более неоднородных физических величин и решением затем одного или системы уравнений. Например, температурный коэффициент сопротивления проводника α_m можно определить по результатам прямых измерений сопротивления R проводника и его температуры t , т. е. по выражению $R = R_0(1 + \alpha_m t)$, где R_0 – сопротивление проводника при 0°C .

Методы измерений – совокупность приемов использования средств и принципов измерений. Например, при измерениях электрических величин применяются методы непосредственной оценки и сравнения.

Метод непосредственной оценки основан на использовании измерительных приборов, шкалы которых проградуированы в единицах измеряемой величины. При этом получают значение измеряемой величины непосредственно, без каких-либо дополнительных действий со стороны лица, проводящего измерение, и без вычислений (кроме умножения его показаний на постоянную измерительного прибора или цену деления).

Из методов сравнения в электрических измерениях чаще других используются методы противопоставления, дифференциальный и нулевой.

Метод противопоставления состоит в том, что на вход сравнивающего устройства (компаратора) одновременно подаются сигналы измеряемой величины и одноименной ей величины, воспроизводимой мерой, и соотношение между ними определяют по выходному сигналу (например, измерение напряжения постоянного тока путем сравнения его с ЭДС нормального элемента с помощью компенсатора).

Дифференциальный метод заключается в измерении прибором разности измеряемой величины и величины, воспроизводимой мерой.

Нулевой метод измерений состоит в том, что разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, доводят до нуля.

Для измерения или преобразования физических величин рассмотренными выше методами служат *средства измерений*, т. е. технические средства, предназначенные для использования при измерениях и имеющие нормированные метрологические характеристики.

Метрологические характеристики средств измерений – характеристики, от которых зависит точность результатов измерения, выполняемых с помощью этих средств.

Набор мер – комплект конструктивно обособленных мер, применяемых в различных сочетаниях (магазин резисторов, магазин емкостей).

Измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для выработки сигнала в форме, доступной для непосредственного восприятия информации наблюдателем благодаря наличию отсчетного устройства (вольтметр, амперметр).

Измерительный преобразователь – средство измерений, предназначенное для преобразования входного измерительного сигнала в выходной сигнал, удобный для дальнейшего преобразования, передачи, обработки и хранения измерительной информации, но не поддающийся непосредственному восприятию наблюдателем (измерительный трансформатор, калиброванный шунт).

Измерительная система – совокупность средств измерений и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи.

Параметр измерительного сигнала, содержащий измерительную информацию, называется *информативным параметром*.

Эталон – официально утвержденное (ГОСТ 8.417–81) средство измерений, обеспечивающее воспроизводство и (или) хранение единицы измерения в целях передачи ее размера нижестоящим по поверочной таблице средствам измерений.

Единицы физических величин. Метрология базируется на единицах измерений, позволяющих осуществлять относительную оценку значений физических параметров. Физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное единице, представляется как *единица физической величины*.

Первоначально единицы физических величин выбирались произвольно, без каких-либо взаимосвязей. Значительное число произвольных единиц одной и той же величины затрудняло сравнение результатов измерений. В каждой стране создавались свои единицы. По мере развития техники, а также международных связей трудности использования результатов измерения возрастали и тормозили дальнейший научно-технический прогресс, поэтому была создана система новых мер, «основанных на неизменном прототипе, взятом из природы, с тем чтобы ее могли принять все нации».

Продолжительное время в мире применяли системы единиц, основанные на трех первичных единицах (МКС – метр, килограмм, секунда; СГС – сантиметр, грамм, секунда; МКГСС – метр, килограмм-сила, секунда). В 1960 г. была принята Международная система единиц СИ (1) – со следующими основными единицами:

- метр (м) – единица длины;
- килограмм (кг) – единица массы;
- ампер (А) – единица силы электрического тока;
- секунда (с) – единица времени;
- кельвин (К) – единица термодинамической температуры;
- кандела (кд) – единица силы света;
- моль (моль) – единица количества вещества.

В настоящее время система единиц СИ в России принята обязательной.

Перечисленные семь единиц являются основными. Единицы, образуемые по законам, устанавливающим связь между физическими величинами, называются производными. Производные единицы, как правило, образуются из соответствующих основных единиц. Так, единица скорости (м/с) определяется уравнением $V = S/t$, где S – путь, м; t – время, с.

В некоторых случаях для выражения производных единиц СИ приняты собственные названия, соответствующие именам ученых (Дж – джоуль; Вт – ватт).

Совокупность основных и производных единиц образует систему единиц.

Единицы, которые не относятся ни к основным, ни к производным, называются дополнительными (радиан,стерадиан).

Существуют также внесистемные единицы (например, литр – л, тонна – т, вольт-ампер – В·А).

На практике часто используются кратные единицы, которые в целое число раз больше системных или внесистемных, либо дольные единицы, которые в целое число раз меньше их. Для образования названий кратных и дольных единиц используются соответствующие приставки (мега, кило, дека – для кратных единиц; деци, санти, милли, микро – для дольных), которые пишутся слитно с обозначением основной единицы. Для обозначения единицы после числового значения применяют сокращенное ее обозначение (м, кг, м/с, кг/м). Единицу, названную по фамилии ученого, пишут с прописной буквы (ампер – А, ньютон – Н, вольт – В, джоуль – Дж). Точка в сокращенном обозначении единицы не применяется.

Сокращенные единицы проставляются только после числовых значений в одной строке с ними.

Буквенные обозначения единиц в произведении величин отделяются знаком умножения (точкой), а при делении – косой чертой.

Числовые значения величин с предельными отклонениями следует заключать в скобки, а после них с пробелом проставлять обозначение единицы, например (40 ± 2) Ом.

Классификация средств измерений. К средствам измерений относятся: меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи, измерительные установки, измерительные системы, которые подразделяются по назначению, принципу действия, метрологическим характеристикам и другим параметрам.

Например, по назначению различают *образцовые* средства измерений, служащие для проверки других средств измерений и официально утвержденные в качестве образцовых, и *рабочие*, исполь-

зубые для выполнения различных измерений, но не служащие для поверки других средств измерений.

Измерительные приборы подразделяются по форме представления измерительной информации, содержащейся в выходных сигналах, на аналоговые и цифровые. *Аналоговым* называется прибор, выходной сигнал которого является физическим аналогом измеряемой величины (входного сигнала). Например, перемещение подвижной рамки электромеханического вольтметра – аналог измеряемого напряжения. *Цифровым* называется прибор, у которого выходной сигнал содержит информацию о значении измеряемой величины, в цифровой форме.

Аналоговые измерительные приборы по виду отсчетного устройства делятся на показывающие и регистрирующие, а по виду информативного параметра – на интегрирующие и суммирующие. *Показывающим* называется прибор, обеспечивающий только считывание показаний (с помощью подвижного указателя и неподвижной шкалы или неподвижного указателя и подвижной шкалы). *Регистрирующим* называется прибор, в котором предусмотрена автоматическая фиксация измерительной информации. В регистрирующих приборах результат измерения записывается в виде диаграммы (одноточечные самопишущие приборы) или печатается в цифровой форме (печатающие аналоговые многоточечные приборы, одноточечные и многоточечные цифровые приборы). *Интегрирующим* называется прибор, в котором входная величина интегрируется по времени или по другой независимой переменной (например, счетчик электрической энергии интегрирует мощность по времени). *Суммирующим* называется прибор, показания которого функционально связаны с суммой двух и более величин, подведенных к нему по разным каналам.

Классификация средств измерения по измеряемой величине отражается в наименовании прибора, например вольтметр, частотомер и др. Комбинированными (мультиметрами) называются измерительные приборы, позволяющие измерять две (и более) разномынные величины, а приборы, работающие как на постоянном, так и на переменном токе, называются универсальными.

Мерой называется средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера. Различают однозначные меры, многозначные меры и наборы мер. Однозначная мера воспроизводит одну физическую величину одного размера, например нормальный элемент, конденсатор постоянной емкости, гиря. Многозначная мера воспроизводит ряд значений одноименных физических величин различного размера, например конденсатор переменной емкости, вариометр индуктивности, линейка с миллиметровыми делениями. Набор мер представляет собой специально подобранный комплект мер для воспроизведения

ряда значений одноименных величин различного размера, причем меры могут применяться как отдельно, так и в различных сочетаниях. Примеры набора мер: магазин сопротивлений, магазин емкостей, набор гирь.

В измерении физической величины обязательно используется мера. В приборах прямого действия, когда входная величина преобразуется в одном направлении от входа до указателя, это специальное устройство, откалиброванное с помощью меры при их изготовлении. В приборах сравнения производится непосредственное сравнение входной величины с мерой. Примерами таких приборов являются мосты и потенциометры.

Мерой ЭДС постоянного тока является нормальный элемент (НЭ), т. е. обратимый гальванический элемент с точно известной ЭДС. Высокая точность воспроизведения ЭДС обеспечивается принципом его построения.

Мерами электрического сопротивления R в цепях постоянного и переменного токов являются измерительные катушки и магазины резисторов. Для намотки катушек используется манганиновая проволока или лента. Номинальное сопротивление такой катушки $R_{\text{ном}} = 10^n$ Ом (где $n = -5 \dots 9$, включая нуль). Для обеспечения большого сопротивления (свыше 10 Ом) в катушке используют сверхтонкую манганиновую проволоку в стеклянной изоляции. Перспективным направлением является использование прецизионных печатных резисторов.

Мерами индуктивности L и взаимной индуктивности M являются измерительные катушки из изолированной медной проволоки, намотанной на плоский каркас из высококачественного изоляционного материала.

Мерами емкости C служат измерительные конденсаторы и магазины емкостей, которые конструктивно объединены с переключающими устройствами рычажного или штепсельного типа.

9.4. Метрологическая служба и ее задачи

Система метрологического надзора нашей страны включает в себе комплекс правил, положений и требований технического, экономического и правового характера, определяющих организацию и порядок проведения работ по поверке средств измерений, метрологической ревизии и экспертизе.

Поверка – комплекс операций, производимых в целях установления пригодности средств измерений к применению. Предусмотрены первичная, периодическая и внеочередная поверки. Первичная поверка средств измерений проводится при выпуске их в обращение и получении из ремонта. Периодической поверке подлежат средства измерений, находящиеся на эксплуатации и хранении.

Внеочередная поверка проводится в следующих случаях: когда повреждены поверительное клеймо или пломба и утрачены документы о периодической поверке; когда истекла половина гарантийного срока на средства измерений, служащие комплектующими изделиями, а также во всех случаях, когда необходимо удостовериться в их исправности.

Метрологическая ревизия средств измерений проводится на предприятиях, осуществляющих их изготовление, ремонт, эксплуатацию, хранение и продажу. Цель ревизии – совершенствование средств измерений и повышение эффективности метрологического обеспечения их производства. При возникновении спорных вопросов по метрологическим свойствам, методам и средствам поверки, исправности и пригодности средств измерений к применению проводится метрологическая экспертиза.

Метрологический надзор осуществляется единой метрологической службой, руководимой Госстандартом России и состоящей из государственной и ведомственных метрологических служб.

В метрологическую государственную службу входят:

главный центр государственной метрологической службы России, разрабатывающий научно-методические, технико-экономические, организационные и правовые основы метрологического обеспечения народного хозяйства;

главные центры государственных эталонов – метрологические институты, создающие государственные стандарты физических величин на государственные эталоны, методы и средства измерений.

Ведомственные метрологические службы включают в себя головные и базовые организации, осуществляющие ведомственный контроль за состоянием и применением средств измерений на предприятиях и в научно-исследовательских институтах.

Основная задача метрологических служб направлена на достижение единства и достоверности измерений путем соблюдения стандартов Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ), т. е. комплекса установленных взаимосвязанных правил, положений, норм и требований, определяющих организацию и методику проведения работ по оценке и соблюдению точности измерений. Основными объектами проверки ГСИ являются: единицы физических величин; государственные эталоны и общесоюзные поверочные схемы, методы и средства поверки средств измерений; нормы точности измерений; методики выполнения измерений и ряд других, установленных ГОСТ 1.25–76.

Поверки могут проводить только органы метрологической службы, имеющие соответствующее разрешение. Государственную поверку имеют право выполнять лица, имеющие квалификацию государственного поверителя.

Основные операции поверки сводятся к определению погрешностей средств измерений и вариации их показаний. Обычно поверку выполняют одним из следующих способов: непосредственным сличением, компарированием, по образцовой мере или измерением поверяемым средством измерений величины, воспроизводимой мерой. Перечень характеристик и признаков, контролируемых при поверке, регламентируется нормативно-техническими документами на средства измерений, в частности техническими условиями. Для большинства средств измерений погрешности и вариации показаний определяются при нормальных условиях их работы.

Поверка непосредственным сличением показаний заключается в одновременном измерении одной и той же величины поверяемым и образцовым средствами измерений. При поверке компарированием показания проверяемой меры сличаются с показанием образцовой меры при помощи измерительного прибора сравнения. Процесс поверки средств измерений по образцовым мерам сводится к измерению физической величины, воспроизводимой образцовой мерой (например, указатель омметра устанавливают на определенную отметку шкалы, используя резисторы из магазина сопротивлений, к зажимам которого подключен омметр).

Результаты поверки оформляются протоколом, который является основным юридическим документом.

На государственную метрологическую службу возложены функции обеспечения единства мер и измерений в нашей стране, а также надзора за повсеместным проведением мероприятий, обеспечивающих полную готовность средств измерений к использованию, и поверке. Метрологические институты и лаборатории осуществляют воспроизведение и передачу единиц измерений, а также обеспечивают связь между всеми рабочими средствами измерений с мерами высшей точности — государственными эталонами единиц измерения и международными эталонами.

Ведомственная метрологическая служба ограничена в своей деятельности рамками предприятия или группы предприятий (отрасли) и призвана выполнять поверку широкого круга рабочих средств измерения, причем более оперативно, чем государственные поверочные органы, и настолько часто, насколько это требуется по условиям их применения. В состав этой службы входят: отдел метрологии, головная и базовая организации метрологической службы, отделы главных метрологов предприятий. В ряде случаев отдел главного метролога не организуется, а все необходимые функции по поверке и контролю выполняет центральная лаборатория измерительной техники. Руководитель метрологической службы на предприятии должен иметь право запрещать выпуск или эксплуатацию средств измерений, не отвечающих требованиям стандартов и нарушающих единство измерений.

Периодичность обязательной государственной поверки устанавливается стандартом (обычно 1...3 года). Периодичность ведомственных поверок устанавливается внутриведомственными (внутризаводскими) документами.

Государственной или ведомственной поверке не подлежат индикаторы, предназначенные для наблюдений за изменением физических величин без оценки их значений, а также учебные средства измерений; на них наносят обозначения И (индикатор) и У (учебный).

9.5. Контроль качества продукции

Качество продукции – совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением. Качество продукции или услуг является одним из важнейших факторов успешной деятельности любой организации или предприятия.

В настоящее время во всем мире заметно ужесточились требования, предъявляемые потребителем к качеству продукции.

Предприятия производят продукцию или услуги в расчете на удовлетворение потребностей или требований потребителя. Эти требования обычно включаются в технические условия или стандарты. Вероятность того, что созданная продукция будет отвечать требованиям потребителя, повышается, если на предприятии действует эффективная система обеспечения качества. В настоящее время существует практика внесения в контракты требований к системам обеспечения качества, дополняющие требования к продукции или услуге, а также проверки их действия на предприятии поставщика.

В 1987 году Международной организацией по стандартизации (ИСО) была утверждена серия стандартов ИСО 9000...9004, концентрирующая опыт, накопленный в различных странах по внедрению комплексной системы управления качеством продукции (КСУКП). Учитывая прогрессивный характер этих стандартов и их регулирующую роль при выходе продукции на международный рынок и образовании прямых хозяйственных связей, они приняты в России для прямого использования в следующем виде:

ГОСТ 40.9001–88 «Система качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и (или) разработке, производстве, монтаже и обслуживании».

ГОСТ 40.9002–88 «Система качества. Модель для обеспечения качества при производстве и монтаже».

ГОСТ 40.9003–88 «Система качества. Модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях».

Система качества создается и внедряется на предприятиях как средство, обеспечивающее проведение определенной политики для

достижения поставленных целей, т. е. первичным является формирование и документальное оформление руководством предприятия политики в области качества.

Система качества разрабатывается с учетом конкретной деятельности предприятия и должна связывать все стадии жизненного цикла продукции. В методологии КСУКП, применяемой в нашей стране, заложено четыре стадии жизненного цикла продукции: исследование и разработка; изготовление; обращение и реализация; эксплуатация и потребление.

В соответствии с ИСО 9004 жизненный цикл продукции (петля качества) делится на более мелкие этапы:

- 1) маркетинг, поиски и изучение рынка;
- 2) проектирование и (или) разработка технических требований, разработка продукции;
- 3) материально-техническое снабжение;
- 4) подготовка и разработка производственных процессов;
- 5) производство;
- 6) контроль, проведение испытаний и обследований;
- 7) упаковка и хранение;
- 8) реализация и распределение продукции;
- 9) монтаж и эксплуатация;
- 10) техническая помощь и обслуживание;
- 11) утилизация после использования.

Характер воздействия на этапы жизненного цикла продукции в системе качества может иметь три направления: обеспечение качества, управление качеством, улучшение качества.

Обеспечение качества продукции представляет собой совокупность планируемых и систематически проводимых мероприятий, создающих такие условия для выполнения каждого этапа жизненного цикла продукции, при которых она будет удовлетворять определенным требованиям по качеству.

Управление качеством носит оперативный характер и включает в себя управление всеми процессами, выявление различного рода несоответствий в продукции, производстве или на этапах жизненного цикла, а также устранение этих несоответствий и вызывавших их причин.

Улучшение качества – это постоянная деятельность, направленная на повышение технического уровня продукции, качества ее изготовления, совершенствование элементов производства и системы качества.

Оценка качества продукции. Одно из важнейших условий эффективного управления качеством продукции – своевременная и достоверная его оценка.

Оценка качества представляет собой совокупность следующих операций: выбор номенклатуры показателей качества оценивае-

мой продукции, определение значений этих показателей и сравнение их с базовыми.

Необходимость оценки качества продукции возникает при решении следующих задач:

- прогнозирования потребностей, технического уровня и качества продукции;

- планирования повышения качества продукции и объемов ее производства;

- обоснования освоения новых видов продукции;

- выбора наилучших образцов продукции;

- обоснования целесообразности снятия продукции с производства;

- аттестации продукции по категориям качества;

- обоснования возможности реализации продукции за рубежом;

- оценки научно-технического уровня разрабатываемых и действующих стандартов на продукцию;

- контроля качества продукции;

- стимулирования повышения качества продукции;

- анализа динамики изменения качества;

- анализа информации о качестве продукции и др.

Оценка качества продукции должна производиться на различных стадиях ее жизненного цикла.

На этапе разработки оценивается уровень разрабатываемой продукции, в результате чего устанавливаются требования к ее качеству, и производится нормирование соответствующих показателей в нормативно-технической документации.

На этапе производства определяются фактические значения показателей качества продукции по результатам контроля и испытаний и принимаются соответствующие решения.

На этапе эксплуатации или потребления оценивается качество изготовленной продукции и по результатам этой оценки принимаются управляющие решения, направленные на сохранение или повышение уровня качества.

Уровень качества продукции определяется совокупностью единичных и (или) комплексных показателей, в результате сравнения которых с базовыми значениями в зависимости от цели оценки можно сделать соответствующие выводы.

Методы определения значений показателей качества продукции подразделяются в зависимости от способов и источников получения информации. В зависимости от способа получения информации различают измерительный, регистрационный, органолептический и расчетный методы.

Измерительный метод основывается на использовании технических измерительных средств. Результаты непосредственных измерений при необходимости приводятся путем соответствующих

пересчетов к нормальным или стандартным условиям, например к нормальной температуре, нормальному атмосферному давлению и т. д. С помощью измерительного метода определяются масса изделия, сила тока, число оборотов двигателя, скорость автомобиля и др.

Регистрационный метод основывается на подсчете числа определенных событий, предметов или затрат, например отказов изделия при испытаниях, числа частей сложного изделия (стандартных унифицированных, оригинальных, защищенных авторскими свидетельствами или патентами). Этим методом определяются показатели унификации, патентно-правовые показатели и др.

Органолептический метод основывается на анализе восприятия органов чувств: зрения, слуха, обоняния, осязания и вкуса. При этом органы чувств человека служат приемниками соответствующих ощущений, а показатели определяются путем анализа этих ощущений на основании имеющегося опыта и выражаются в баллах. Точность и достоверность этих показателей зависит от способностей, квалификации и навыков лиц, их определяющих, но метод не исключает возможности использования некоторых технических средств. С помощью органолептического метода определяются показатели качества пищевых продуктов, эстетические показатели, некоторые эргономические показатели.

Расчетный метод основывается на использовании теоретических или эмпирических зависимостей. Этим методом пользуются главным образом при проектировании продукции, когда последняя еще не может быть объектом экспериментальных исследований (испытаний). Расчетный метод служит для определения показателей производительности, безотказности, долговечности, сохранности, ремонтпригодности изделия и др.

В зависимости от источника информации методы определения значений показателей качества продукции разделяются на традиционные и социологические. Определение значений показателей качества продукции *традиционным методом* осуществляется должностными лицами специализированных экспериментальных и расчетных подразделений предприятий, учреждений или организаций.

К экспериментальным подразделениям относятся лаборатории, полигоны, испытательные станции, стенды, а к расчетным – конструкторские отделы, вычислительные центры, службы надежности и др. Например, в лаборатории определяются механическая прочность металлов, содержание серы, вязкость, содержание золы в угле, кислотность веществ и др.

Определение значений показателей качества продукции *социологическим методом* осуществляется фактическими или потенциальными потребителями продукции. Сбор мнений потребителей

производится путем устных опросов или с помощью специальных анкет-опросников, а также на конференциях, выставках и т. д.

При необходимости используется совместно несколько методов определения значений показателей качества продукции.

В основе оценки качества лежит сравнение значений показателей качества выпущенной продукции с соответствующими показателями качества базового образца, поэтому выбор базовых образцов является одной из основных операций оценки технического уровня и качества продукции. Совокупность базовых показателей характеризует качество продукции на некоторый заданный период времени.

Выбор базовых образцов определяется целью оценки.

Базовыми на стадии разработки могут служить перспективные образцы продукции, характеризующиеся прогнозируемыми реально достижимыми значениями показателей качества, и соответствующие передовые достижения науки и техники на определенный будущий период.

На стадии изготовления базовым образцом может быть продукция, показатели качества которой в момент оценки отвечают самому высокому мировому уровню. Такие базовые образцы применяются при сертификации продукции.

Срок действия базового образца устанавливается ведущей организацией в зависимости от специфики оцениваемой продукции, т. е. с учетом ее потребности у потребителей, длительности периодов ее разработки, изготовления и эксплуатации или потребления, а также планируемых сроков проведения сертификации и сроков смены моделей данного вида продукции на внутреннем и внешнем рынках.

Не допускается использование в качестве базовых морально устаревших образцов продукции и образцов, не прошедших к моменту оценки качества продукции научной проработки, а также использование наилучших значений показателей качества образцов-аналогов, если такие значения не являются реально достижимыми.

Основными источниками информации при установлении базовых образцов являются отчеты научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций, научно-технические прогнозы развития отдельных отраслей промышленности, описания отечественных и зарубежных патентов, отчеты о проведении патентных исследований, государственные, отраслевые, международные, зарубежные стандарты, отечественные и зарубежные периодические научно-технические издания.

Базовый образец выбирается из группы продукции, аналогичной по назначению, условиям изготовления и эксплуатации или потребления.

В аналоговую группу могут входить лучшие образцы спроектированной или промышленно освоенной отечественной и зарубежной продукции, составляющей значительную часть общего объема продукции, реализуемой на внешнем рынке и пользующейся устойчивым спросом. Лучший образец из группы принимается за базовый.

Для продукции одного вида (одного класса и назначения) используют следующие методы оценки ее качества: дифференциальный, комплексный и смешанный.

Дифференциальный метод заключается в сравнении показателей качества оцениваемого вида продукции с соответствующими базовыми показателями, т. е. показатель качества оцениваемой продукции сопоставляется с показателем качества базового образца.

При использовании дифференциального метода оценки качества продукции возможны следующие случаи:

- 1) все относительные показатели больше единицы;
- 2) все относительные показатели меньше единицы;
- 3) все относительные показатели равны единице;
- 4) часть относительных показателей больше единицы, а часть равна единице;
- 5) часть относительных показателей меньше единицы, а часть равна единице;
- 6) часть относительных показателей больше или равна единице, а часть меньше единицы.

В первом, третьем и четвертом случаях однозначно можно сделать вывод, что качество оцениваемой продукции не ниже базового, а во втором и пятом случаях, — что качество ниже базового. В шестом случае необходимо все показатели разделить по значимости на две группы. В первую группу следует включить показатели, определяющие наиболее существенные свойства продукции, а во вторую — второстепенные. Если в первой группе все относительные показатели больше или равны единице, а во второй большая их часть также не меньше единицы, то можно сказать, что качество оцениваемой продукции не ниже базового. В противном случае оценку качества необходимо проводить другим методом, например комплексным.

Комплексный метод предусматривает использование обобщенного показателя качества и применяется в случаях, когда целесообразно результат представить в виде одного значения. Оценка в этом случае производится по отношению обобщенного показателя качества оцениваемой продукции к обобщенному показателю качества базового образца.

При оценке сложной продукции, имеющей широкую номенклатуру показателей качества, с помощью дифференциального метода практически невозможно сделать конкретный вывод, а ис-

пользование только одного комплексного метода не позволяет объективно учесть все значимые свойства оцениваемой продукции. В этом случае для оценки применяют и единичные, и комплексные показатели качества, т. е. оценку производят *смешанным* методом, сущность которого заключается в следующем. Единичные показатели качества объединяют в группы, для каждой из которых определяют групповой комплексный показатель качества. Наиболее значимые единичные показатели можно в группы не включать, а рассматривать отдельно. Объединение показателей в группы должно производиться в зависимости от цели оценки. Например, при аттестации качества продукции по назначению, надежности, технологичности, стандартизации, унификации показатели группируются по характеризующим свойствам. Найденные значения групповых комплексных и отдельно выделенных наиболее важных единичных показателей сравнивают с соответствующими значениями базовых показателей, т. е. применяют принцип дифференциального метода.

Когда невозможно или затруднено использование более объективных методов оценки качества продукции, например инструментального или расчетного, применяют *экспертные методы*, основанные на использовании обобщенного опыта и интуиции специалистов. Эти методы служат:

- для разработки классификации оцениваемой продукции;
- определения номенклатуры показателей качества оцениваемой продукции;
- определения коэффициентов весомости показателей качества продукции;
- оценки показателей качества продукции органолептическим методом;
- выбора базовых образцов и определения значений базовых показателей качества;
- определения обобщенных групповых показателей качества на основе единичных и комплексных показателей, т. е. аттестации качества продукции.

Для оценки качества продукции создается экспертная комиссия, состоящая из экспертной и рабочей групп. В экспертную группу включаются высококвалифицированные специалисты по созданию и реализации оцениваемой продукции: исследователи, технологи, конструкторы, дизайнеры, товароведы и др. Для исключения необъективности оценки в состав групп не должны входить специалисты, имеющие отношение к созданию (проектированию, изготовлению) продукции. Число экспертов зависит от требуемой точности средних оценок, допустимой емкости оценочных процедур, возможностей управления группой и возможностей организации, в которой формируется группа, но их должно быть

не менее семи. При заочном опросе число экспертов не ограничивается.

При необходимости в состав комиссии включаются дополнительно специалисты, участвующие только в рассмотрении отдельных вопросов. Процедура проведения экспертных работ, как правило, включает в себя:

назначение лиц, ответственных за организацию и проведение работ по экспертной оценке;

формирование рабочей и экспертной групп;

подготовку анкет и пояснительных записок для опроса экспертов;

опрос экспертов;

обработку экспертных оценок;

анализ результатов оценок.

Экспертная группа принимает решение на основе усреднения оценок экспертов или голосованием. Для избежания субъективности суждений проводят несколько туров опроса.

Сертификация продукции. Обеспечение качества, управление качеством и улучшение качества – взаимосвязанные понятия, на которых строятся механизмы сертификации и систем качества.

Законом РФ «О защите прав потребителей» в нашей стране введена обязательная сертификация товаров (работ, услуг), т. е. законодательными актами или стандартами устанавливаются требования, направленные на обеспечение безопасности жизни и здоровья потребителей, охрану окружающей среды, предотвращение нанесения вреда имуществу потребителей, а также требования к средствам, обеспечивающим безопасность жизни и здоровья потребителей.

Сертификация определяется как действие, удостоверяющее посредством выдачи знака или сертификата соответствие изделия требованиям определенных стандартов или технических условий.

Сертификат – это документ, составленный по определенной форме. Выдаче сертификата, сопровождающего выпуск в обращение приборов, станков или партий продукции должен предшествовать комплекс работ по созданию системы сертификации, обеспечивающий и гарантирующий достоверность сертификата в самом широком смысле этого слова, охватывающий все аспекты производства, контроля и обеспечения качества продукции.

Система сертификации Госстандарта России предназначена для проведения обязательной сертификации в соответствии с Законом РФ «О защите прав потребителей» как отечественных, так и импортируемых товаров (работ, услуг) и предусматривает добровольную сертификацию.

Основополагающими документами системы сертификации являются:

1. Основные положения. (Устанавливают цели, принципы и структуру системы.)

2. Требования к органу по сертификации и порядок его аккредитации. (Устанавливают основные требования, которым должен соответствовать орган по сертификации продукции, чтобы быть признанным в качестве компетентного органа Системы сертификации ГОСТ Р.)

3. Порядок проведения сертификации продукции. Общие требования. (Регламентируют общие требования к порядку проведения сертификации продукции в Системе сертификации ГОСТ Р.)

4. Требования к испытательным лабораториям и порядок их аккредитации. (Устанавливают требования к испытательным лабораториям, аккредитуемым в Системе сертификации ГОСТ Р, и порядок проведения их аккредитации.)

5. Правила ведения государственного реестра системы. (Предназначены для организаций и предприятий, осуществляющих работы по аккредитации и сертификации в Системе сертификации ГОСТ Р. Устанавливают правила ведения Государственного реестра системы, включая регистрацию объектов, участников работ, документов о порядке сертификации видов продукции и решений о признании знаков соответствия, а также внесение принимаемых установленным порядком изменений и дополнений и выдачу информации о состоянии работ.)

Пути повышения качества продукции. Качество продукции зависит от многих факторов. Высокий технический уровень и хорошее качество продукции должны закладываться при их проектировании и разработке технологических процессов. Отличное выполнение всех операций по изготовлению изделия не обеспечит ему высокого качества, если в проект или технологию заложены устаревшие решения, не соответствующие государственным стандартам. Но и наличие хорошего проекта еще не гарантирует высокого качества продукции, если не соблюдается технологическая дисциплина, несовершенны организация и культура производства.

Высокая культура производства – неперемное условие выпуска хорошей продукции. Иногда на предприятиях культуру производства понимают слишком узко, сводя ее к чистоте, белым халатам, правильному освещению. Все это, конечно, важно, но культура производства – понятие более широкое, оно охватывает технический уровень производства, организацию труда, подготовку работников.

Для выпуска хорошей продукции нужна соответствующая техника. Однако самая совершенная техника со временем может утратить первоначальный класс точности. Поэтому на предприятиях необходимо систематически проводить лабораторный и другой контроль точности оборудования, систематически его модернизировать. Устаревшие машины заменять новыми.

Во многих отраслях качество продукции решающим образом зависит от правильности разработанной технологии производства, от четкого ее соблюдения, т. е. от технологической дисциплины. Малейшие ошибки при проведении химических процессов, сушки, крашения, закалки, варки, выпечки и других могут, как известно, безнадежно испортить материалы или уже почти готовую продукцию, свести на нет труд многих людей. Технологическая дисциплина неотделима от элементарной дисциплины труда, добросовестности каждого работника, чувства ответственности за порученное дело.

Неотъемлемый элемент культуры производства – высокий уровень его организации. Большую роль, в частности, играют четко налаженное материально-техническое снабжение и взаимодействие всех производственных звеньев предприятия, что обеспечивает использование в производстве именно тех видов сырья, материалов, полуфабрикатов, которые предусмотрены стандартами или другими нормами.

Культура производства также включает в себя чистоту и порядок на рабочих местах, удобную мебель и спецодежду, оптимальные освещенность и температуру, научно обоснованные цвета окраски стен и оборудования. Все это, во-первых, облегчает труд рабочих, снижает утомляемость, позволяя до конца смены тщательно выполнять производственные операции, во-вторых, создает в коллективе должный психологический настрой, несовместимый с небрежной работой, и, в-третьих, обеспечивает на протяжении всего производственного цикла чистоту обрабатываемых предметов труда, что также важно для обеспечения качества продукции.

Обеспечить высокое качество продукции могут только квалифицированные работники, знающие технологию производства, умеющие соблюдать все ее требования, систематически повышающие свою квалификацию, изучающие передовой опыт.

Контроль качества. Неотъемлемой частью любого производственного процесса является технический контроль. Для его осуществления в объединениях и на предприятиях имеются специальные отделы технического контроля (ОТК), основная функция которых заключается не только в том, чтобы обеспечить соблюдение соответствующих требований в процессе производства, но и предупредить возможность выпуска недоброкачественной продукции.

Вся изготовленная предприятием продукция должна поставляться потребителям только после приемки ее ОТК. Во многих случаях такая приемка необходима также при передаче сырья и материалов в производственные цеха и полуфабрикатов из одного цеха в другой. Отделы технического контроля имеют право прекращать приемочный контроль продукции, имеющей повторяющиеся дефек-

ты, до устранения их причин, запрещать изготовление продукции на отдельных станках, агрегатах, участках и в цехах, не обеспечивающих соблюдения установленной технологии и изготовления продукции в соответствии с предъявляемыми к ней требованиями, представлять руководству предприятия предложения о привлечении к ответственности работников, виновных в выпуске недоброкачественной продукции.

В строительстве промежуточный контроль качества выполняемых работ обычно осуществляют комиссии, создаваемые внутри строительных организаций. В ряде случаев в эти комиссии входят представители проектных организаций и Государственных контрольных инспекций. Правом промежуточного контроля пользуется и заказчик. Приемка законченных строительных объектов осуществляется государственной приемочной комиссией. Все замеченные ею дефекты и недоделки, подлежащие устранению, заносятся в дефектную ведомость и для их ликвидации устанавливаются определенные сроки. Только после устранения всех недостатков комиссия подписывает акт о приемке объекта в эксплуатацию и дает оценку работе строителей.

Комплексные системы управления качеством продукции охватывают весь цикл ее производства (конструирование, освоение, выпуск, доведение до потребителя). Системы базируются на стандартах объединений и предприятий, разрабатываемых в полном соответствии с государственными и отраслевыми стандартами. Заводские стандарты регламентируют проведение всех организационных, технических и экономических мероприятий, направленных на повышение качества выпускаемой продукции, устанавливают порядок действий и ответственность каждого исполнителя за достижение высокого технического уровня, надежности и долговечности продукции.

Показатели, заложенные в заводские стандарты, позволяют правильно оценивать конкретный вклад работников в дело повышения качества продукции, который учитывается при их моральном и материальном стимулировании. Стандарты объединений и предприятий повышают ответственность поставщиков за качество сырья, материалов и комплектующих изделий, способствуют укреплению делового сотрудничества коллективов – изготовителей конечной продукции и их смежников.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Что такое качество продукции?
 2. Каковы основные показатели качества продукции?
 3. Перечислите основные цели стандартизации.
- II.
 1. Каковы назначение ЕСКД и ее классификационные группы?
 2. Каков порядок применения стандартов ЕСКД?

3. Назовите основные виды и средства измерений и их основные характеристики.

4. Назовите основные методы оценки качества продукции.

III. 1. Назовите основные методы определения численного значения измеряемой величины и дайте их сравнительную характеристику.

2. Назовите основные методы измерений, приведите их сравнительные характеристики.

3. Каковы основные положения сертификации товаров и ее роль в управлении качеством продукции?

Глава 10. УСТРОЙСТВО И МОНТАЖ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НА НАПРЯЖЕНИЕ ДО 1 КВ

10.1. Основные сведения о кабелях и кабельных линиях

Кабели разделяют на силовые и контрольные. Кроме того, выпускают кабели специального назначения, например для горных разработок.

Силовые кабели служат для передачи и распределения электрической энергии и изготавливаются на напряжение 0,66; 1; 3; 6; 10 кВ и выше. Они могут быть с пропитанной бумажной изоляцией и герметической оболочкой из свинца или алюминия (ГОСТ 18410–73), с бумажной изоляцией, пропитанной нестекающим составом (ГОСТ 18409–73), с резиновой изоляцией (ГОСТ 433–73) и пластмассовой изоляцией в пластмассовой оболочке (ГОСТ 16442–80).

Силовой электрический кабель состоит из токопроводящих жил 1, изоляции 2 и 4, герметической защитной оболочки 5 и защитных покровов 6, 7 и 8 (рис. 10.1).

Токопроводящие жилы изготавливаются из мягкой меди марки ММ или алюминия марки АТ. Сечения жил могут быть круглыми, сегментными и секторными. Стандартом предусмотрены следующие размеры сечений токопроводящих жил силовых кабелей: 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500; 625 и 800 мм².

Медные и алюминиевые токопроводящие жилы изготавливают однопроволочными и многопроволочными. Сечения однопроволочных жил из меди могут быть до 50 мм², из алюминия – до 240 мм². В марках кабелей, имеющих однопроволочные жилы, дополнительно указывают: (ож).

Силовые кабели могут иметь одну, две, три и четыре жилы. В четырехжильных кабелях все жилы имеют одинаковое сечение или же одна из жил может иметь меньшее сечение и использоваться как нулевая или заземляющая.

Для электроснабжения электроустановок используют трехжильные и четырехжильные кабели: первые – в трехфазных системах сети с изолированной нейтралью питающего трансформатора, вторые – в трехфазных системах напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью.

В большинстве случаев питание осветительных установок осуществляется от трехфазных систем электроснабжения с глухоза-

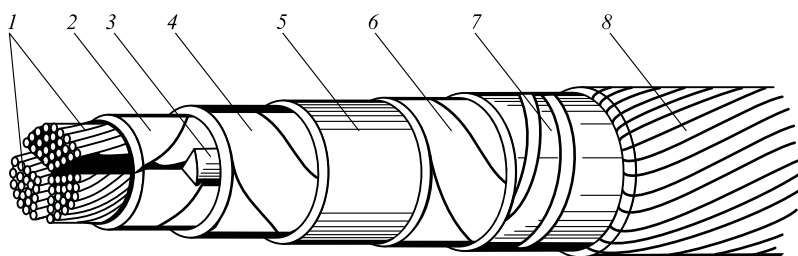


Рис. 10.1. Силовой трехжильный кабель марки ААБ:

1 – алюминиевая токопроводящая жила; 2 – жильная изоляция; 3 – бумажный наполнитель; 4 – поясная бумажная изоляция; 5 – защитная алюминиевая оболочка; 6 – защитный покров оболочки (подушка); 7 – броня из двух стальных лент; 8 – наружный защитный покров

земленной нейтралью и подводится четырехжильными кабелями, у которых три жилы одинакового сечения являются токопроводящими, а четвертая жила значительно меньшего сечения – нулевой.

Изоляцию жил силовых кабелей выполняют из резины, пластика и наиболее часто из пропитанной кабельной бумаги.

В силовых кабелях на напряжение до 10 кВ изолируют каждую жилу в отдельности (жильная изоляция) и все жилы вместе относительно оболочки (поясная изоляция). Промежутки между изолированными жилами заполняют бумажным жгутом (заполнителем).

Для уменьшения неравномерности электрического поля в кабелях, которая обусловлена наличием воздушных включений, между верхним слоем изоляции и оболочкой накладывают экран из слоя полупроводящей бумаги.

Бумажную изоляцию кабелей пропитывают изоляционным составом МП-1 (80 % брайтстока и 20 % канифоли), значительно повышающим ее электрическую прочность. Для вертикальных прокладок используют кабели с обедненно-пропитанной изоляцией или с изоляцией, пропитанной нестекающим составом. Обедненно-пропитанную изоляцию получают дополнительно нагревая в вакууме обычно пропитанную изоляцию, в результате чего удаляется значительная часть пропиточной массы.

Нестекающий состав для кабелей изготавливают из церезина, вязкого минерального масла, канифоли и полиизобутилена. Церезин, являющийся продуктом переработки нефти и сланцевого масла, обеспечивает нестекание пропиточного состава.

Толщина бумажной изоляции зависит от рабочего напряжения кабеля и сечения жил. Так, толщина жильной и поясной изоляции (в зависимости от сечения жил) кабелей со свинцовой и алюминии-

евои оболочками, рассчитанными на напряжение 1 кВ, должна составлять соответственно 0,75...0,95 мм и 0,5...0,6 мм, на напряжение 6 кВ — 2,0 и 0,95 мм, а на напряжение 10 кВ — 2,75 и 1,25 мм.

В многожильных кабелях для различия фаз верхние ленты изоляции каждой жилы разного цвета: красного, черного и цвета изоляционной бумаги.

Для предохранения кабеля от попадания влаги и воздуха поверх изоляции накладывают герметическую защитную оболочку, выполняемую из свинца, алюминия, поливинилхлорида или негорючей резины.

На герметическую оболочку кабеля накладывают несколько слоев защитного покрова для предохранения ее от коррозии и механических повреждений. Защитные покровы изготавливаются по ГОСТ 7006—72 и состоят из подушки, брони и наружного защитного покрова.

Подушка, предохраняющая оболочку от повреждений при наложении брони и изгибах кабеля, состоит из нескольких последовательно наложенных концентрических слоев: битумного состава, пропитанных лент кабельной бумаги и пропитанной кабельной пряжи. В кабелях с броней из стальных лент вместо пряжи применяются пропитанные в битумном составе сульфатные бумажные ленты, которые предохраняют металлическую оболочку от коррозии. Для защиты от коррозии алюминиевой оболочки кабеля дополнительно накладывают нагретые сплошной поливинилхлоридный шланг или две поливинилхлоридные ленты.

На подушку наматывают броню из двух стальных лент или стальных оцинкованных проволок прямоугольной либо круглой формы. Стальная броня предохраняет оболочку кабеля от механических повреждений, а проволоочная — и от растягивающих усилий. Стальные ленты накладываются на кабель так, чтобы одна перекрывала другую на 1/3 их ширины. При изгибах кабеля верхняя лента не должна иметь зазоров между витками.

На броню накладывают наружный защитный покров, состоящий из битумного состава, пропитанной кабельной пряжи и медного покрытия, или шланг из поливинилхлоридного либо полиэтиленового пластика. В небронированных кабелях (например, марки ААШв) шланг из поливинилхлоридного или полиэтиленового пластика накладывается на герметическую оболочку.

По ГОСТ 7006—72 каждому элементу защитного покрова присваивается в зависимости от его конструкции условное буквенное обозначение: подушкам — б, л, 2л, п, в; броне — Б, П, К; наружным покровам — н, Шп, Шв, Г, которые указываются в марке кабеля.

В обозначении марки силовых электрических кабелей указывается материал токопроводящих жил, герметической оболочки и

тип защитного покрова. Некоторые наиболее часто используемые в городских электросетях силовые кабели, рассчитанные на напряжение до 10 кВ, приведены в табл. 10.1.

Для полной характеристики кабеля кроме его марки необходимо указывать номинальное напряжение, на которое он рассчитан, число и площадь сечения жил. Например, силовой электрический кабель с однопроволочными алюминиевыми жилами, в алюминиевой оболочке, с наружным покровом для прокладки в земле, рассчитанный на напряжение до 1 кВ, четырехжильный, с тремя жилами с сечениями по 185 мм^2 и одной жилой с сечением 50 мм^2 будет иметь следующее полное обозначение: ААБв (ож) $3 \times 185 + 1 \times 50 - 1$ ГОСТ 18410 – 73.

Контрольные кабели предназначены для присоединения к электрическим приборам и аппаратам в электрических распределительных устройствах переменного тока с напряжением до 660 В и частотой до 100 Гц или постоянного тока напряжением до 1000 В. Кабели любых марок могут прокладываться на открытом воздухе при условии обеспечения их защиты от механических повреждений и воздействия прямых солнечных лучей. Также контрольные кабели используются в цепях вторичной коммутации и цепях управления. Например, кабели сигнализации и блокировки предназначены для железнодорожных электрических цепей, цепей пожарной автоматики, телеграфа и других систем, рассчитанных на номинальное переменное напряжение 380 В и постоянное напряжение 700 В при условии эксплуатации в неподвижном состоянии.

Кабели прокладывают в траншеях, блоках, а также на специальных сборных конструкциях и в лотках. Прокладка в траншеях и блоках применяется при прохождении кабельной трассы по территории предприятия. Прокладка на опорных конструкциях и в лотках осуществляется при монтаже кабелей в помещениях, туннелях, а также по стенам зданий и сооружений.

Прокладка кабелей в траншеях наиболее распространена и легко выполнима, так как все работы заключаются в рытье траншей и укладке в них кабелей. Недостатком этого способа является возможность механического повреждения кабелей, находящихся в земле, и несчастных случаев с людьми при производстве земляных работ вблизи кабельной линии. Более защищенной и надежной является кабельная линия, проложенная в асбестоцементных трубах или бетонных плитах.

Независимо от способа прокладки кабеля трассу выбирают так, чтобы расстояние между начальной и конечной точками линии было кратчайшим. Прокладку кабельных линий осуществляют в соответствии с проектно-технической документацией, в которой описывается трасса линии, а также приводятся ее геодезические отметки, позволяющие судить о разности уровней расположения

Силовые кабели

Марка кабеля		Характеристики оболочек и защитного покрова	Область применения
с медными жилами	с алюминиевыми жилами		
СГ	АСГ	В свинцовой оболочке с пропитанной бумажной изоляцией, без наружных покровов	В трубах, туннелях, каналах
СБ	АСБ	То же, но бронированный двумя стальными лентами с наружным покровом	В земле
СБГ	АСБГ	То же, но бронированный двумя стальными лентами без наружного покрова	Внутри помещений, в туннелях, каналах
СБи	АСБи	То же, но бронированный двумя стальными лентами с покровом из негорючего состава	В туннелях
СП	АСП	То же, но бронированный плоскими стальными проволоками с защитным наружным покровом	В земле, если подвергается значительным растягивающим усилиям
СК	АСК	То же, но бронированный круглыми стальными оцинкованными проволоками с защитным наружным покровом	Под водой
СБВ, СБГВ	АСБВ, АСБГВ	В свинцовой оболочке с обедненно-пропитанной изоляцией, бронированный двумя стальными лентами с наружным покровом и без него	На вертикальных и наклонных участках в земле, в туннелях, каналах и внутри помещений
—	ААГ	В алюминиевой оболочке с пропитанной бумажной изоляцией, без защитных покровов	В туннелях, каналах
—	ААБл	То же, но бронированный двумя стальными лентами с наружным покровом	В земле
—	ААБлГ	То же, но бронированный двумя стальными лентами без наружного покрова	Внутри помещений, в туннелях, каналах
—	ААБв	То же, но с дополнительным покрытием оболочки двумя слоями поливинилхлоридной ленты и бронированный двумя стальными лентами с наружным покровом	В земле в особо агрессивных условиях
—	ААШв	В алюминиевой оболочке и наружным покровом из поливинилхлоридного шланга	Внутри помещений, в каналах, туннелях и мягком грунте

Окончание табл. 10.1

Марка кабеля		Характеристики оболочек и защитного покрова	Область применения
с медными жилами	с алюминиевыми жилами		
СРГ	АСРГ	В свинцовой оболочке с резиновой изоляцией без защитных покровов	Внутри помещений, в каналах
ВРГ	АВРГ	В поливинилхлоридной оболочке с резиновой изоляцией без защитных покровов	Внутри помещений, в каналах
НРГ	АНРГ	В резиновой негорючей оболочке с резиновой изоляцией без защитных покровов	Внутри помещений, в каналах
СРБ	АСРБ	В свинцовой оболочке с резиновой изоляцией, бронированный двумя стальными лентами с защитным наружным покровом	В земле, если не подвергается значительным растягивающим усилиям
ВРБ	АВРБ	В поливинилхлоридной оболочке с резиновой изоляцией, бронированный двумя стальными лентами с защитным наружным покровом	То же
НРБ	АНРБ	В резиновой негорючей оболочке с резиновой изоляцией, бронированный двумя стальными лентами с защитным наружным покровом	»
ВВВ	АВВВ	В поливинилхлоридной оболочке с поливинилхлоридной изоляцией, бронированный стальными лентами с защитным наружным покровом	В земле, если не подвергается значительным растягивающим усилиям
ВББШв	АВББШв	В пластмассовой оболочке с поливинилхлоридной изоляцией, бронированный стальными лентами с наружным покровом из поливинилхлоридного шланга	В туннелях, каналах, земле, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
ПВБ	АПВБ	В поливинилхлоридной оболочке с полиэтиленовой изоляцией, бронированный стальными лентами с защитным наружным покровом	В земле, если не подвергается значительным растягивающим усилиям

Примечание. В марках кабелей используются следующие буквенные обозначения: А в начале – жила из алюминия; А в середине – герметическая оболочка из алюминия; Б – броня из двух стальных лент; В первая или третья – изоляция из поливинилхлоридного пластика; В в конце – обедненно-пропитанная изоляция для вертикальных прокладок; Г – отсутствие защитного покрова на броне; К в конце – броня из круглых стальных проволок; Н – резиновая негорючая оболочка; П первая или вторая – полиэтиленовая изоляция; П в конце – броня из плоской стальной проволоки; Р – резиновая изоляция; С – оболочка из свинца; Бл, Бн – броня из двух стальных лент с различной подушкой; Шв – наружный покров в виде шланга из поливинилхлоридного пластика.

Таблица 10.2

Максимально допустимая разность уровней расположения высшей и низшей точек различных кабелей на трассе, м

Кабель	В оболочке	
	свинцовой	алюминиевой
С нормально пропитанной бумажной изоляцией: бронированный небронированный	25	25
	20	25
С обедненно-пропитанной бумажной изоляцией, бронированный лентой, в общей оболочке	100	Без ограничений
То же, с отдельно освинцованными жилами	300	То же
С нестекающей пропиткой	Без ограничений	
С поливинилхлоридной и резиновой изоляцией	То же	

Примечания: 1. Приведенные в таблице значения относятся к случаям, когда не применяются специальные устройства, например эпоксидные или стопорные муфты.

2. Разность уровней для кабелей, рассчитанных на напряжение 1 кВ, с алюминиевой оболочкой и изоляцией из предварительно пропитанной бумаги, не ограничивается.

3. При указанных в таблице значениях и нормальной нагрузке кабелей не должна происходить утечка пропиточного состава из концевых муфт и заделок.

ее отдельных участков (табл. 10.2). Необходимость соблюдения приведенных в таблице значений обусловлена происходящими в кабеле процессами.

При нагревании жил током происходит разжижение и необратимое перемещение состава, которым пропитан кабель. Из всех материалов, входящих в конструкцию кабеля, пропиточный состав имеет наибольший коэффициент объемного расширения, и поэтому при нагревании создает избыточное давление, приводящее к растяжению оболочки и увеличению ее объема. Кроме того, в кабеле, проложенном наклонно или вертикально, под действием силы тяжести происходит стекание пропиточного состава, т.е. в нижней части кабеля скапливается избыточное количество пропиточного состава, а в верхней — могут образоваться пустоты, заполняемые газовыми включениями. В результате в верхней части кабеля ухудшается изоляция, а в нижней — возрастает давление, т.е. создается угроза растяжения и даже разрыва его оболочки.

Выполнять тепловой расчет для каждого сечения кабеля на основании только формулы слишком трудно из-за зависимости коэффициента удельной теплоотдачи $K_{отд}$ от условий изоляции, внешних условий и его непостоянства по длине кабеля. Поэтому при расчете используют таблицы длительно допустимых токовых нагрузок в кабеле. Согласно этим таблицам допустимая плотность тока I/S уменьшается с увеличением сечения, что является следствием уменьшения удельной поверхности теплоотдачи.

Расчет сечения кабеля (см. разд. 4.1) производится в следующем порядке. Сначала сечение определяется на основании допустимой потери напряжения и результат округляется до ближайшего стандартного значения. Затем для проверки по условиям нагревания по соответствующей таблице токовых нагрузок находится сила тока для полученного сечения. Если сила тока, приведенная в этой таблице, больше той, для которой произведен расчет по потере напряжения, то можно выбрать сечение, полученное при расчете. Если же сила тока, найденная по таблице, меньше расчетной, то необходимо увеличить сечение настолько, чтобы оно соответствовало требованиям таблицы.

Несколько слов скажем об электрических кабельных сетях. Электрические сети в зависимости от рабочего напряжения делятся на сети до 1000 В, обычно называемые сетями низкого напряжения (НН), и сети свыше 1000 В, называемые сетями высокого напряжения (ВН). В свою очередь, ввиду существенного различия в рабочих условиях последние принято подразделять на сети с напряжением до 35 кВ и сети с напряжением выше 35 кВ, которые в большинстве случаев являются питающими, т. е. соединяют источники электроэнергии с трансформаторными подстанциями или распределительными пунктами и передают энергию без распределения ее вдоль линии отдельным потребителям.

Кабельные питающие линии допускается прокладывать вместо воздушных питающих линий, если они рассчитаны на напряжение до 220 кВ включительно. Для таких линий применяют специальные кабели, наполненные минеральным маслом под давлением либо нейтральным газом (проводами проводящей жилы в них охватывают полую стальную спираль, внутри которой находится канал для масла). Это масло вытесняет из бумажной изоляции жилы пузырьки влаги или воздуха.

Кабельные линии находятся вне влияния атмосферного электричества, защищены от внешних механических воздействий, относительно безопасны для людей и не требуют места на поверхности земли. Но стоимость таких линий, рассчитанных на напряжение 60 кВ и выше, в несколько раз больше стоимости воздушной линии, поэтому они прокладываются лишь в тех случаях, когда увеличение капитальных затрат на сооружение линии оправдывается ее специфическими преимуществами.

Сети напряжением выше 1000 В, но не более 35 кВ, являются распределительными сетями высокого напряжения. Они соединяют подстанции энергосистемы с напряжением 110...510 кВ, служащие центрами питания (ЦП) с распределительными и трансформаторными пунктами (ТП). Последние питают сети с напряжением менее 1000 В. Для сетей с напряжением 1...35 кВ широко применяют кабели с бумажной изоляцией, которые значительно дешевле и проще в эксплуатации маслонаполненных кабелей. По приведенным выше причинам распределительные сети в городах в большинстве случаев кабельные. Внутри помещений кабели прокладываются под полом в специальных каналах, но запрещена прокладка кабелей под зданиями. В больших городах электрические распределительные сети выполняются в специальных подземных туннелях.

Распределительные сети низкого напряжения общего пользования выполняют по трехфазной четырехпроводной схеме на напряжение 380/220 В. В помещениях для них используют установочные провода и шнуры; последние служат также для присоединения различных потребителей электроэнергии — электродвигателей, бытовых электроприборов. Токопроводящие жилы изолированных установочных проводов алюминиевые или медные, многопроволочные, сечением 16 мм² и выше. Для изоляции жил провода в основном используют полихлорвиниловые или резиновые трубки. Пластикат полихлорвинила негорюч, маслостоек, водостоек и не боится действия воздуха. Недостатки полихлорвинила — малая морозостойкость (–35 °С) и недостаточно высокая теплостойкость (65 °С).

Провода с полихлорвиниловой изоляцией не нуждаются во внешней защитной оболочке. Они предназначены для открытой прокладки, а также для прокладки под штукатуркой и в трубах. Допустимое для этих проводов рабочее напряжение при переменном токе — до 500 В, а при постоянном — до 1000 В.

Резиновую изоляционную трубку обычно изготавливают из вулканизированной резины, которая химически воздействует на медь, поэтому медные жилы необходимо облуживать. Для защиты от механических повреждений резиновой изоляции провод снабжается оплеткой из хлопчатобумажной или шелковой пряжи. Оплетка может быть асфальтирована, что делает ее непроницаемой для воздуха. Вместо оплетки из пряжи может применяться слой полихлорвинила толщиной 0,2...0,3 мм, который защищает резиновую изоляцию от света и химических воздействий.

Прокладку кабелей производят в соответствии с действующими технологическими правилами и требованиями, соблюдение которых обеспечивает сохранность уровней электрической и механической прочности кабеля, достигнутых при изготовлении.

Монтаж кабельных линий, как и других устройств канализации электрической энергии, выполняется в две стадии: подготовка трасс для прокладки кабелей и прокладка кабелей по подготовленным трассам.

При прокладке кабельных линий необходимо выдержать в соответствии с проектом минимальные расстояния до ближайших зданий, подземных сооружений и различных коммуникаций (водопровода, газопровода, канализации, теплопровода и др.).

Кабельные линии прокладывают в земле, блоках, на опорных конструкциях и в лотках. При прокладке кабельной линии в земле глубина заложения кабеля должна составлять 0,7 м. Расстояние между кабелем и фундаментами зданий должно быть не менее 0,6 м.

При параллельной прокладке нескольких силовых кабелей расстояние между ними должно быть не менее 100 мм, а между силовыми кабелями и кабелями связи – 500 мм.

Прокладка кабелей параллельно трубопроводам по вертикали не допускается. Разрешается прокладывать кабели параллельно трубопроводам в горизонтальной плоскости при условии, что расстояние между ними будет не менее 0,5 м. При прокладке кабелей параллельно нефтепроводам и газопроводам расстояние между ними должно быть не менее 1,0 м.

Кабели, находящиеся от трубопроводов на расстояниях меньше указанных (но не менее 0,25 м), должны быть защищены на всем протяжении асбестоцементными или гончарными трубами.

Кабели, прокладываемые параллельно теплопроводам, необходимо удалять от последних не менее чем на 2 м. Это расстояние может быть меньше, если теплопровод будет иметь такую изоляцию, при которой нагрев почвы в месте прохождения кабеля в любое время года не превысит обычную температуру более чем на 10 °С.

Кабель, пересекающий теплопровод, должен быть проложен от последнего на расстоянии не менее чем 0,5 м. При этом теплопровод на участке пересечения и на 2 м в каждую сторону от крайних кабелей должен иметь такую изоляцию, при которой температура почвы не будет превышать высшую летнюю температуру более чем на 10 °С и низшую зимнюю – более чем на 15 °С.

При пересечениях с электрифицированными и подлежащими электрификации железными дорогами кабели необходимо прокладывать в изолирующих блоках и трубах. При этом места пересечения должны находиться от стрелок, крестовин и мест присоединения к рельсам питающих кабелей трамвайных линий и неэлектрифицированных железных дорог на расстоянии не менее 3 м, а электрифицированных железных дорог не менее 10 м.

При пересечении кабельной линией трубопровода (в том числе нефтяного и газового) расстояние между ними должно быть не менее 0,5 м. Допускается уменьшение этого расстояния до 0,25 м,

если кабель защищен асбестоцементной или гончарной трубой, выступающей в каждую сторону не менее чем на 2 м.

Для более надежного предохранения от возможных механических повреждений кабели прокладывают в кабельных блоках, т. е. сооружениях с каналами для кабелей и относящимися к ним колодцами. Обычно кабельный блок состоит из нескольких асбестоцементных труб, внутренний диаметр которых в 1,5 раза больше диаметра кабеля (но не менее 50 мм при длине трубы до 5 м и не менее 100 мм при большей длине труб). Для блочной прокладки кабелей используют также гончарные трубы. Трубы кабельных блоков могут располагаться горизонтально или вертикально в один или несколько рядов. В качестве кабельных блоков могут использоваться и железобетонные плиты с каналами, диаметр которых рассчитан на размещение в них кабелей.

Блочные прокладки кабелей имеют существенные недостатки: высокую стоимость сооружения и содержания блоков и колодцев; невозможность максимального использования сечения токопроводящих жил кабелей по допустимой плотности тока из-за плохих условий охлаждения;

сложность обслуживания и ремонта кабелей (при повреждении их внутри блоков приходится заменять весь участок кабеля между колодцами).

Внутри помещений наиболее распространенным способом прокладки кабелей, питающих осветительные и силовые электроустановки промышленных предприятий, является прокладка их на опорных конструкциях или лотках.

В одном лотке допускается совместная прокладка кабелей, питающих осветительные нагрузки, с кабелями, питающими силовые нагрузки, но с использованием стальных разделителей или разделительных скоб между ними.

При прокладке кабелей любым из перечисленных способов необходимо выдерживать допустимые радиусы их изгибов. Радиус изгиба для многожильного кабеля с бумажной пропитанной изоляцией в алюминиевой или свинцовой оболочке, бронированного или небронированного должен составлять не менее 15 его наружных диаметров; многожильного кабеля с резиновой изоляцией в свинцовой или поливинилхлоридной оболочке, бронированного — не менее 10, а такого же небронированного кабеля — не менее 6.

Каждая кабельная линия должна быть замаркирована, т. е. кабель должен иметь бирки с номером или названием, прикрепляемые у всех муфт и заделок, а также через каждые 20 м на прямых участках линии. Бирки — это пластмассовые, алюминиевые или стальные пластинки (круглые — диаметром 75 мм; прямоугольные — размером 120 × 40 мм). Прямоугольные бирки применяются для маркировки кабелей, рассчитанных на напряжение до 1000 В,

Перечень инструмента и принадлежностей для монтажа кабельных муфт и заделок

Наименование	Число, шт
Аптечка	1
Банки металлические емкостью 0,5 и 1,5 л	2
Бидон	2
Бронерезка	1
Ванночка для парафина	1
Ведро цилиндрическое емкостью 10... 12 л	1
Воронка для заливки кабельной массы в муфту	1
Зеркало для осмотра муфт и кабелей	1
Зубила 25×200 и 35×400 мм	2
Канистра емкостью 5 л	1
Кастрюля с крышкой для разогрева кабельной массы	1
Кисти малярные разные	2
Клещи для снятия резиновой и пластмассовой изоляции жил кабелей	1
Ключ разводной № 3	2
Ключ гаечный 3/8"×1/2"	1
Коврик резиновый с рифленой поверхностью	1
Кусачки	1
Ковш для разогрева припоя	1
Крючок с деревянной ручкой	1
Лампа паяльная или пропановая горелка с баллоном или шлангом	1
Ложка (чумичка)	2
Лоток для инструмента	1
Планшет для мелкого инструмента	1
Плоскогубцы универсальные длиной 200 мм	1
Подставка инвентарная для монтажа соединительных муфт	1
Полотно ножовочное	6
Противень 520×310 мм для прошпарочной массы	1

Наименование	Число, шт
Разогреватель заливочной массы и припоя (электрический, газовый или жаровня)	1
Разбортовка	1
Лопата штыковая (саперная)	1
Лом стальной	1
Лоток из кровельной стали	1
Мешалки для размешивания эпоксидного компаунда, кабельной массы и припоя	3
Метр стальной	1
Молоток слесарный массой 0,6 кг	1
Молоток деревянный	1
Набор напильников (трехгранный драчевый 12", личной 8", круглый драчевый 10")	1 набор
Нож монтажный складной	1
Нож для снятия изоляции (алюминиевой оболочки)	1
Нож для снятия пластмассовой оболочки	1
Ножницы для перерезания кабеля	1
Ножовка по металлу	1
Обколотка для осаживания свинцовой трубы	1
Отвертка длиной 100 мм	1
Очки защитные с кожаным ободком	2
Палатка брезентовая с каркасом	2
Перчатки полиэтиленовые с бязевой подкладкой или резиновые (медицинские)	2 пары
Перчатки брезентовые (или рукавицы)	2 пары
Пинцет	1
Рулетка стальная длиной 10 м	1
Сундук для инструмента и материалов	2
Термос для подогрева банки с комплектом бумажных роликов и рулонов	1
Термометр со шкалой до 300 °С в металлической оправе	1
Шаблон для изгиба жил	2
Штангенциркуль	1
Щетка стальная	1
Ящик металлический, запираемый	1

а круглые – на напряжение выше 1000 В. Бирки прикрепляют к кабелям и муфтам оцинкованной проволокой диаметром 1,5... 2 мм, покрытой слоем битума для предохранения от коррозии. На бирках кабели указывают напряжение, площадь сечения его жил, номер линии или ее название, а на расстоянии 100... 150 мм от соединительной муфты – номер муфты, дату ее монтажа и фамилию рабочего, смонтировавшего ее.

Трасса каждой кабельной линии, проложенной в траншее или в блоках, должна быть нанесена на план с привязкой к зданиям и сооружениям или специально установленным знакам с указанием расположения кабельных муфт.

Работы по монтажу кабельных линий очень трудоемки, и поэтому должны быть максимально механизированы. При прокладке кабелей применяются механизмы и приспособления, которые по назначению можно разделить на две основные группы: механизмы, используемые для земляных работ (экскаваторы, отбойные молотки, пневматические и электрические трамбовки) и механизмы и приспособления, используемые для транспортировки кабелей (кабельные транспортеры, кабелеукладчики, лебедки, ролики для раскатки кабелей и др.).

Монтаж кабельных муфт и заделок выполняют с помощью инструмента и принадлежностей, приведенных в табл. 10.3.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Из каких элементов состоит силовая кабель?
 2. Какие вы знаете кабели?
 3. Из каких материалов изготавливаются токопроводящие жилы?
 4. Какие вы знаете стандартные сечения токопроводящих жил кабелей?
 5. Каковы две стадии монтажа кабельных линий?
 6. Какие основные характеристики важно знать при сооружении кабельных линий?
- II.
 1. Каковы устройство и назначение защитного покрова кабелей?
 2. Какие кабели используют для электроснабжения электроустановок?
 3. Каковы особенности монтажа кабельных линий в траншеях?
 4. Где используется прокладка кабельных линий на опорных конструкциях?
 5. Каковы особенности монтажа кабельных линий в блоках?
- III.
 1. Каково назначение силовых трех- и четырехжильных кабелей?
 2. Назовите марки силовых кабелей и области их применения.
 3. Какие электроизоляционные материалы применяются в кабелях, каковы их свойства и характеристики?
 4. Каков порядок расчета и выбора сечений силовых кабелей?
 5. Какие механизмы и приспособления применяются при подготовке и монтаже кабельных линий?
 6. Какие инструменты и принадлежности необходимы для монтажа кабельных муфт и заделок?

10.2. Прокладка кабельной линии в траншее

Прокладка кабельной линии в траншее состоит из следующих основных операций: рытье траншеи; доставка, раскатка и укладка кабелей в траншее; соединение жил кабелей; монтаж соединительной кабельной муфты; защита кабеля от механических повреждений и засыпка траншеи; концевая заделка кабеля.

Рытье траншеи. Траншеи большой протяженности роют специальными ковшовыми или роторными землеройными машинами. На участках кабельной трассы, проходящих в непосредственной близости от подземных и наземных сооружений, зеленых насаждений и расположенных в земле коммуникаций, используются малогабаритные механизмы, например экскаватор Э-153 с ковшом емкостью 0,15 м³ или отбойные молотки, ломы и лопаты.

Траншеи для прокладки кабелей отрывают глубиной не менее 700 мм, а размеры их по дну зависят от числа прокладываемых кабелей. Размещение в траншее кабелей и кирпича для их защиты от механических повреждений показано на рис. 10.2.

В местах, где будут располагаться кабельные соединительные муфты, траншею расширяют, образуя котлован (для одной муфты 2,5 м длиной и 1,5 м шириной плюс 0,4 м для каждой последующей муфты). Вырытые булыжники, куски асфальта и землю укладывают с одной стороны траншеи или котлована на расстоянии не менее 1 м от края во избежание их падения. На дно траншеи насыпают слой песка (подушку) толщиной 100 мм.

Доставка, раскатка и укладка кабелей в траншее. Кабели доставляют к месту укладки в барабанах на специальных кабельных транспортерах или автомашинах, оборудованных устройством для их погрузки, транспортировки и выгрузки.

Выгружать барабан с кабелем надо осторожно, чтобы не повредить кабель и не травмировать работающих. Категорически запрещается сбрасывать барабаны с кабелем с автомашин или кабельных транспортеров. Кабель выгружают на максимально близком расстоянии от места раскатки, но так, чтобы он не мешал движению рабочих и не мог упасть в траншею. Раскатывают его, сматывая с барабана при помощи движущегося транспорта, лебедки и роликов, вручную по роликам или без роликов.

При раскатке кабеля с движущегося транспорта (со скоростью не более 2,5 км/ч) два рабочих вращают вручную барабан, сматывая с него кабель, а два других рабочих принимают его и укладывают в траншею. Во избежание резких сильных перегибаний кабель сматывают с барабана сверху, а не снизу.

Раскатка кабеля и укладка его в траншею при помощи лебедки с тросом и раскаточных роликов выполняется следующим образом. Сматывают трос с барабана лебедки и к его концу крепят конец

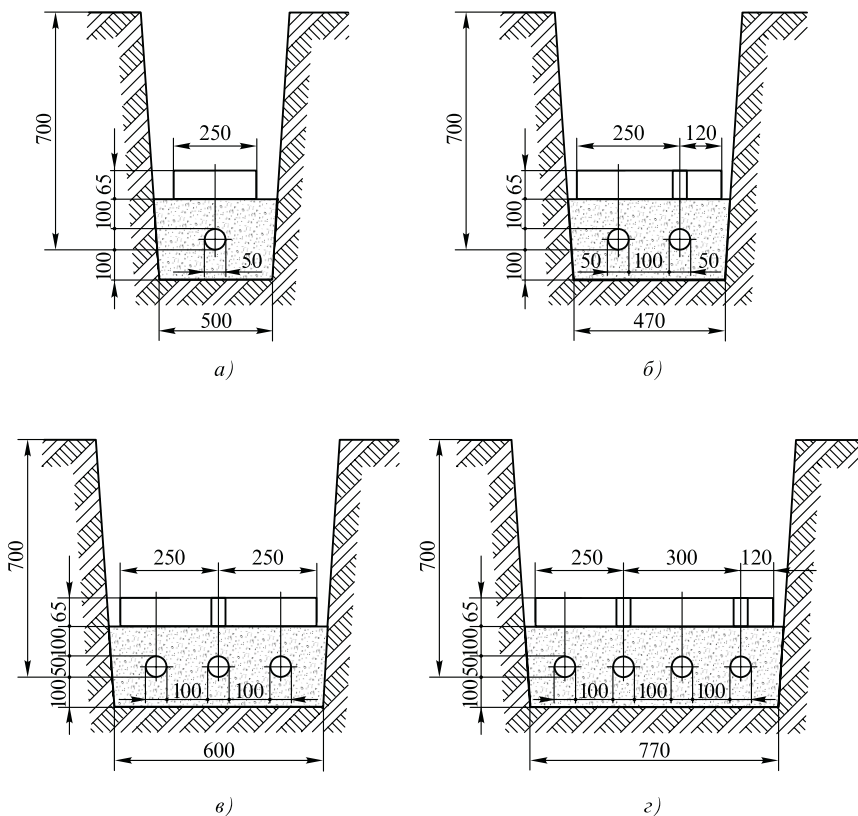


Рис. 10.2. Размещение в траншее (а ... г) соответственно одного, двух, трех и четырех кабелей

кабеля при помощи проволочного чулка (закрепляемого на оболочке кабеля) или кабельного зажима (с захватом за токопроводящие жилы кабеля). Затем, расставив по дну траншеи раскаточные ролики, приводят в движение барабан лебедки, при этом трос наматывается на барабан и протаскивает кабель по роликам на требуемое расстояние, после чего кабель снимают с роликов и укладывают на дно траншеи, а ролики удаляют. Кабель укладывают в траншею волнообразно (змейкой), чтобы создать некоторый запас его по длине, необходимый для компенсации растягивающих усилий, которые могут возникнуть вследствие осадки грунта или температурных изменений.

Запас кабеля необходим и в случае его ремонта, когда удаляется поврежденный участок и на его месте устанавливается соединительная муфта. Запас кабеля должен составлять 1... 3 % от его общей длины. При меньшем запасе кабель может быть поврежден

растягивающими усилиями, а больший — приведет к дополнительному расходу дорогостоящего кабеля.

Создавать запас кабеля в виде кольцеобразно уложенных витков запрещается, поскольку в процессе эксплуатации они будут перегреваться, и кабель после непродолжительной работы выйдет из строя.

Перегрев кабеля может привести к пробое изоляции.

Пробой твердых диэлектриков — это электрический или тепловой процесс. Электрический пробой начинается с явления ударной ионизации, возникающей при больших напряжениях. Процесс ударной ионизации в твердом диэлектрике сходен с процессом ударной ионизации в газах, но протекает при значительно больших напряженностях электрического поля. В результате частых соударений свободных электронов с молекулами и атомами диэлектрика освобождаются новые электроны. Они создают электронную лавину, пронизывающую твердый диэлектрик по всей его толщине, и он теряет свои электроизоляционные свойства.

Электрический пробой твердых диэлектриков на практике встречается редко, но он может возникнуть в тех случаях, когда потери энергии в диэлектрике незначительны и обеспечен хороший отвод тепла. При электрическом пробое электрическая прочность мало зависит от толщины диэлектрика и его температуры.

Тепловой пробой — это явление теплового разрушения диэлектрика: расплавление или прожигание по каналу между двумя его противоположными электродами (рис. 10.3).

Часть объема диэлектрика (канал) может обладать повышенной электрической проводимостью, вследствие чего в нем будет проходить заметный ток проводимости, который вызовет выделение тепла и нагрев этого канала, понижение его электрического сопротивления и, следовательно, возрастание тока сквозной проводимости. При этом происходит дополнительное выделение тепла в канале и перегрев этой части диэлектрика. При дальнейшем повышении напряжения ток проводимости в канале еще больше возрастет, а выделяемое им тепло может вызвать сплошное прожигание или расплавление твердого диэлектрика.

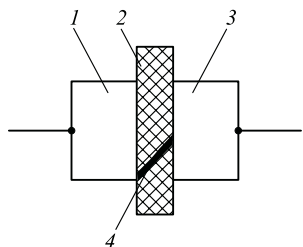


Рис. 10.3. Схема теплового пробоя диэлектрика:

1, 3 — металлические электроды; 2 — диэлектрик; 4 — канал с повышенной проводимостью

Электрическая прочность при тепловом пробое в значительной степени зависит от температуры и толщины диэлектрика. С повышением температуры или при увеличении толщины твердого диэлектрика отвод тепла из него затрудняется, что приводит к перегреву места пробоя и его тепловому разрушению при меньшей напряженности электрического поля.

Кабели с нормальной и обедненно-пропитанной бумажной, а также с по-

ливинилхлоридной изоляцией разрешается прокладывать только при температуре окружающей среды выше нуля. При температуре ниже нуля прокладываемый кабель должен быть прогрет в отопляемом помещении или электрическим током от специального трансформатора.

Быстро прогреть кабель можно трехфазным током от присоединяемого к сети 220 или 380 В специального трехфазного трансформатора мощностью 20 кВ·А, вторичная обмотка которого имеет 10 ступеней напряжения (от 7 до 98 В). Такой прогрев кабелей проводится при постоянном контроле температуры токопроводящих жил, чтобы не допустить увеличения ее выше 40 °С. Схема прогрева кабеля с помощью трехфазного трансформатора приведена на рис. 10.4, а.

Кабель можно прогреть также однофазным или постоянным током. В качестве источника тока в этом случае можно используются сварочный трансформатор (например, СТЭ-32) или сварочный генератор, позволяющий регулировать силу тока более плавно и в широких пределах. На рис. 10.4, б приведена схема прогрева кабеля однофазным током. В цепь вторичной обмотки трансформатора здесь включен дроссель, который позволяет регулировать силу тока в кабеле. Отметим, что при данной схеме прогрева в одной из жил кабеля будет течь ток в два раза больший, чем в двух других, и он будет нагреваться несколько неравномерно.

Практически работы по прогреву кабелей электрическим током проводятся в следующем порядке.

Разделяют оба конца кабеля и на его внутреннем конце соединяют опрессовкой накоротко все жилы (при прогреве однофазным или постоянным током соединяют также две жилы на наруж-

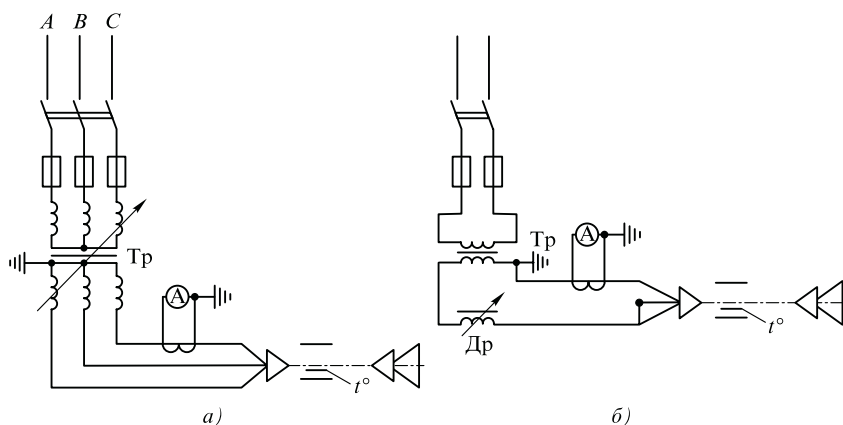


Рис. 10.4. Схемы прогрева кабелей трехфазным(а) и однофазным (б) током

ном конце). Место соединения покрывают изоляционной лентой. Оба конца кабеля заделывают герметично. Для заделки конца с закороченными жилами к металлической оболочке припаивают свинцовый колпачок так, чтобы жилы примерно на 50 мм не доходили до его торца. Для заделки другого конца кабеля, к которому подводится ток, используется временная воронка из рубероида, толя или электрокартона с заливкой ее битумной кабельной массой. Такую воронку можно использовать и для герметизации конца с закороченными жилами кабелей с пластмассовой изоляцией. Если необходимо прогреть несколько кабелей одновременно, их соединяют между собой последовательно.

На время прогрева устанавливается дежурство и принимаются меры пожарной безопасности (доставляются огнетушители, песок, лопаты и др.).

Прогретый кабель должен быть проложен в траншее в течение 60 мин – при температуре окружающего воздуха от 0 до -10°C ; в течение 40 мин – при температуре от -11 до -19°C и в течение 30 мин – при температуре -20°C и ниже.

Нагрев жил кабеля контролируют по показаниям термометра, установленного на его оболочке, при этом следует учитывать, что температура жил кабеля, рассчитанного на напряжение 1 кВ, выше показываемой термометром температуры оболочки в среднем на 10°C . Ориентировочные данные по прогреву кабелей трехфазным током приведены в табл. 10.4.

Сила тока прогрева контролируется по амперметру, при этом не должно быть превышения номинальных значений плотности тока для кабелей данного сечения.

Таблица 10.4

Данные по прогреву кабелей

Сечение жил кабеля, мм ²	Допустимый ток при прогреве, А	Напряжение, необходимое на каждые 100 м прогреваемого кабеля, В	Время прогрева, мин, при температуре окружающего воздуха	
			-10°C	-20°C
25	130	16,0	88	106
35	160	14,0	93	112
50	190	11,5	110	134
70	230	10,0	122	149
95	285	9,0	124	151
120	330	8,5	138	170

Соединение жил кабелей. Соединение жил кабелей на напряжении до 1 кВ включает в себя два этапа: разделку концов кабелей и соединение жил кабелей пайкой, опрессовкой и сваркой.

Разделка кабеля, заключающаяся в постепенном ступенчатом удалении с него защитных и изоляционных частей, подробно рассмотрена в разд. 7.2.

Соединение жил кабелей опрессовкой, пайкой, газовой и электросваркой рассмотрено в разд. 7.3. Но наиболее качественное соединение алюминиевых жил достигается термитной сваркой, поэтому в соответствующих инструкциях указывается в первую очередь этот способ. Газовая сварка и электросварка алюминиевых жил применяются в случаях, когда термитная сварка почему-либо не может быть осуществлена.

Перед термитной сваркой производят предварительную подготовку жил. В процессе подготовки (рис. 10.5) подбирают термитный патрон по сечению свариваемых жил (указано на патроне). Обычно применяются патроны типа А (см. рис. 10.5, а). Круглые жилы кабеля очищают от остатков пропиточного состава, а секторным жилам придают круглую форму. На обработанную таким образом жилу кабеля надевают алюминиевую втулку 3 (см. рис. 10.6, б) и вводят ее в патрон (см. рис. 10.5, в). Для предотвращения вытекания расплава места входа соединяемых жил в патрон уплотняют асбестовым шнуром 5 (см. рис. 10.5, з), пользуясь стальной подбойкой 4 с полукруглым лезвием. Подготовленное к сварке соединение (см. рис. 10.5, д) устанавливают на фиксирующей площадке 2 (рис. 10.6, а) штати-

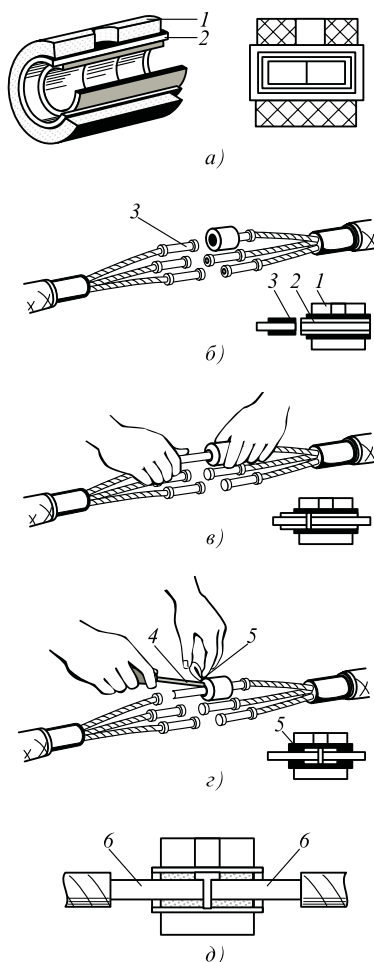


Рис. 10.5. Процесс подготовки алюминиевых жил кабеля к сварке в термитном патроне:

а – термитный патрон типа А и его разрез; б...д – операции процесса; 1 – термитный муфель; 2 – стальной кокиль; 3 – алюминиевая втулка; 4 – подбойка с полукруглым лезвием для подбивки асбестового шнура; 5 – шнур; 6 – жила

ва 1, закрепляют на жилах охлаждающие клещи 4, защищают жилы листовым асбестом 5 и переходят к сварке.

Сварку в термитном патроне производят с применением флюса марки ВАМИ и в последовательности, показанной на рис. 10.6, б... г. После остывания участка соединения скалывают муфель зубилом (см. рис. 10.6, д) и удаляют с него стальной кокиль. По окончании процесса сварки остается литниковая прибыль (см. рис. 10.6, е), излишки которой откусывают клещами или срезают ножовкой, поверхность обрабатывают напильником, придавая участку соединения форму цилиндрической гильзы (см. рис. 10.6, ж). Затем промывают горячей прошпарочной мастикой МП-1 для удаления оставшихся частиц металла и шлака.

Соединение алюминиевых жил кабелей газовой сваркой производится в два приема: сначала сплавляют концы соединяемых жил в монолитный стержень, а затем сваривают их. Сплавление

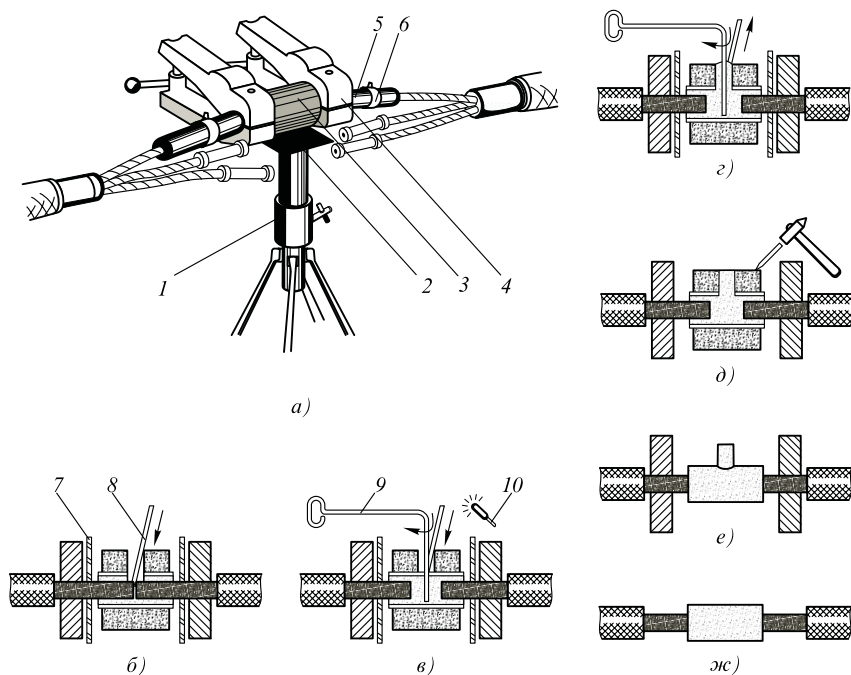


Рис. 10.6. Процесс соединения алюминиевых жил кабелей термитной сваркой:

а... ж – операции процесса; 1 – штатив; 2 – площадка для фиксации термитного патрона; 3 – термитный патрон; 4 – охлаждающие клещи; 5 – листовый асбест для защиты жил от пламени; 6 – скоба для закрепления асбеста на жилах кабеля; 7 – экран; 8 – присадочный пруток; 9 – стальной проволоочный крючок; 10 – спичка для поджигания термитной смеси

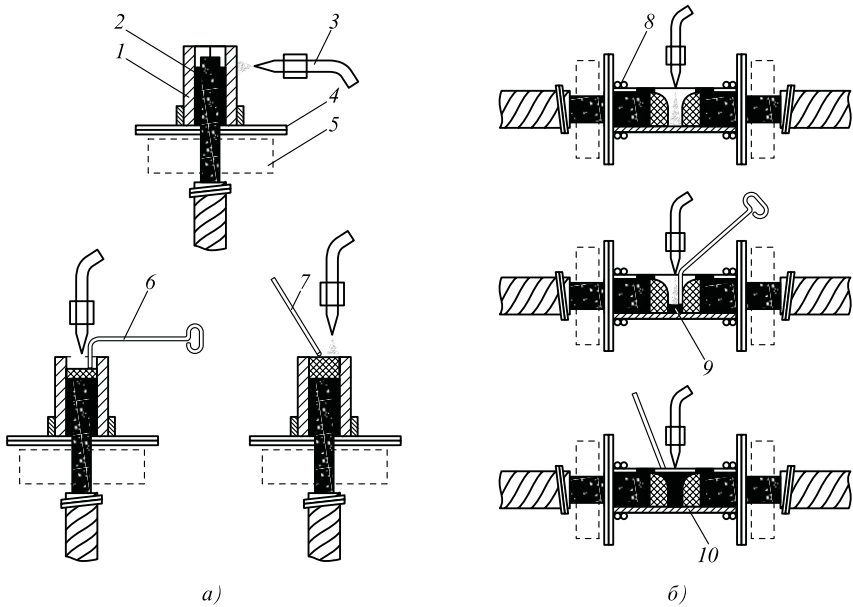


Рис. 10.7. Соединение алюминиевых жил газовой сваркой:

a – сплавление концов жил в монолитный стержень; *б* – соединение монолитных стержней сваркой; 1 – формочка; 2 – асбестовая изоляция; 3 – газовая горелка; 4 – защитный экран; 5 – охладитель; 6 – стальной крючок (мешалка); 7 – пруток припоя; 8 – проволочный бандаж; 9 – расплав металла; 10 – съемная стальная форма

производят в формочке, установленной на вертикально расположенной токопроводящей жиле (рис. 10.7, *a*): пламенем горелки 3 разогревают формочку 1; расплавляют конец жилы; вводя в пламя горелки присадочный пруток 7, расплавляют его, увеличивая таким образом количество расплава, необходимого для образования при остывании монолитного стержня.

Сплавленные в монолитный стержень жилы помещают горизонтально в стальную съемную форму 10 (рис. 10.7, *б*), закрепляемую на жилах проволочными бандажами 8, и сваривают, размешивая расплав 9 стальным крючком 6. При сплавлении концов и сварке изоляцию жил защищают экранами 4 и охладителями 5.

По окончании соединения жил производят заземление металлической оболочки, брони и муфты каждого из соединяемых кабелей с помощью медного многопроволочного проводника с сечением от 6 до 25 мм².

Заземляющий проводник сначала прикрепляют к оболочке кабеля бандажами из стальной оцинкованной проволоки диамет-

ром 1,0...1,5 мм, а затем места присоединения пропаивают припоем марки ПОС-30. Участки оболочки, к которым припаивают заземляющий проводник, должны быть предварительно хорошо очищены и облужены (свинцовой – припоем марки ПОС-30, алюминиевой – припоем марки А). Аналогично заземляющий проводник припаивают к обоим бронелентам. Продолжительность каждой пайки не должна превышать 3 мин во избежание местного перегрева изоляции кабеля.

На свободные концы заземляющих проводников напрессовывают наконечники для удобства присоединения их к муфте, после чего приступают к монтажу соединительной муфты.

Монтаж соединительной кабельной муфты. Соединительные кабельные муфты служат для герметизации участков соединений и защиты их от механических воздействий.

Соединения трехжильных и четырехжильных кабелей, рассчитанных на напряжение до 1 кВ, герметизируют и защищают чугунными или эпоксидными муфтами. Соединительные чугунные обычные (СЧо) или малогабаритные (СЧм) муфты выпускаются четырех типоразмеров. Выбираются они в зависимости от сечений жил соединяемых кабелей. Муфты СЧм весят примерно на 40 % меньше, чем муфты СЧо.

Монтаж чугунных муфт начинают с очистки обеих ее половинок от грязи и ржавчины и предварительной примерки на участке соединения. Установив под соединенными жилами нижнюю половину муфты, отмечают на кабеле участки, где будут расположены ее горловины, и накладывают на эти участки подмотку из нескольких слоев просмоленной ленты для создания необходимого уплотнения в местах входа кабелей в муфту.

Далее, установив нижнюю половину муфты так, чтобы подмотки из смоляной ленты оказались над ее горловинами, присоединяют к контактными площадкам наконечники заземляющих проводников. Затем, уложив в паз нижней половины муфты уплотняющую прокладку из проваренного в битумной массе пенькового канатика, накрывают ее верхней половиной и прочно скрепляют болтами, затягивая их равномерно во избежание перекоса. В качестве уплотняющей прокладки в муфте можно использовать маслястойкую резину или проваренную в битумной массе пражу подушки, снятую с кабеля при его разделке. Соединение кабелей в чугунной муфте показано на рис. 10.8.

Очень важна заключительная операция монтажа муфты – заливка ее кабельной массой. Неправильная заливка служит наиболее частой причиной пробоя изоляции между жилами кабеля в месте соединения вследствие скопления влаги в муфте.

Выполняют заливку после разогрева муфты и кабельной массы, т. е. газовой горелкой подогревают муфту до 60...70 °С, подно-

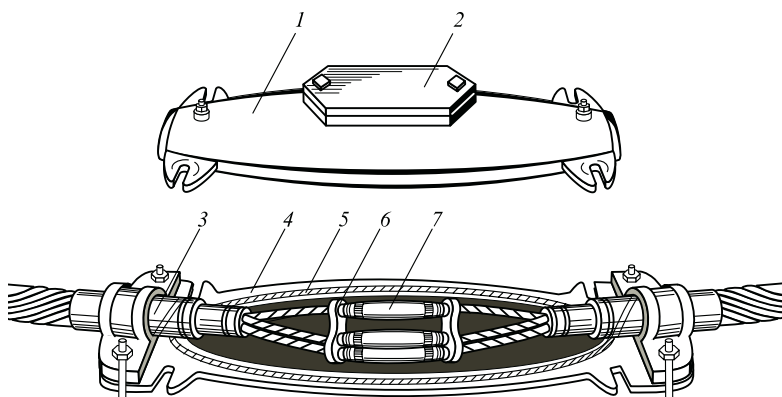


Рис. 10.8. Соединение кабеля напряжением в чугунной муфте:

1, 4 – соответственно верхняя и нижняя половины муфты; 2 – крышка заливочного отверстия; 3 – горловина муфты; 5 – уплотняющая прокладка; 6 – распорная фарфоровая пластина; 7 – участок соединения жил кабелей

сят к ней в специальном ведре разогретую до $160 \dots 180 \text{ }^\circ\text{C}$ кабельную массу МБ-70 или МБ-90 и заливают ею внутреннюю полость муфты сначала на $1/3$ и $3/4$, а затем полностью. Когда кабельная масса остынет до $35 \dots 30 \text{ }^\circ\text{C}$ (при этом несколько уменьшится ее объем – произойдет усадка), производят окончательную доливку. После доливки кабельной массы укладывают в паз, проходящий по периметру заливочного отверстия, проваренный в битумной массе канатик, закрывают заливочное отверстие крышкой и крепят ее винтами. Для увеличения герметичности соединения муфту дважды обливают битумной массой.

Эпоксидные муфты применяют преимущественно для соединения кабелей, рассчитанных на напряжения 1, 6 и 10 кВ, и для выполнения ответвлений кабелей, рассчитанных на напряжение только до 1 кВ.

Соединительные эпоксидные (СЭ) муфты бывают следующих конструктивных исполнений (рис. 10.9):

с эпоксидным корпусом из двух частей и поперечным разъемом его в средней части (СЭп). Провод заземления располагается вне муфты;

эпоксидным корпусом из двух частей и продольным разъемом его в вертикальной плоскости (СЭв). Провод заземления располагается в специальном пазу в нижней части корпуса;

эпоксидным корпусом, имеющим экран из листовой стали и два конуса с припаянными к ним манжетами из свинца (СЭм). Один конус соединяется с цилиндрической частью муфты на заводе, а другой – на месте монтажа;

эпоксидным корпусом, образующимся на участке соединения кабелей после отверждения компаунда, залитого в съемную металлическую форму (СЭс).

Для соединения кабелей на напряжения 6 и 10 кВ применяют эпоксидные муфты СЭп, СЭв и СЭм, а для кабелей на напряжение до 1 кВ – муфты СЭс.

Для муфт СЭс изготавливают на заводах полые металлические корпуса, которые заливают на месте монтажа эпоксидным компаундом, состоящим из эпоксидной смолы марки ЭД-5 с добавлением эпоксидно-анилиновой смолы, пластификаторов и наполнителей.

Пластификаторы и наполнители повышают термостойкость, эластичность, механическую прочность смолы и снижают температурный коэффициент расширения компаунда до значения, близкого к коэффициентам расширения меди, алюминия и свинца, с которыми чаще всего соприкасается компаунд при соединении кабелей. В качестве пластификатора для эпоксидной смолы марки ЭД-5 применяют полиэфир марки МГФ-9, а в качестве наполнителей – чистый бесщелочной кварцевый песок марок КП-2 или КП-3 тонкого помола, прокаленный при 700...800 °С для удаления из него влаги и органических примесей. Для ускорения процесса отверждения в эпоксидные смолы вводят отвердитель.

Перед заливкой половинки муфты скрепляют на месте соединения мягкой проволокой и промазывают пластилином щель между ними, чтобы предотвратить вытекание эпоксидного компаунда. Заливают его медленно с небольшой высоты непрерывной струей шириной 10...15 мм, слегка постукивая по муфте деревянной рукояткой молотка, чтобы ускорить выход газовых пузырьков на поверхность.

Отвердевание компаунда при температуре 20 °С происходит примерно через 12 ч после заливки (проверяется на ощупь). При более высоких или низких температурах окружающей среды время отверждения соответственно уменьшается или увеличивается.

Эпоксидный компаунд доставляется на объект монтажа в расфасованном виде с введенным в него наполнителем. Отвердитель вводится непосредственно на месте монтажа муфт и заделок. Компаунд с введенным отвердителем перед заливкой тщательно перемешивают и дают отстояться в течение 10...15 мин для удаления воздуха. После введения отвердителя компаунд пригоден к употреблению в течение 0,5...1 ч при температуре окружающей среды 0...10 °С; 1,5 ч – при 11...20 °С и 2 ч – при 21...35 °С.

При размешивании и заливке компаунда в форму надо соблюдать меры предосторожности. Входящие в компаунд химические вещества токсичны до момента окончания полимеризации и опасны для глаз и других незащищенных частей тела работающих, так

как могут вызвать местные раздражения и воспалительные процессы.

Компаунды — это электроизоляционные составы, изготавливаемые из смол и битумов. В исходном состоянии они жидкие, но постепенно отвердевая, превращаются в монолитный твердый диэлектрик.

В отличие от лаков и эмалей компаунды не содержат летучих растворителей (которые улетучиваясь, образуют в покрытии сквозные поры и капилляры), что обеспечивает их монолитность после отвердевания.

Согласно своему назначению компаунды разделяются на пропиточные, заливочные и обмазочные.

Пропиточные компаунды применяются для пропитки обмоток электрических машин и аппаратов с целью цементации витков обмотки и защиты их от влаги; заливочные — для заливки полостей (свободных пространств) в кабельных муфтах и воронках, а также в корпусах электродвигателей, трансформаторов тока, дросселей и др.

Широко применяются компаунды, представляющие собой смеси какой-либо эпоксидной смолы с отвердителями (ангидридами фталевой и малеиновой кислот и др.). Они отличаются хорошей прилипаемостью (адгезией) к металлам, керамике, пластмассам и волокнистой изоляции обмоток; обладают повышенной механической прочностью и малой объемной усадкой (0,5... 1,5%). В зависимости от используемого отвердителя эпоксидные компаунды могут переходить из жидкого состояния в твердое при повышенных (120... 135 °С) или комнатной температуре. Если в жидкую эпоксидную смолу ввести ангидриды фталевой или малеиновой кислот, то отверждение компаундов произойдет при температуре 120... 140 °С в течение 4... 10 ч. При использовании гексаметилендиамина и некоторых других отвердителей эпоксидные компаунды отвердевают

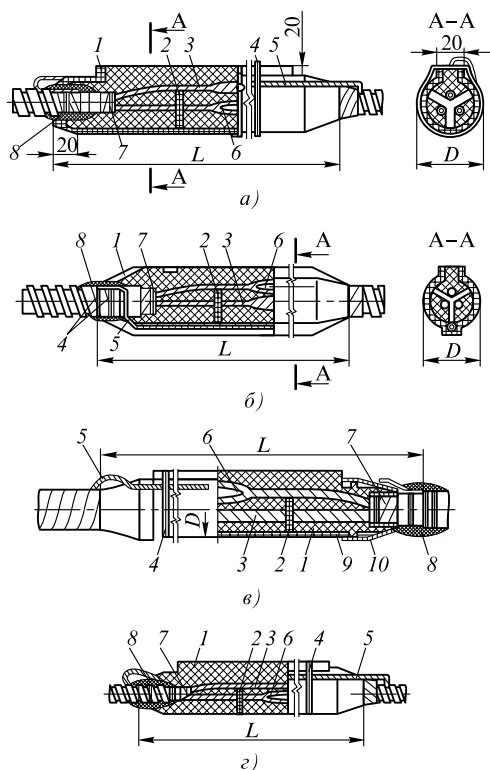


Рис. 10.9. Соединительные эпоксидные кабельные муфты:

a — СЭп; *б* — СЭв; *в* — СЭм; *з* — СЭс; 1 — корпус муфты; 2 — распорка; 3 — подмотка жилы; 4 — бандаж из проволоки; 5 — провод заземления; 6 — соединение жил; 7 — бандаж из суровых ниток; 8 — герметизирующая подмотка; 9 — экран корпуса; 10 — свинцовая манжета

при комнатной температуре в течение 20...24 ч и называются компаундами холодного отвердевания. Отверделый эпоксидный компаунд представляет собой монолит, обладающий сравнительно небольшим коэффициентом линейного расширения ($6 \times 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$).

Для уменьшения хрупкости эпоксидных компаундов в них вводятся пластификаторы – синтетические маслообразные жидкости (дибутилфталат, полиэфир и др.), а для повышения коэффициента теплопроводности и улучшения механических характеристик – минеральные наполнители (пылевидный кварц, молотый тальк и др.). Введение наполнителей приводит к снижению текучести жидкого компаунда, поэтому компаунды с наполнителями применяют главным образом для заливки больших полостей с большим количеством металлических частей.

По сравнению с чугунными эпоксидные соединительные муфты имеют следующие преимущества: более низкую стоимость, меньшие размеры и массу, их изготовление и монтаж менее трудоемкие, а также благодаря хорошему сцеплению компаунда с металлами они упрощают процесс герметизации кабеля.

Для соединения высоковольтных кабелей, рассчитанных на напряжения 6, 10 кВ и выше, применяют свинцовые муфты. Их изготавливают из свинцовых труб соответствующего диаметра путем обработки в процессе монтажа.

Соединительные свинцовые муфты обозначаются буквами СС и цифрами, указывающими диаметр кабеля, на который они рассчитаны, и могут быть шести типоразмеров (СС-60, СС-70, СС-80, СС-90, СС-100 и СС-110). Типоразмером определяется также диапазон сечений жил кабелей, допускаемых к соединению в данной муфте при определенных значениях рабочих напряжений.

Защита кабеля от механических повреждений и засыпка траншеи. Проложенный в траншее кабель засыпают слоем мягкой просеянной земли (пушонки) или песка толщиной 100 мм, поверх которого кладут в один слой кирпич (не силикатный) или железобетонные плитки для защиты кабеля от механических повреждений при раскопках.

Кабели на напряжение до 1 кВ должны быть защищены только на участках, где наиболее вероятно механическое повреждение. Траншеи засыпаются извлеченной из них землей, если она не содержит камней, кусков шлака, строительного мусора, слоями 200...250 мм, каждый из которых смачивают водой и уплотняют трамбовкой.

В зимнее время траншеи засыпают сухим песком или мелко просеянной землей, так как вынутая из траншеи смерзшаяся земля образует крупные глыбы, которые, падая в траншею, могут повредить кабель, а при наступлении теплой погоды, оттаив, дадут большую усадку грунта по всей трассе прокладываемого кабеля.

Засыпку верхней части траншеи грунтом и зачистку трассы производят механизированным способом; разрушенные асфальтовые и булыжные покрытия восстанавливают.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Назовите основные операции при прокладке кабелей в траншеях.
 2. Какие механизмы и инструменты используются при рытье траншей?
 3. Каковы основные размеры траншей для прокладки кабелей?
 4. Как соединяются токоведущие жилы кабелей?
- II.
 1. Как доставляются и выгружаются кабельные барабаны?
 2. Как раскатывают кабель?
 3. Как производится термитная сварка?
 4. Как выполняется газовая сварка?
- III.
 1. Каковы особенности укладки кабеля в траншее?
 2. Каковы правила прокладки кабеля в траншее при низких температурах?
 3. Какие вы знаете способы прогрева кабеля электрическим током?
 4. Каковы элементы и последовательность монтажа чугунной муфты?
 5. Как производится монтаж эпоксидной муфты?
 6. Как кабель защищают от механических повреждений?

10.3. Концевые заделки кабелей

Концевая заделка осуществляется для герметизации кабеля в непосредственной близости от места присоединения его токопроводящих жил к аппаратам, шинопроводам распределительных устройств и другим элементам электроустановки. В настоящее время применяют следующие виды концевой заделки кабелей на напряжение до 10 кВ: в стальной воронке, резиновой перчатке, эпоксидные, а также из поливинилхлоридных лент.

Концевая заделка кабелей в стальных воронках (типовое обозначение КВБ) до настоящего времени широко используется для электроустановок с напряжением до 10 кВ, располагаемых в сухих отапливаемых и неотапливаемых помещениях. Такая заделка может быть трех исполнений:

КВБм — с овальной малогабаритной воронкой, не имеющей крышки и монтируемой без фарфоровых втулок;

КВБк — с круглой воронкой, на выходе которой жилы кабеля располагаются по вершинам равностороннего треугольника (под углом 120°);

КВБо — с овальной воронкой, на выходе которой токопроводящие жилы кабеля располагаются в один ряд.

Заделки КВБо и КВБк применяются для оконцовки кабелей, рассчитанных на напряжение до 10 кВ, с токопроводящими жи-

лами любых сечений; при оконцовке кабелей на напряжения 3, 6 и 10 кВ воронку монтируют с крышкой и фарфоровыми втулками, а при оконцовке кабелей на напряжение до 1 кВ – без крышки и втулок.

Заделку концов кабелей в стальной воронке используют чаще всего потому, что материалы, необходимые для изготовления и заливки воронок, всегда имеются в любом электрохозяйстве. Для заделки трехжильных кабелей на напряжение до 1 кВ с сечением до $3 \times 120 \text{ мм}^2$ и четырехжильных кабелей с сечением до $4 \times 95 \text{ мм}^2$ применяются преимущественно овальные малогабаритные стальные воронки КВБм. Заделку производят в следующем порядке.

Подлежащую монтажу стальную воронку очищают от грязи, надевают на кабель (рис. 10.10, а) и сдвигают по нему (предварительно обмотав его бумагой для предохранения воронки от загрязнения). Выполнив разделку конца кабеля, разогревают массу марки МП-1 до $120 \dots 130 \text{ }^\circ\text{C}$ и тщательно прошпаривают разделанный участок. Изолируют жилы липкой поливинилхлоридной лентой (рис. 10.10, б), накладывая ее с полуперекрытием витков. Надвигают воронку на разделанный конец кабеля (рис. 10.10, в), разводят в ней жилы. Затем, отметив место расположения на кабеле горловины воронки, ее вновь сдвигают. Далее, прикрепив проводочным бандажом провод заземления к оболочке и броне кабеля, припаивают его (рис. 10.10, г...е). Удалив оставшийся кольцевой поясок над изоляцией, а затем на броне кабеля (в месте, где должна находиться горловина воронки), подматывают конусообразно несколько слоев смоляной ленты (рис. 10.10, ж) для более плотной насадки горловины воронки. Через середину подмотки (после 3...4 слоев) пропускают провод заземления. Воронку надвигают на место, с усилием насаживая на подмотку, и закрепляют на конструкции вертикально хомутами, к которым затем крепят провод заземления (рис. 10.10, з).

К концам жил кабеля припаивают или приваривают наконечники, выгибают жилы кабеля так, чтобы они были отдалены друг от друга и от стенок воронки на равные расстояния, а затем, подогревая воронку до $35 \dots 50 \text{ }^\circ\text{C}$, заливают ее горячей кабельной массой. По мере остывания и усадки кабельную массу в воронку доливают так, чтобы ее окончательный уровень был ниже края воронки не более чем на 10 мм.

Для предохранения от коррозии воронку, хомут и поддерживающую конструкцию окрашивают эмалевой краской. Воронку маркируют, указывая на ней номер и сечение кабеля.

Концевая заделка кабелей в резиновые перчатки (типовое обозначение КВР) допускается в помещениях с нормальной средой при разности уровней расположения концов кабелей не более 10 м и применяется для трехжильных кабелей, рассчитанных на напря-

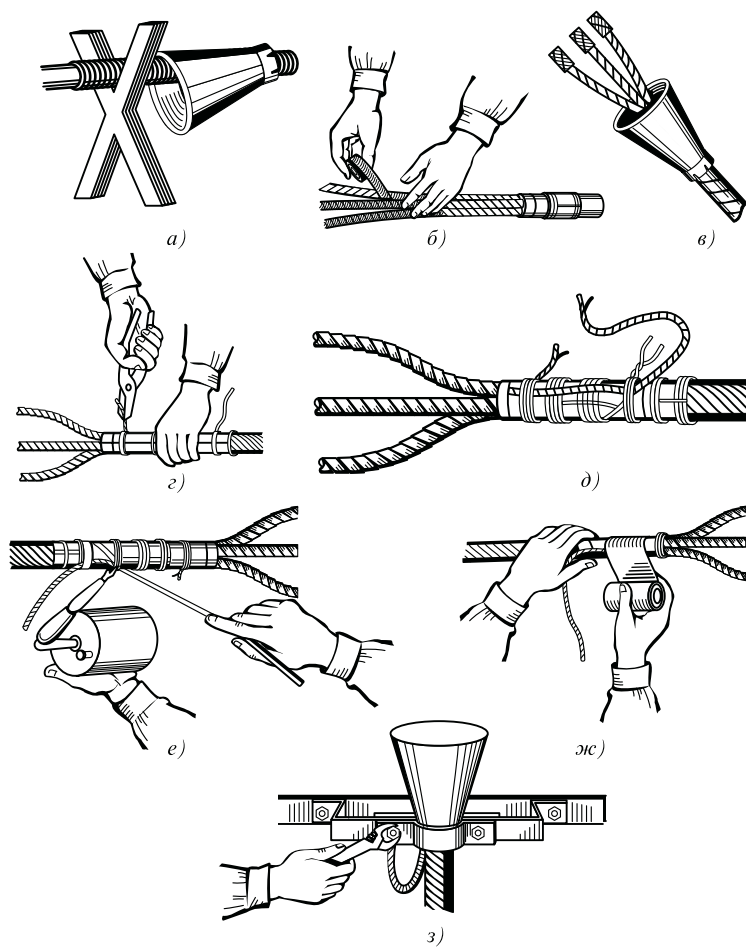


Рис. 10.10. Последовательность операций (а...з) заделки кабеля в стальной воронке

жение до 1 кВ, с сечением жил до 240 мм² и четырехжильных кабелей с сечением жил до 185 мм². Резиновые перчатки изготавливаются из найритовой резины марки ПЛ-118-11.

Выполнив разделку конца кабеля, монтаж заделки КВР (рис. 10.11) производят в следующем порядке. Сначала на разделанные жилы 4 кабеля накладывают вразбежку несколько слоев подмотки 2 из липкой поливинилхлоридной ленты для закрепления бумажной изоляции и скругления ее острых краев с целью облегчения их прохождения через трубки 3 и отrostки (пальцы) 14 перчатки. Отгибают плоскогубцами в несколько приемов кор-

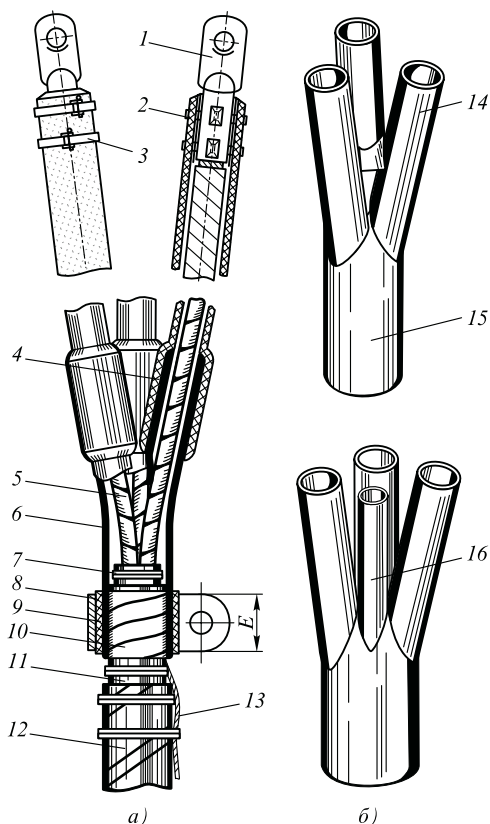


Рис. 10.11. Конструкция заделки КВР (а) и вид резиновых перчаток для трехжильных и четырехжильных кабелей (б):

1 – наконечник; 2, 11 – подмотки из поливинилхлоридной ленты; 3 – резиновая трубка из найрита; 4 – жила кабеля; 5 – перчатка; 6 – хомут; 7 – провод заземления; 8 – броня; 9 – оболочка кабеля; 10 – уплотнение маслостойкой резиновой лентой; 12 – поясная изоляция; 13 – бандаж; 14 – палец перчатки; 15 – тело перчатки; 16 – отросток для четвертой жилы четырехжильного кабеля

на подмотку из ленты. Глубина насадки перчатки на оболочку E должна быть 30...35 мм.

Закрепляют корпус перчатки на оболочке специальным хомутом или двумя бандажами из четырех витков медной или мягкой стальной оцинкованной проволоки диаметром 1 мм (предварительно

пус (тело) 15 перчатки по всей окружности на участке, равном приблизительно ширине хомута б (25...30 мм в зависимости от типоразмера перчатки).

Участок оболочки 9 кабеля между двумя кольцевыми надрезами удаляют и на оголенный участок поясной изоляции 12 накладывают бандаж 13 из суровых ниток, затем создают шероховатость на отогнутом участке корпуса 15 перчатки, для чего, протерев его тряпкой, смоченной в бензине, обрабатывают драчевым напильником или щеткой из кардоленты. Участок оболочки, на который будет приклеена перчатка, зачищают до блеска, а затем протирают тряпкой, смоченной бензином.

Далее покрывают тонким слоем клея № 88Н отогнутую часть корпуса перчатки и участок оболочки. Если диаметр оболочки меньше внутреннего диаметра перчатки, на оболочку намазывают ленту из маслостойкой резины, каждый слой которой тоже промазывают клеем. Через 5...7 мин, необходимых для подсыхания клея, загибают корпус перчатки

намотав на корпус в местах их установки два слоя прорезиненной ленты).

Перевязав временно хлопчатобумажной или прорезиненной лентой резиновые трубки непосредственно у перчатки, чтобы предотвратить поясную бумажную изоляцию от повреждений, разводят и выгибают жилы кабеля.

Отгибают концы трубок, изолирующих жилы, на участке, равном длине трубчатой части наконечника I плюс 8 мм, подготавливая таким образом жилы кабеля для оконцовки. Чтобы облегчить отгибание трубок, наружные поверхности этих участков смазывают вазелином или смазочным маслом.

Напрессовывают, наваривают или напаявают наконечники на концы токопроводящих жил, а затем протирают их цилиндрическую (трубчатую) часть тряпкой, смоченной бензином.

Придают драчевым напильником или стальной щеткой шероховатость отогнутой части трубки, предварительно протерев ее тряпкой, смоченной бензином, а затем наносят на нее тонкий слой клея № 88Н.

Закладывают валики, смотанные из маслостойкой резиновой ленты и промазанные клеем № 88Н, в лунки наконечников, образованные при опрессовке способом местного вдавливания. Если диаметр цилиндрической части наконечника меньше внутреннего диаметра трубки, т.е. между ними есть зазор, на наконечник наматывают столько слоев маслостойкой резины, предварительно протертой бензином и промазанной клеем № 88Н, сколько необходимо для ее полного устранения. Для уплотнения отворачивают трубку на цилиндрическую часть наконечника.

Уплотнение можно произвести и с помощью приклеивания отрезка трубки такой длины, чтобы он полностью покрывал цилиндрическую часть наконечника и заходил на основную трубку на расстояние, равное двум ее диаметрам. При этом склеиваемым поверхностям трубок (основной и отрезка) сначала придают шероховатость, протирают их тряпками, смоченными бензином, покрывают клеем № 88Н и дают высохнуть. Затем на внутреннюю поверхность отрезка трубки повторно наносят толстый слой клея № 88Н и сразу насаживают его на наконечник.

При оконцовке жил сваркой с применением литых наконечников марки ЛА на оголенный участок жилы подматывают ленту из маслостойкой резины с переходом ее витков на наконечник и изоляцию жил. Допускается также уплотнение этой подмотки сплошным биндажом из крученого шпагата диаметром 1,5...2 мм, который затем покрывают асфальтовым лаком. Наиболее распространенные способы уплотнения резиновых трубок на наконечниках показаны на рис. 10.12. Резиновые трубки I закрепляют на корпусе наконечника специальным биндажом $З$ или четырьмя витками медной проволоки диаметром 1 мм.

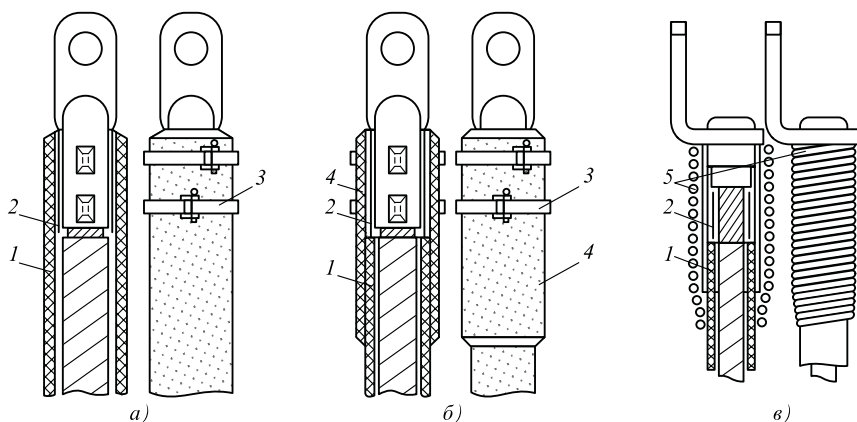


Рис. 10.12. Способы уплотнения резиновых трубок на алюминиевом наконечнике:

а – с предварительным отворачиванием трубки; *б* – с помощью отрезка трубки; *в* – крученым шпагатом на литом наконечнике; 1 – резиновая трубка; 2 – подмотка лентой из маслостойкой резины; 3, 5 – бандажы из стальной полоски и шпагата; 4 – муфточки из резиновой трубки

Концевая заделка кабелей эпоксидным компаундом отличается простотой исполнения, надежностью, высокой электрической и механической прочностью, безопасностью и термостойкостью (рабочая температура такой заделки от -50 до $+90$ °С). Она имеет общее типовое обозначение КВЭ и применяется для оконцовки силовых кабелей, рассчитанных на напряжение до 10 кВ и используемых внутри любых помещений, а также в наружных электроустановках при условии защиты от непосредственного воздействия атмосферных осадков и солнечных лучей.

Корпус эпоксидной заделки образуется после застывания эпоксидного компаунда, залитого в коническую форму, временно надеваемую на конец кабеля.

Заделка с эпоксидным корпусом (рис. 10.13) может быть следующих исполнений:

КВЭн – с трубками из найритовой резины на жилах для применения в сухих помещениях;

КВЭд – с двухслойными (нижний слой из поливинилхлорида, верхний из полиэтилена) трубками на жилах для применения в сырых помещениях и районах с тропическим и субтропическим климатом;

КВЭп – с выводом из корпуса изолированных проводов, припаянных внутри к многопроволочным жилам кабеля, рассчитанного на напряжение до 1 кВ, для применения в сырых помещениях и районах с тропическим и субтропическим климатом;

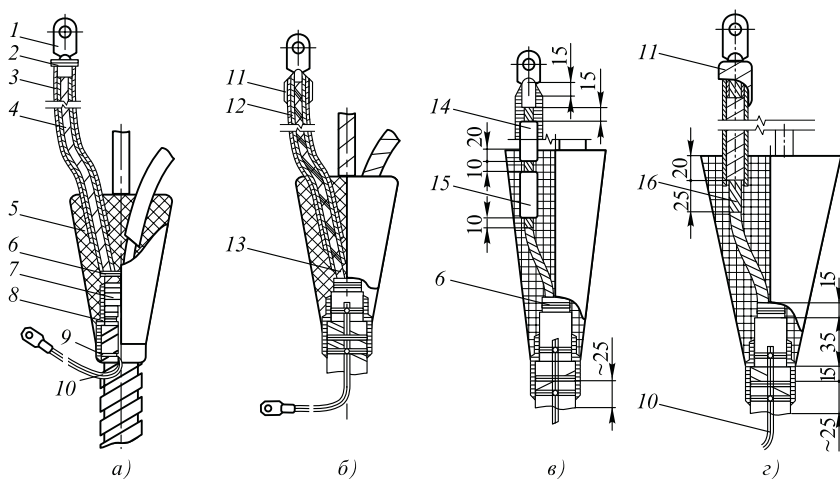


Рис. 10.13. Концевая эпоксидная заделка кабелей различного исполнения: *а* – КВЭн; *б* – КВЭд; *в* – КВЭп; *з* – КВЭз; 1 – наконечник; 2 – бандаж или хомут; 3 – трубка из найритовой резины; 4 – токопроводящая жила в заводской изоляции; 5 – корпус из эпоксидного компаунда; 6 – бандаж из суровых ниток на поясной изоляции; 7 – оболочка кабеля; 8 – двухслойная подмотка; 9 – проволочный бандаж провода заземления; 10 – провод заземления; 11 – подмотка из хлопчатобумажной ленты с промазкой эпоксидным компаундом; 12 – двухслойная трубка; 13 – изолированный провод; 14 – место соединения жил пайкой; 15 – подмотка из липкой поливинилхлоридной ленты; 16 – оголенный участок жилы

КВЭз – с трубками из найритовой резины на однопроволочных жилах кабелей, рассчитанных на напряжение до 1 кВ, и устройством «замков» внутри корпуса для использования в сырых помещениях и районах с тропическим и субтропическим климатом.

Помимо перечисленных применяются также заделки КВЭо без эпоксидного отлитого корпуса, а с подмоткой из хлопчатобумажных лент, склеиваемых эпоксидным компаундом; они предназначены для концевой заделки одножильных кабелей, рассчитанных на напряжение до 1 кВ, при тех же условиях, что и заделки КВЭн и КВЭд.

К монтажу заделок приступают после разделки кабеля, выполняемой в соответствии с общими указаниями. Размеры разделок кабеля для заделок КВЭп и КВЭз определяются с использованием рис. 10.14 и табл. 10.5.

Особенность заделки КВЭп состоит в том, что из нее выходят не токопроводящие жилы кабеля, а присоединенные к ним отрезки изолированного провода. Выполняется она следующим образом. Подбирают отрезок изолированного провода требуемой длины с сечением, соответствующим сечению жилы кабеля, зачища-

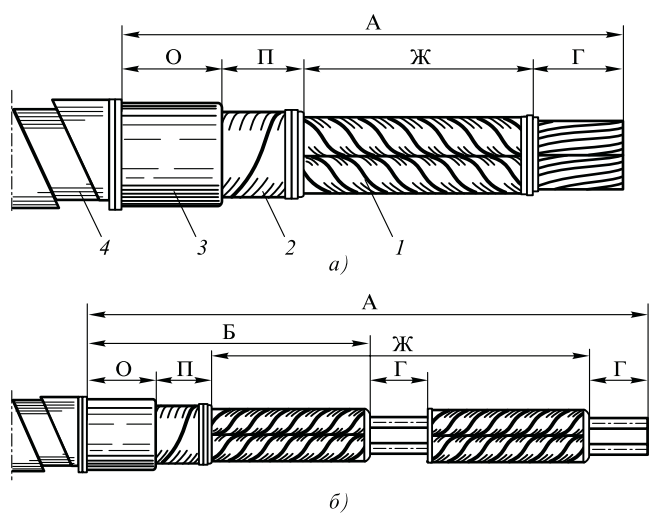


Рис. 10.14. Разделка кабеля для монтажа заделок KVЭп (а) и KVЭз (б):

1 – жила в заводской изоляции; 2 – поясная изоляция; 3 – оболочка; 4 – броня кабеля

Таблица 10.5

Размеры разделок кабелей для монтажа заделок KVЭп и KVЭз

Типоразмер заделки	Размеры отрезков разделки, мм (см. рис. 10.14)				
	А	О	П	Г	Б
KVЭп-1, KVЭп-2	170	35	20	40	—
KVЭп-3, KVЭп-4	210	50	20	45	—
KVЭп-5, KVЭп-6	240	50	20	50	—
KVЭп-7	245	50	20	35	—
KVЭз-1	Ж + 55	35	20	—	90
KVЭз-2, KVЭз-3	Ж + 55	35	20	25	95
KVЭз-4, KVЭз-5	Ж + 55	35	20	25	120

Примечания: 1. Длина разделанных жил кабеля (отрезок Ж) принимается в зависимости от условий прокладки и присоединения, но не менее 150 мм.

2. Отрезок Г для заделки KVЭз определяется в зависимости от способа оконцовки жил.

ют его концы, подготавливая для присоединения одного из них к жиле кабеля, а другого — к наконечнику.

Зачищенные концы медной жилы кабеля и медного провода обезжиривают, вводят в соединительную медную гильзу и припаивают, вливая в нее припой марок ПОС-30 или ПОС-40. Алюминиевую жилу кабеля соединяют с алюминиевым проводом в алюминиевой гильзе пайкой, поливом или опрессовкой.

После соединения жилы кабеля с проводом на оголенный участок накладывают подмотку из липкой поливинилхлоридной ленты, припаивают к броне и лентам провод заземления, а затем обезжиривают ацетоном жилы и оболочку участка заделки, чтобы обеспечить лучшее сцепление с эпоксидным компаундом.

На подготовленный конец кабеля устанавливают съемную конусную форму так, чтобы жилы кабеля находились на расстоянии не менее чем на 6...7 мм от любой точки ее края, а участок пайки оказался внутри. Форму заливают эпоксидным компаундом, а после его отверждения удаляют.

Эпоксидная заделка КВЭз (см. рис. 10.13, з) отличается от заделки КБЭп тем, что на однопроволочных сплошных жилах кабеля оставляют свободные от изоляции участки Г длиной 25 мм, называемые замками (см. рис. 10.15, б). На жилы с оголенными участками надевают трубку из найритовой резины такой длины, которая позволит один ее конец натянуть на цилиндрическую часть наконечника, а другой — погрузить в эпоксидный корпус заделки на глубину не менее 20 мм.

При установке и заливке формы эпоксидным компаундом заделки КВЭз соблюдают те же требования, что и при выполнении заделки КВЭп.

Концевая заделка кабелей поливинилхлоридными лентами. Концевые заделки из поливинилхлоридных лент и лаков (типовое обозначение КВВ) применяются для кабелей с бумажной изоляцией, рассчитанных на напряжение до 10 кВ и используемых внутри помещений, а также в наружных установках при температуре окружающего воздуха не выше 40 °С и при условии защиты от непосредственного воздействия атмосферных осадков и солнечных лучей.

Заделка КВВ применяется при разности уровней высшей и низшей точек расположения кабеля на трассе не более 10 м, в противном случае используется заделка КВВ специального исполнения. Монтаж заделок КВВ производят при окружающей температуре не ниже 5 °С.

Заделка КВВ (рис. 10.15) выполняется липкой (первое исполнение) или нелипкой (второе исполнение) поливинилхлоридной лентой с применением соответственно составов № 1 (покровного) или № 2 (заполняющего). Поливинилхлоридная липкая (с подклеива-

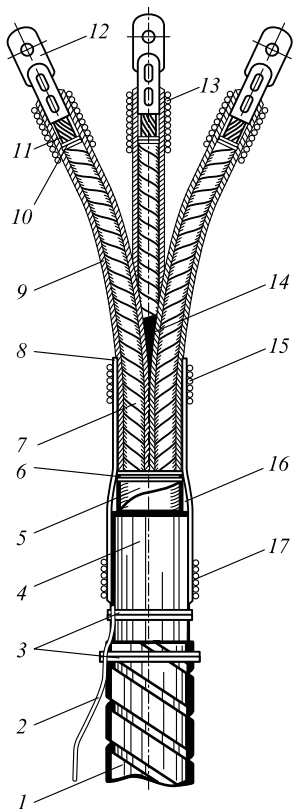


Рис. 10.15. Концевая заделка КВВ:

1 – броня кабеля; 2 – провод заземления; 3 – проволочные бандажы на броне и оболочке; 4 – оболочка кабеля; 5 – изоляция заводского изготовления; 6 – бандаж из хлопчатобумажной пряжи на поясной изоляции; 7 – жила в заводской изоляции; 8 – поясная подмотка жил; 10 – бандаж из хлопчатобумажной пряжи на жильной изоляции; 11 – оголенный участок жилы; 12 – кабельный наконечник; 13, 15, 17 – бандажы; 14 – заполняющий состав; 16 – выравнивающая подмотка

ющим слоем) лента имеет толщину 0,2...0,3 мм и ширину 15...20 мм, а нелипкая лента толщину 0,4 мм и ширину 25 мм. Размеры разделки кабеля для заделки КВВ определяются с использованием табл. 10.6 и рис. 10.14, а.

Кабельные наконечники приваривают, припаивают или напрессовывают на концы жил кабеля.

При оконцовке жил кабеля опрессовкой наконечника способом местного вдавливания применяют только трубчатые наконечники, имеющие заводскую герметизацию. Перед опрессовкой на алюминиевой жиле кабеля очищают внутреннюю поверхность наконечника ершиком из стальных проволочек и смазывают кварцевазелиновой пастой. Сняв с концов жил изоляцию на длине, равной длине трубчатой части наконечника, и зачистив их щеткой из кардоленты до металлического блеска, зачищенный участок также смазывают кварцевазелиновой пастой. После такой подготовки надевают наконечник до упора на жилу и, вложив его в опрессовочный механизм с заранее подобранными пуансоном и матрицей, опрессовывают. Лунки, получившиеся на трубчатой части наконечника после опрессовки, протирают тряпкой, смоченной бензином, смазывают составом № 2, а затем заполняют моточками поливинилхлоридной ленты и поливинилхлоридным составом № 2. Объем и форма моточка ленты должны соответствовать глубине и форме лунки. Моточек впрессовывают в лунку, а затем покрывают составом № 2.

Уступы, образовавшиеся в местах переходов от внешней поверхности цилиндрической части кабельных наконечников к изоляции жил, выравнивают подмоткой из поливинилхлоридной ленты шириной 7,5 мм, для чего ролик

Размеры разделки кабеля для монтажа заделки КВВ

Типоразмер заделки	Сечение жил, мм ² , для кабелей на напряжение, кВ			Размеры отрезков разделки, мм (см. рис. 10.14, а)		
	1	6	10	А	О	П
КВВ-1	До 25	—	—	Ж + 65	30	15
КВВ-2	35... 50	10... 25	—	Ж + 70	50	20
КВВ-3	70... 95	35... 50	16... 25	Ж + 105	80	25
КВВ-4	120... 150	70... 95	35... 70	Ж + 105	80	25
КВВ-5	185	120... 150	95... 120	Ж + 125	100	25
КВВ-6	240	185	150	Ж + 125	100	25
КВВ-7	—	240	185	Ж + 125	100	25
КВВ-8	—	—	240	Ж + 125	100	25

Примечания: 1. Длина разделанных жил (отрезок Ж) принимается в зависимости от условий присоединения, но не менее 150 мм для кабеля на напряжение 1 кВ, 250 мм – на 6 кВ и 400 мм при 10 кВ.

2. Отрезок Г определяется в зависимости от способа оконцовки жил.

ленты шириной 15 мм разрезают пополам. Таким же образом выравнивают уступ в месте перехода от свинцовой или алюминиевой оболочки к поясной изоляции.

Далее протирают наружные поверхности изоляции жил и поясной изоляции тряпкой, слегка смоченной бензином, и каждую жилу от поясной изоляции до контактной части наконечника подматывают поливинилхлоридной лентой (в три слоя при сечении жил до 95 мм² и в четыре слоя при сечении 120 мм² и выше). Слои поливинилхлоридной ленты накладывают с 50 %-ным перекрытием предыдущего витка (вполнахлеста) и с натяжением, при котором лента вытягивается с уменьшением первоначальной ширины не более чем на 1/4. Последний слой подмотки каждой жилы выполняется с заходом на всю ступень свинцовой или алюминиевой оболочки.

Подмотку каждой жилы покрывают с помощью кисти толстым слоем состава № 2 на участках длиной 70, 100 или 120 мм (считая от торца поясной изоляции) при диаметрах кабеля по оболочке соответственно до 25, 40 и 55 мм. Состав наносят на ту часть поверхности каждой жилы, которая обращена вовнутрь.

При помощи кисти или деревянной лопатки составом № 2 заполняют внутреннее пространство между жилами. Затем жилы сжимают руками в пучок и закрепляют в этом положении бандажом из хлопчатобумажной ленты на расстоянии 10 мм от участка, покрытого составом № 2.

Наружную поверхность пучка сжатых жил также обмазывают толстым слоем состава № 2 (используя состав, выдавленный при сжатии их в пучок). Количество состава в желобах, образуемых жилами, должно быть таким, чтобы он выступал в виде трех валиков над поверхностью пучка, т. е. нельзя оставлять незаполненные составом пустоты, в которых могут скапливаться воздух и влага.

На участок жил, сжатых в пучок, и на участок оболочки кабеля накладывают поясную стаканообразную подмотку из восьми слоев поливинилхлоридной ленты с 50 %-ным перекрытием (независимо от сечения кабеля и напряжения), а на расстоянии 20 мм от концов этой подмотки и на цилиндрическую часть кабельного наконечника — бандажи из крученого шпагата диаметром 1 мм (табл. 10.7).

Бандажи покрывают поливинилхлоридным составом № 1 с помощью кисти.

Для повышения влагостойкости внешнюю поверхность заделки покрывают асфальтовым лаком или цветной эмалевой краской.

Временный бандаж из хлопчатобумажной ленты, наложенный на 10 мм выше стаканообразной подмотки, можно удалить после изгибания жил и присоединения их к контактам соответствующего аппарата или шинам распределительного устройства, а также после достаточного высыхания состава № 2. Кроме того, до высыхания состава № 2 желательно разгрузить заделку от давления пропиточного состава, которое возникает из-за разности уровней расположения концов кабеля. Включение кабеля с вновь смонтированной заделкой под нагрузку допускается не ранее чем через 48 ч после окончания монтажа.

Заделки КВВ с применением нелипкой поливинилхлоридной ленты и жидкого состава № 1 монтируются так же, как и заделки с использованием липкой ленты. При этом каждый слой подмотки (во избежание ослабления плотности его наложения до выпол-

Таблица 10.7

Зависимость ширины бандажа от сечения жил кабеля

Сечение жил, мм ²	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
Ширина бандажа, мм	25	30	35	40	45	50	55	65	70	75

нения следующего слоя) временно закрепляют биндажом из 2–3 витков суровых ниток.

Поверхность каждого слоя подмоток покрывают сначала одним, а после его высыхания – вторым слоем состава № 1. Наложение следующего слоя ленты ведется по третьему слою состава № 1, который наносится не сразу по всей длине, а постепенно участками длиной по 100 мм.

Заделки КВВ специального исполнения используют при больших разностях уровней расположения концов кабеля. Они отличаются от заделок первого и второго исполнений тем, что подмотку на изоляции жил выполняют из пяти слоев поливинилхлоридной ленты, а уплотнение корешка заделки – эпоксидным компаундом вместо поливинилхлоридного состава № 2. В заделках КВВ специального исполнения выравнивающую подмотку между наконечником и изоляцией жил производят хлопчатобумажной лентой с обильной обмазкой каждого витка эпоксидным компаундом.

Вопросы для самоконтроля

- I. 1. Для чего производится концевая заделка кабелей?
2. Какие инструменты, приспособления и материалы применяются при концевой заделке кабелей?
- II. 1. Что представляет собой заделка концов кабеля с помощью эпоксидного компаунда?
2. Что представляет собой заделка концов кабеля с помощью поливинилхлоридной ленты?
- III. 1. Каковы особенности опрессовки наконечников жил кабелей при заделке КВВ?
2. Каковы отличительные особенности заделок КВВ разных исполнений?

10.4. Прокладка кабельных линий в блоках

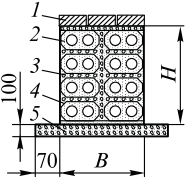
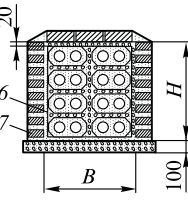
Кабельным блоком называют сооружение или устройство, предназначенное для защиты прокладываемых в земле кабелей от механических повреждений.

Блок обычно состоит из нескольких труб (асбестоцементных, керамических и др.) или железобетонных элементов (панелей) и относящихся к ним колодцев.

При прокладке кабельной линии в блоках их расставляют вдоль трассы. Данные о блочных устройствах из железобетонных плит приведены в табл. 10.8.

Каждый кабельный блок может иметь до 10 % резервных каналов (но не менее одного). Глубина кладки в земле кабельных блоков принимается исходя из местных условий, но она не должна быть менее допустимой глубины прокладки кабелей в траншеях.

Размеры кабельных блоков из железобетонных панелей

Блоки	Тип блока	Число каналов			В, мм	Н, мм
		По вертикали	По горизонтали	Всего		
Для сухих грунтов 	ББ-1/3	3	1	3	150...180	480...490
	ББ-2/2	2	2	4	150...180	345...355
	ББ-2/3	3	2	6	150...180	510...520
	ББ-2/4	4	2	8	300...320	675...685
	ББ-2/6	6	2	12	300...320	1005...1015
	ББ-2/8	8	2	16	300...320	1335...1345
Для влажных и насыщенных водой грунтов 	ББ-3/3	3	3	9	450...480	510...520
	ББ-3/4	4	3	12	450...480	675...685
	ББ-3/5	5	3	15	450...480	840...850
	ББ-3/6	6	3	18	450...480	1005...1015
	ББ-3/8	8	3	24	450...480	1335...1345
	ББ-4/4	4	4	16	615...645	675...685
	ББ-4/5	5	4	20	615...645	840...850
	ББ-4/6	6	4	24	615...645	1005...1015
	ББ-5/5	5	5	25	765...795	840...850
	ББ-5/6	6	5	30	765...795	1005...1015

Примечание: 1 – кирпичная кладка; 2 – панель; 3 – цементный раствор; 4 – окрасочная битумная изоляция; 5 – бетонная подготовка; 6 – изоляция; 7 – кирпичная стенка.

В местах изменения направления трассы или разветвления кабельных линий, проложенных в блоках, и в местах перехода кабелей из блока в землю должны сооружаться кабельные колодцы, обеспечивающие удобное протягивание кабелей, прокладываемых вновь, и возможность легкой и быстрой замены их в процессе эксплуатации.

При прокладке кабельных линий в блоках должны соблюдаться те же требования, что и при прокладке в траншее, а также ряд дополнительных требований, вызванных особыми условиями блочной канализации.

Перед прокладкой кабеля в блоках необходимо тщательно проверить его состояние и длину: кабель не должен иметь вмятин, повреждений брони и других дефектов, а его длина должна быть не менее чем на 5...6 м больше расстояния между колодцами блока.

Длина кабеля обозначается на барабане. Если кабель частично израсходован, то длина оставшегося на барабане кабеля

$$L_{\text{о.к}} = \frac{\pi l}{4d^2} (D_2^2 - D_1^2),$$

где $\pi = 3,14$; l – расстояние между щеками барабана; d – наружный диаметр кабеля на барабане, определяемый замером или по справочнику; D_1 – диаметр барабана; D_2 – диаметр намотки кабеля на барабане, определяемый делением длины окружности внешнего витка кабеля на число π .

Перед прокладкой кабеля осматривают кабельные колодцы и прочищают отверстия блоков, проложенных между ними, для чего из двух колодцев одновременно проталкивают навстречу друг другу стальные проволоки с крючками на концах.

При встрече в канале блока проволоки сцепляются крючками, а затем их вытаскивают с одной стороны настолько, чтобы место сцепления вышло наружу. Одну из проволок отцепляют, к выходящему из отверстия блока концу другой проволоки прикрепляют стальной калибровочный цилиндр и ерш, а к ершу прикрепляют стальной трос диаметром не менее 12 мм, служащий для затяжки кабеля в блок. Проволоку с калибровочным цилиндром, ершом и тросом протаскивают с помощью лебедки через все отверстия (кабельные каналы) блока поочередно, разрушая имеющиеся в них выступы, калибруя и очищая отверстия от строительного мусора и грязи.

Кабель затягивают в блочный канал тросом, закрепляя на конце с помощью проволочного чулка или кабельного зажима.

Проволочный чулок (рис. 10.16, *а*) надевается на конец кабеля и на участке длиной не менее 500 мм прочно закрепляется одним или несколькими бандажами из мягкой проволоки диаметром 1,5 мм. Бандажи накладываются поверх намотки из 2–3 слоев смоляной ленты.

Затяжка кабеля с помощью проволочного чулка имеет недостатки, основными из которых являются: значительные затраты времени для закрепления чулка на кабеле; возможность соскальзывания чулка с оболочки; опасность разрыва оболочки кабеля в непосредственной близости от места наложения чулка, особенно при больших длине и сечении кабеля (табл. 10.9).

Более совершенным является способ крепления кабеля конусным зажимом (рис. 10.16, *б*), состоящим из стальной головки 4 со специальным отверстием для троса, конической звездочки 3, вдоль боковых поверхностей которой на расстоянии, равном 1/3 окружности, расположены три секторных углубления, внешнего конуса 2 и корпуса 1, предназначенного для защиты оголенных токопроводящих жил кабеля от механических повреждений.

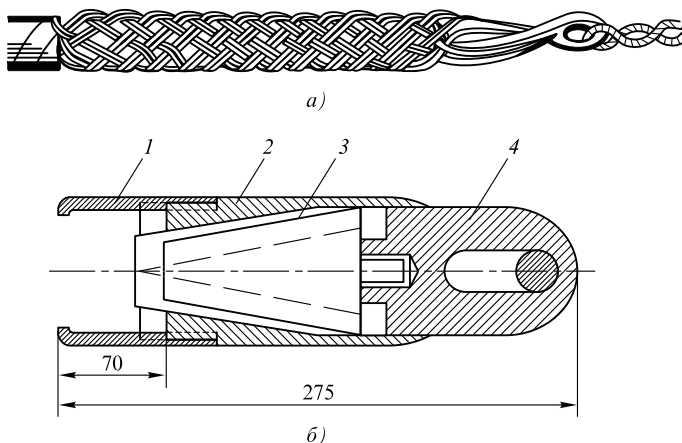


Рис. 10.16. Приспособления для затяжки кабелей в блок:
а – проволочный чулок; *б* – кабельный зажим (разрез); 1 – защитный корпус; 2 – внешний конус; 3 – коническая звездочка; 4 – стальная головка с проушиной для троса

Для закрепления зажима на жилах конец кабеля на расстоянии около 200 мм освобождают от брони, оболочки и поясной изоляции, а затем снимают изоляцию с жил кабеля и, очистив их от пропиточного состава, вводят в предварительно разобранный зажим. Далее вставляют в корпус коническую звездочку, предварительно подобранную по сечению токопроводящих жил, и вручную ввинчивают головку во внешний конус. Собранный зажим вводят в хомут и закрепляют в нем с помощью стопорного болта. Защитный корпус навинчивают на внешний конус, а затем, вставив в головку стальной вороток, ввинчивают ее до тех пор, пока жилы кабеля не окажутся прочно зажатыми в корпусе.

Таблица 10.9

Максимально допустимая длина кабеля, протягиваемого в блоки с помощью проволочного чулка, м

Сечение кабеля, мм ²	Кабель марки СГТ	Кабель марки АСГТ
3×50	145	220
3×70	115	195
3×95 и выше	108	150

Примечание. Кабели большей длины протягиваются в блоки захватом непосредственно за жилы. В этом случае предельные усилия их протягивания не должны превышать 1/6 прочности жил на разрыв.

Для затягивания кабеля в блок барабан с кабелем устанавливают у колодца. Прежде чем приступить к протяжке кабеля на канале блока устанавливают соответствующего размера стальную разъемную воронку с раструбом, а на край горловины колодца — желоб, изготовленный из куска трубы или листовой стали. К желобу должны быть приварены скобы, которыми можно крепить его к горловине люка колодца.

Кабель следует протягивать в блоки со скоростью, не превышающей 5 км/ч, и без остановок во избежание повреждения при трогании его с места. Для облегчения затяжки в трубу кабель смазывают тавотом (из расчета 6... 10 г тавота на 1 м кабеля).

По окончании затяжки кабель отрезают от барабана и конец его опускают в колодец, предварительно напаяв свинцовый колпачок (каппу).

10.5. Прокладка кабельных линий на опорных конструкциях и в лотках

Опорные кабельные конструкции применяются преимущественно при прокладке нескольких кабелей в цехах промышленных предприятий и по стенам зданий. Изготавливаются они из листовой стали толщиной 2,5 мм в виде стоек с кронштейнами, стоек со скобой и настенных полок (рис. 10.17).

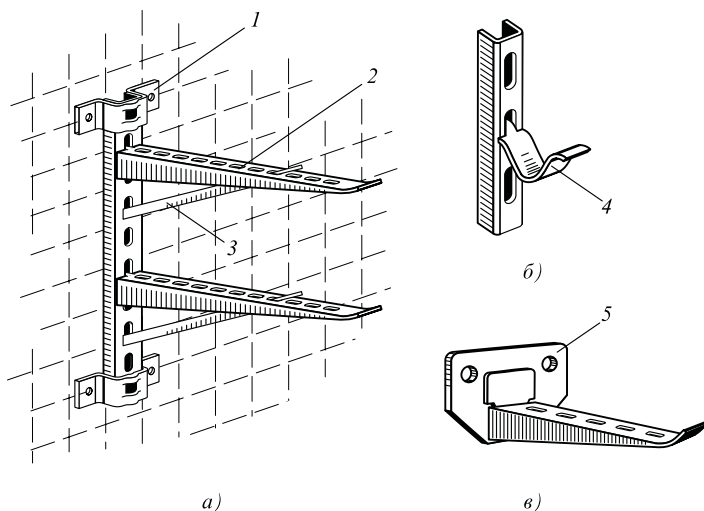


Рис. 10.17. Опорные кабельные конструкции:

а — стойка с кронштейнами; *б* — стойка со скобой; *в* — настенная полка; *1* — хомут крепления стойки к стене; *2* — кронштейн; *3* — подкос; *4* — кабельная скоба; *5* — плита настенной полки

В плитах 5 настенных полок и стойках имеются вырезы (окна), а на хвостовиках кронштейнов 2 и кабельных подвесных скоб 4 – фигурные вырезы (Т-образной формы), которыми они скрепляются друг с другом. На кронштейнах сделаны овальные вырезы размером 20×10 мм, служащие для крепления кабелей на полках в местах изменения трассы кабельной линии, например на поворотах или переходах с одной горизонтальной отметки на другую. Стойки и настенные плиты крепят к бетонным и кирпичным поверхностям хомутами (или без них), пристреливаемыми дюбелями из строительного монтажного пистолета.

Рассмотренные опорные кабельные конструкции применяются при прокладке кабельных линий как в сухих, так и сырых помещениях. Для предохранения от коррозии металлические опорные конструкции покрывают двумя слоями влагостойкой краски.

Для прокладки небронированных кабелей в сухих помещениях опорными конструкциями служат лотки. По кирпичным и бетонным стенам производственных цехов, машинных залов и аналогичных им помещений лотки прокладывают на высоте не менее 2 м.

Различные способы установки лотков и прокладки на них кабелей см. на рис. 8.19.

Лотки заземляются не менее чем в двух наиболее удаленных друг от друга местах. Независимо от этого каждое лотковое отверстие дополнительно заземляется в конце. При соединении лотков между собой должна образовываться электрически непрерывная цепь.

В одном лотке без устройства разделительных перегородок, но с просветами в 20 мм между пучками или пакетами допускается прокладка всех силовых цепей одного агрегата, а также силовых и контрольных цепей нескольких машин, панелей и щитов одного технологического процесса.

Совместная прокладка в лотках кабелей силовых, осветительных и контрольных цепей сильного тока с проводами и кабелями других цепей (например, сигнализации, дистанционного управления) допускается только при условии отделения каждой из этих цепей стальными разделителями или разделительными обоями.

Прокладываемые в лотках кабели соединяются муфтами, устанавливаемыми в специальных лотках. Разделку кабелей, прокладываемых по лоткам, а также их соединение и концевую заделку выполняют в той же последовательности, что и кабелей, прокладываемых в земле.

10.6. Прозвонка кабелей

Для правильного подключения кабелей к контактам электрических машин, приборов и аппаратов проводят их прозвонку.

Простейшая прозвонка выполняется с помощью лампы и батарейки (рис. 10.18, *а*), т. е. жилы одного конца кабеля (на рисунке — левом) произвольно маркируют и к первой из них подключают провод от батарейки. Затем присоединяют к лампе проводник и им поочередно касаются жил на другом конце кабеля. Если при касании лампа загорается, значит это жила, к которой присоединен провод от батарейки.

Также прозвонку можно выполнить без проводника, соединяющего оба конца кабеля (рис. 10.18, *б*). Таков же принцип прозвонки с применением мегомметра, если он оказывается присоединенным к концам, принадлежащим одной и той же жиле, его стрелка показывает нуль.

Рассмотренные способы прозвонки удобны в том случае, если оба конца кабеля расположены недалеко друг от друга и ее может выполнить один человек. Если концы длинного отрезка кабеля находятся в разных помещениях здания или в разных зданиях, применяется наиболее универсальный способ прозвонки с помощью двух телефонных трубок (рис. 10.18, *в*). Для этого телефонные и микрофонные капсулы в трубках соединяют последовательно, и в эту цепь включают сухой элемент или аккумулятор с напряжением 1–2 В. Этот способ удобен также тем, что монтеры могут согласовывать свои действия, переговариваясь по телефону. На одном конце кабеля монтер присоединяет один проводник трубки к оболочке кабеля, а другой — к любой из его жил. На другом конце кабеля второй рабочий присоединяет один проводник трубки к оболочке кабеля, а другой — поочередно к его жилам. Если в трубке слышится щелчок и монтеры слышат друг друга, значит проводники трубки присоединены к одной жиле кабеля.

В некоторых случаях прозвонка выполняется с помощью специального трансформатора с несколькими отводами от вторичной обмотки (рис. 10.18, *г*). В этом случае начало обмотки подключают к заземленным оболочкам кабеля, а отводы — к его жилам. Далее записывают напряжение, поданное на

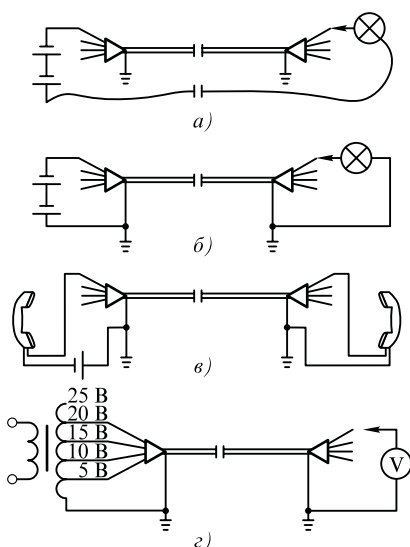


Рис. 10.18. Схемы прозвонки кабелей: *а, б* — с помощью лампы; *в* — с помощью телефонных трубок; *г* — с использованием специального трансформатора

каждую из жил. Измерив напряжение между жилами и оболочкой на противоположном конце кабеля и используя записанные значения напряжения, нетрудно определить принадлежность концов к той или иной жиле и выполнить маркировку.

Для маркировки жил силовых кабелей используют отрезки виниловых трубок или специальные оконцеватели, на которых несмываемыми чернилами делают надписи.

Фазирование кабелей. Для повышения надежности электроснабжения потребителей, а также в случае, если мощности одного питающего кабеля недостаточно для нормальной работы электроустановки, применяют несколько параллельно проложенных кабелей. При этом они должны подключаться к электрооборудованию с соблюдением порядка чередования фаз. Если это условие не будет соблюдено, то включение питания вызовет короткое замыкание.

Определение порядка чередования фаз при параллельном подключении кабелей называется фазированием кабелей.

Пусть шины двух распределительных устройств (рис. 10.19) связаны между собой кабелем 1, по которому электроэнергия передается от РУ-1 к РУ-2. Для большей надежности электроснабжения параллельно работающему кабелю проложен кабель 2, причем его жилы также должны быть подключены к сборным шинам так, чтобы шина *A* в РУ-1 оказалась соединенной с шиной *A* в РУ-2. Это требование относится и к шинам *B* и *C*. В установках напряжением 380/220 В кабель фазируют с помощью вольтметра, рассчитанного на линейное напряжение сети, т. е. кабель 2 в РУ-1 подключают к шинам посредством рубильника, а в РУ-2 вольтметром измеряют напряжение между одной из жил этого кабеля и той шиной, к которой предполагается ее присоединить. Если вольтметр показывает линейное напряжение, это означает, что жила кабеля и шина распределительного устройства принадлежат к разным фазам, и соединять их нельзя. Нулевое показание вольт-

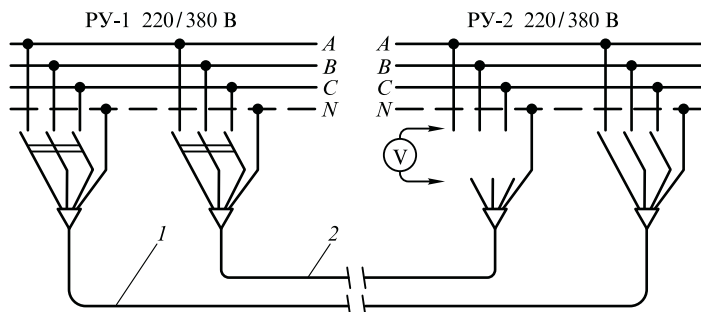


Рис. 10.19. Схема фазирования кабелей 1 и 2

метра свидетельствует о том, что жила кабеля и шина имеют одинаковый потенциал и, следовательно, принадлежат к одной и той же фазе, а поэтому их соединение возможно. Точно так же фазируют две другие жилы кабеля. При отсутствии вольтметра можно воспользоваться двумя последовательно соединенными лампами накаливания с номинальным напряжением 220 В (жила и шина, при включении между которыми лампы не горят, принадлежат к одной фазе).

Следует помнить, что так как кабели представляют собой значительную емкость, после фазирования, прозвонки и испытания на их жилах сохраняется значительное напряжение, вызванное остаточным емкостным зарядом. Поэтому после каждой подачи напряжения на кабель его необходимо разряжать путем соединения каждой жилы с системой заземления.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Дайте определение кабельного блока.
 2. Каковы основные размеры кабельных блоков?
 3. Как производится затяжка кабелей в блок?
 4. Что представляют собой опорные кабельные конструкции?
- II.
 1. Как устанавливаются опорные конструкции?
 2. Приведите примеры установки кабельных лотков.
 3. Разрешается ли использовать лотки в качестве заземляющих проводников?
- III.
 1. В чем заключается подготовка кабеля для прокладки в блоках?
 2. Какие вы знаете способы крепления кабеля к тросу?
 3. Какие правила монтажа электропроводок на лотках вы знаете?
 4. Дайте сравнительную характеристику схем прозвонки кабелей.
 5. Для чего применяется фазирование кабелей и какова его схема?

Глава 11. МОНТАЖ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НА НАПРЯЖЕНИЕ ДО 1 кВ

11.1. Общие сведения о воздушных линиях

Электрические воздушные линии (ВЛ) предназначены для передачи и распределения электрической энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным к различным опорным конструкциям. Воздушные линии электропередачи могут быть с напряжением до 1 кВ включительно и выше 1 кВ (3, 6, 10 кВ и выше по шкале стандартных напряжений).

Воздушные линии электропередачи широко распространены в России и для них характерны:

- незначительный объем земляных работ при постройке;
- простота эксплуатации и ремонта;

- возможность использования опор воздушных линий с напряжением до 1 кВ для крепления проводов радиосети, местной телефонной связи, наружного освещения, телеуправления, сигнализации;

- более низкая стоимость сооружения 1 км (примерно на 25... 30 %) по сравнению со стоимостью сооружения кабельной линии).

Воздушные линии состоят из следующих основных конструктивных элементов:

- опор различного типа для подвески проводов и грозозащитных тросов;

- проводов различных конструкций и сечений для передачи по ним электрического тока;

- грозозащитных тросов для защиты линий от грозовых разрядов;

- изоляторов, собранных в гирлянды, для изоляции проводов от заземленных частей опоры;

- линейной арматуры для крепления проводов и тросов к изоляторам и опорам, а также для соединения проводов и тросов;

- заземляющих устройств для отвода токов грозовых разрядов или короткого замыкания в землю.

Проектирование и сооружение ВЛ ведется в соответствии с ПУЭ. Проектирование строительных конструкций опор и фундаментов производится на основании СНиП. ПУЭ устанавливают требования к линиям с различным напряжением исходя из их назначения: чем выше передаваемое напряжение и мощность линии, тем больший ущерб приносит ее повреждение, поэтому к линиям с более высоким напряжением предъявляются и более строгие требования.

Линии с напряжением до 1 кВ предназначены для передачи и распределения электроэнергии на небольшие расстояния внутри городов, поселков и деревень до вводов в дома или на предприятия.

Линии с напряжением 1...35 кВ используются для передачи электроэнергии от районных подстанций к населенным пунктам и предприятиям на расстояние 10...20 км.

Линии с напряжением 110...220...330 кВ предназначены для передачи больших мощностей между электрическими станциями и крупными районными подстанциями для энергоснабжения крупных городов или экономических районов на расстояние от 100 до 600 км.

Линии с напряжением 500 кВ используются для передачи мощности до 1 млн кВт и служат для связи различных энергетических систем, находящихся на расстоянии до 1200 км.

Линии с напряжением 750 кВ передают мощность 2...2,5 млн кВт на расстояние 2000...2200 км.

Основными факторами, определяющими конструктивное исполнение линий, являются воздействия ветра, температуры, дождя, гололеда, грозы и их возможных сочетаний.

Для линий на различные напряжения ПУЭ предусмотрены различные расчетные климатические условия, т. е. сочетание внешних атмосферных нагрузок (например, ветра и гололеда).

Расчетные скорости ветра принимаются не менее: 16 м/с – для линий с напряжениями до 1 кВ, 21 м/с – от 1 кВ до 35 кВ, 25 м/с – 110...330 кВ, 30 м/с – 400 кВ и выше.

Расчетная толщина слоя гололеда принимается не менее 0,5 см для всех линий с напряжением до 330 кВ и не менее 1,0 см для линий с напряжением 400 кВ и выше.

На основании данных, полученных в результате достаточно продолжительных наблюдений за температурой воздуха, скоростью ветра, интенсивностью и удельным весом гололеда в районе, где сооружается линия, могут быть приняты для расчета другие, более высокие значения указанных величин.

Вся территория России делится на пять районов по уровню гололеда (I...IV и особый) и семь районов по силе ветра (I...VII).

Определение расчетных климатических условий для строящейся линии, как правило, производится в соответствии с картами климатического районирования, помещенными в ПУЭ и СНиП.

Различают нормальный и аварийный режимы работы линии. Нормальным режимом считается работа линии при неповрежденных проводах и тросах. Аварийный режим определяет работу линии при полностью или частично оборванных проводах или тросах. Для каждого режима работы предусматриваются соответствующие требования к конструктивным элементам линии. Кроме того,

требования ПУЭ обуславливаются типом местности, где проходит линия и плотностью населения.

Населенной местностью считаются территории городов, поселков, деревень, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, портов, пристаней, железнодорожных станций, парков, бульваров, пляжей в границах их реального перспективного развития на 10 лет.

Ненаселенными называют незастроенные местности, посещаемые людьми, доступные для транспорта и сельскохозяйственных машин, а также огороды, сады и другие участки с отдельными строениями и временными сооружениями.

Труднодоступной считают местность, недоступную для транспорта и сельскохозяйственных машин.

Для каждого типа местности ПУЭ установлены нормированные расстояния поднятия проводов над землей, а также от пересекаемых ими или параллельно расположенных с ними объектов, именуемые соответственно габаритами провода, габаритами пересечения и габаритами сближения.

Габаритом провода ВЛ называется расстояние по вертикали от точки наибольшего его провисания до земли.

Габаритом пересечения называется кратчайшее расстояние по вертикали от провода до пересекаемого им объекта. При пересечении объектов, расположенных под воздушной линией (дорог, рек), габарит пересечения определяется расстоянием от нижнего провода до пересекаемого объекта, а при пересечении объектов, расположенных выше ВЛ (мостов, линий электропередачи с более высокими напряжениями), — от верхнего провода до пересекаемого объекта.

Габаритом сближения называется допускаемое кратчайшее расстояние от нижних проводов линии до объектов (зданий, эстакад, надземных коммуникаций и др.).

Для нормальной работы и безопасного обслуживания ВЛ соблюдение норм, установленных ПУЭ, обязательно. Приведем примеры.

Расстояние от проводов до земли или проезжей части улицы при наибольшей стреле провеса должно быть не менее 6 м. В труднодоступной местности его разрешается уменьшать до 3,5 м, а в недоступной местности (скалы, утесы) — до 1 м. Если ответвление от ВЛ пересекает тротуар или пешеходную дорожку, расстояние от провода до земли также может быть уменьшено до 3,5 м (если это требование выполнить невозможно, устанавливают либо дополнительную опору, либо крепежную конструкцию на здании).

Судоходные реки и каналы, как правило, воздушными линиями не пересекаются, но если линия пересекает небольшую реку, пруд или озеро, то габарит до наивысшего уровня воды должен

быть не менее 2 м, а до поверхности льда — не менее 6 м, причем опора должна быть установлена от воды на расстоянии, равном или превышающем высоту опоры.

При пересечении железных дорог переходный пролет ВЛ монтируют на анкерных опорах, алюминиевые провода в этом пролете должны иметь сечение не менее 70 мм^2 , а медные — не менее 35 мм^2 ; при пересечении железных дорог необщего пользования (заводские, узкоколейки) соответственно с соблюдением тех же условий разрешается воздушные линии устанавливать на промежуточных опорах (установка опор с оттяжками не допускается). Между опорой ВЛ и строением или опорой контактной сети должно выдерживаться расстояние не менее высоты опоры плюс 3 м (в крайнем случае в стесненных условиях — не менее 3 м). Крепление проводов к опоре должно быть двойным.

При пересечении воздушными линиями автомобильных дорог должны соблюдаться следующие правила. Переходный пролет над автодорогой первой категории монтируется на анкерных опорах, в остальных случаях разрешается использовать промежуточные опоры. В переходном пролете используются алюминиевые провода с сечением не менее 35 мм^2 и сталеалюминиевые — не менее 25 мм^2 , а габарит пересечения должен быть не менее 7 м. Опоры переходного пролета должны быть удалены от бровки земляного полотна не менее чем на свою высоту (в стесненных условиях не менее чем на 5 м).

Если трасса ВЛ проходит по населенному пункту, провода подвешивают не ближе 1,5 м от окон, террас и балконов и не ближе 1 м от глухих стен. Прохождение проводов над зданиями (за исключением пристанционных служебных строений и домиков путевых обходчиков) вообще не разрешается. Опоры могут быть расположены не ближе 1 м от трубопроводов и кабелей, не ближе 2 м от колодцев подземной канализации и водоразборных колодцев, не ближе 10 м от бензоколонок. От подземных кабельных линий связи и сигнализации опору ВЛ следует устанавливать как можно дальше, и даже в стесненных условиях расстояние между опорой и кабелем не должно быть менее 0,5 м.

Очень важно правильно выполнять пересечения ВЛ. Пересечение двух линий с напряжениями до 1 кВ чаще всего делают на перекрестных опорах (допускается пересечение в пролете при условии, что расстояние между ближайшими проводами при температуре воздуха $+15^\circ\text{C}$ без ветра будет не менее 1 м).

При пересечении ВЛ разных классов провода линии с напряжением выше 1 кВ должны располагаться над проводами линии с напряжением ниже 1 кВ. Расстояние между ближайшими пересекающимися проводами должно быть не менее 2 м для линий с напряжением 6... 10 кВ и не менее 3 м — для линий с напряжением

35... 110 кВ. Место пересечения по возможности должно находиться ближе к опоре верхней линии, но при этом расстояние между этой опорой и проводами нижней линии (с учетом наибольшего отклонения проводов) должно быть не менее 6 м.

При пересечении ВЛ с линией связи вертикальное расстояние между их проводами должно быть не менее 1,5 м (провода линии связи располагают ниже проводов ВЛ).

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Что представляет собой ВЛ?
 2. Каковы преимущества ВЛ?
 3. Для чего используются линии электропередачи до 1 кВ?
- II.
 1. Для чего используются линии электропередачи выше 1 кВ?
 2. Как климатические условия воздействуют на ВЛ?
 3. Какие типы местности вы знаете?
- III.
 1. Что такое габарит провода?
 2. Что такое габарит пересечения?
 3. Что такое габарит сближения?
 4. Каковы габариты ВЛ, проходящей по населенному пункту?

11.2. Опоры воздушных линий

Опоры служат для подвески проводов на определенной (в зависимости от напряжения) высоте над уровнем земли или воды. Опоры линий выполняются деревянными, металлическими или железобетонными.

Древесина является наиболее дешевым материалом для сооружения опор и применяется в основном в лесных районах страны. Для деревянных опор используют сосну, лиственницу, ель и пихту. Существенным недостатком древесины является подверженность ее гниванию. Одной из наиболее стойких пород древесины является лиственница. Сосна уступает лиственнице по прочности и гниlostойкости, однако она легко подвергается пропитке специальными составами – антисептиками, препятствующими гниению древесины.

Дерево обладает неплохими механическими свойствами, особенно если учитывать его легкость. Предел прочности при растяжении (вдоль волокон, т. е. в направлении длины ствола) древесины разных пород составляет 700...1300 кг/см², причем объемная масса дерева колеблется примерно от 0,5 до 0,8 г/см³, редко – до 1 г/см³; в то же время обычная сталь имеет предел прочности при растяжении 4000...5000 кг/см², но при плотности 7,8 г/см³. Таким образом, прочность дерева, отнесенная не к геометрическим размерам, а к массе, не ниже прочности стали.

Тяжелые породы деревьев прочнее, чем легкие. Прочность дерева в различных направлениях различна: прочность поперек волокон меньше, чем вдоль.

Различают маслянистые антисептики, не растворимые в воде, и водорастворимые антисептики. Маслянистые антисептики – это продукты переработки нефти. Пропитке маслянистыми антисептиками можно подвергать только сухую древесину. Для пропитки водорастворимыми антисептиками древесина, наоборот, должна иметь повышенную влажность, так как только в этом случае антисептик диффундирует в глубь древесины; если столб сухой, диффузии не происходит.

Пропитка деревянных опор водорастворимыми антисептиками может производиться как перед установкой их на линии, так и непосредственно на линиях, находящихся в эксплуатации.

Ель и пихта незначительно уступают сосне в прочности, но очень плохо поддаются пропитке антисептиком, поэтому применяются они только для линий с напряжением до 35 кВ, линий связи и иногда в качестве вспомогательных элементов опор на линиях с напряжением выше 35 кВ.

Для изготовления металлических опор применяются обычная углеродистая сталь марки Ст3 и низколегированная сталь марок 14Г2 и НЛ-2, а в редких случаях алюминиевые сплавы. Основным недостатком металлических опор является подверженность их коррозии: незащищенная поверхность опоры под действием влаги и воздуха покрывается слоем ржавчины, что приводит к потере прочности конструкции.

Особенно сильной коррозии подвержены металлические опоры линий, находящихся в зоне выбросов промышленных предприятий, а также на берегах морей и соленых озер. Лучшим способом защиты металлических опор от коррозии является их горячая оцинковка. Кроме того, для защиты опор применяют различные антикоррозионные лаки и краски.

В настоящее время при сооружении линий стал широко применяться железобетон. Применение железобетонных опор весьма эффективно, так как они не подвергаются коррозии и гниению, т. е. эксплуатация их значительно проще, чем деревянных и металлических. Металлические детали, применяемые при изготовлении железобетонных опор, должны быть оцинкованы горячим способом или защищены антикоррозионными покрытиями.

Железобетонные опоры по способу уплотнения бетона могут быть вибрированные и центрифугированные. Опоры из вибрированного бетона в свою очередь различаются по профилю на двутавровые, квадратные и прямоугольные (рис. 11.1, *а*, *б*) и применяются для линий с напряжением до 35 кВ и линий связи. Центрифугированные железобетонные опоры изготавливаются из высокопрочного бетона, уплотнение которого происходит за счет вращения их вокруг продольной оси в специальной форме (центрифуге) при достаточно большой скорости. Сечения центрифуги-

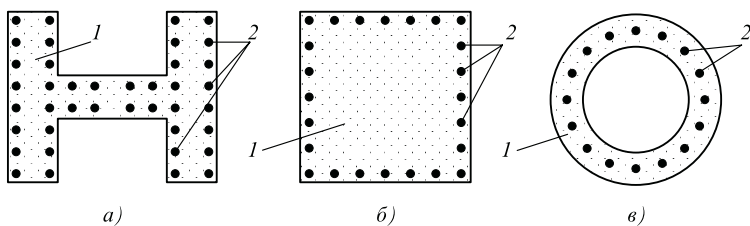


Рис. 11.1. Поперечные сечения стоек железобетонных опор:
а – двутавровое; *б* – квадратное; *в* – кольцеобразное; 1 – бетон; 2 – стальной стержень и продольная арматура

рованных опор кольцеобразные (рис. 11.1, *в*), т. е. они могут иметь коническую или цилиндрическую форму.

В качестве арматуры для железобетонных опор используются стальные стержни и проволока. Такие опоры могут быть с ненапряженной, частично напряженной и полностью напряженной арматурой. В бетоне опор с ненапряженной арматурой (т. е. если при изготовлении стержни продольной арматуры не подвергались предварительному напряжению) при возникновении растягивающих усилий появляются трещины. Совместное действие влаги, воздуха и переменных нагрузок приводит к выкрашиванию бетона в этих трещинах, а следовательно, бетон и вместе с ним опора теряют прочность.

Для предотвращения образования трещин при изготовлении железобетонных опор к части продольных стержней арматуры прикладываются растягивающие усилия. После затвердевания бетона эти стержни создают в нем предварительные напряжения сжатия. В таких опорах трещины образуются при значительно больших нагрузках, чем в опорах с ненапряженной арматурой; при этом сокращается расход металла на их изготовление. Предварительное напряжение всей продольной арматуры производится при использовании вместо стержней высокопрочной стальной проволоки, т. е. в опорах из струнобетона.

Трещины в опорах из струнобетона при расчетных нагрузках не возникают. Однако появление в бетоне таких опор даже волосяных трещин представляет опасность вследствие малого суммарного поперечного сечения продольной арматуры, которая будет коррозировать при попадании в трещины влаги.

Типы опор. По назначению различают следующие типы опор: промежуточные, анкерные, угловые и специальные.

Промежуточные опоры (рис. 11.2), являющиеся наиболее многочисленными на линии, предназначены для поддерживания проводов на прямых участках трассы. Провода крепятся к опорам через поддерживающие гирлянды изоляторов. В нормальном режиме

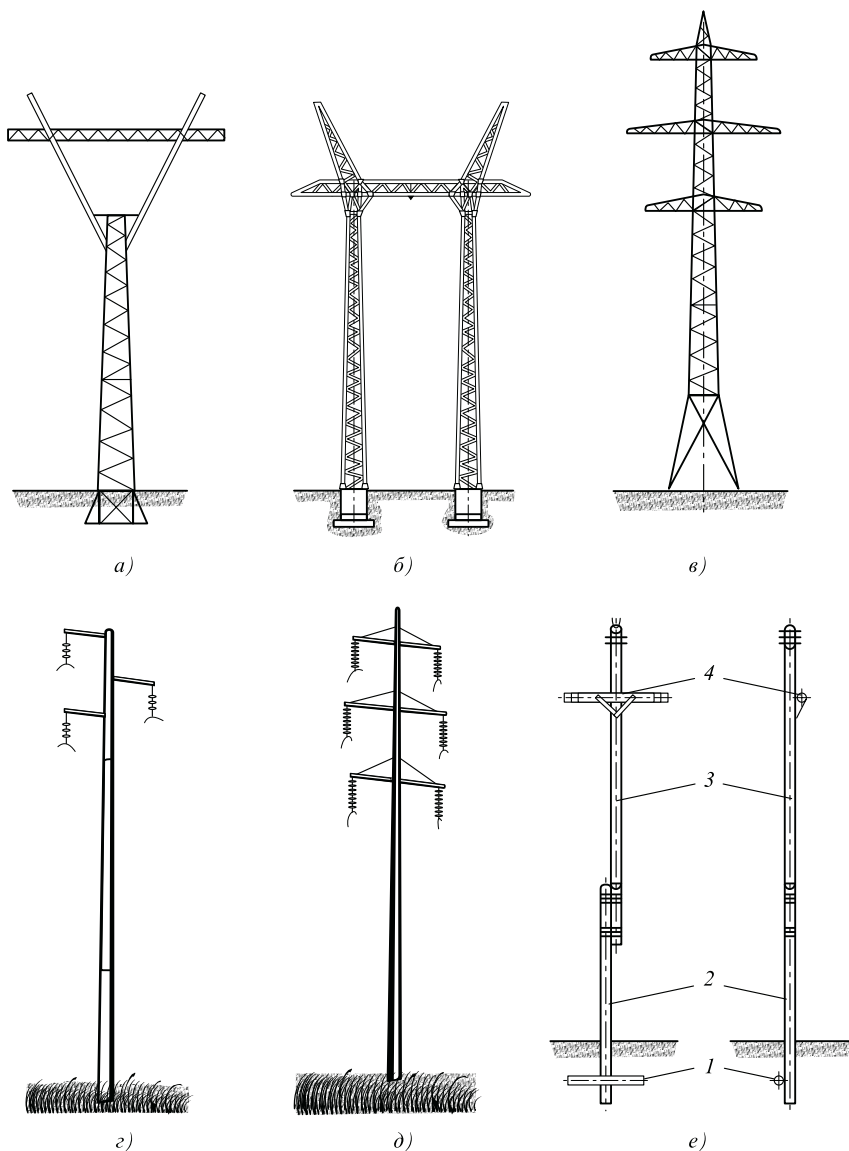


Рис. 11.2. Конструкции промежуточных опор:

a – металлическая типа «рюмки» с горизонтальным расположением проводов; *б* – металлическая порталная с горизонтальным расположением проводов; *в* – металлическая для двухцепной линии с расположением проводов «бочкой»; *з* – железобетонная центрифугированная для проводов с напряжением 35 кВ; *д* – железобетонная центрифугированная для проводов с напряжением 110 кВ; *е* – деревянная промежуточная одноствоечная типа «свечки»; 1 – ригель; 2 – пасынок-свая; 3 – стойка; 4 – траверса

опоры этого типа воспринимают нагрузки от веса смежных полупролетов проводов и тросов, веса изоляторов, линейной арматуры и отдельных элементов опор, а также ветровые нагрузки, обусловленные давлением ветра на провода, тросы и саму опору. В аварийном режиме промежуточные опоры должны выдерживать напряжения, возникающие при обрыве одного провода или троса.

Расстояние между двумя соседними промежуточными опорами называется промежуточным пролетом.

Угловые опоры могут быть промежуточными и анкерными. Промежуточные угловые опоры (рис. 11.3) применяют обычно при небольших углах поворота трассы (до 20°).

Устанавливаются анкерные или промежуточные угловые опоры на участках трассы линии, где меняется ее направление.

Промежуточные угловые опоры в нормальном режиме, кроме нагрузок, действующих на обычные промежуточные опоры, воспринимают суммарные усилия от тяжения проводов и тросов в смежных пролетах, приложенные в точках их подвеса на опоре по биссектрисе угла поворота линии.

Число анкерных угловых опор (рис. 11.4) составляет обычно небольшой процент от общего числа опор на линии (10... 15%). Применение их обуславливается условиями монтажа линий, требованиями, предъявляемыми к пересечениям линий с различными объектами, естественными препятствиями, т.е. они применяются, например в горной местности, а также когда промежуточные угловые опоры не обеспечивают требуемой надежности. Используются анкерные угловые опоры и в качестве конечных опор, с которых провода линии идут в распределительное устройство подстанции или станции. На линиях, проходящих в населенной

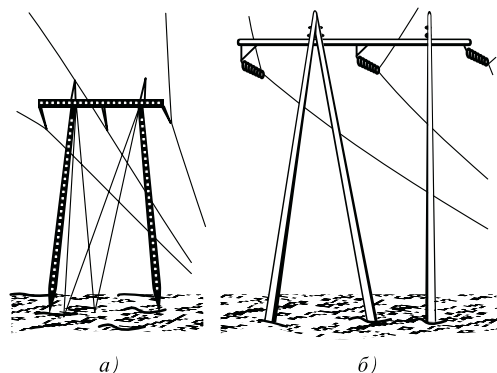


Рис. 11.3. Конструкции промежуточных угловых опор:

a — одноцепная порталная с оттяжками; *б* — деревянная для углов поворота трассы до 20°

местности, число анкерных угловых опор также увеличивается. Провода к анкерным угловым опорам крепятся через натяжные гирлянды изоляторов. В нормальном режиме на эти опоры, кроме нагрузок, указанных для промежуточных опор, действуют разность тяжений по проводам и тросам в смежных пролетах и равнодействующая сил тяжения по проводам и тросам. Обычно все угловые опоры устанавливаются

так, чтобы равнодействующая сил тяжения была направлена по оси траверсы опоры. В аварийном режиме анкерные опоры должны выдерживать обрыв двух проводов или тросов.

Расстояние между двумя соседними анкерными опорами называют анкерным пролетом.

Ответительные опоры предназначены для выполнения ответвлений от магистральных воздушных линий при необходимости электроснабжения потребителей, находящихся на некотором расстоянии от трассы.

Перекрестные опоры применяются для выполнения на них скрещивания проводов ВЛ двух направлений.

Концевые опоры устанавливаются в начале и конце воздушной линии. Они воспринимают направленные вдоль линии усилия, создаваемые нормальным односторонним тяжением проводов.

Для воздушных линий применяются также анкерные опоры, имеющие повышенную по сравнению с перечисленными выше типами опор прочность и более сложную конструкцию.

Для воздушных линий с напряжением до 1 кВ в основном применяются деревянные и железобетонные опоры.

Конструкции деревянных опор. Все элементы деревянной опоры делятся на основные – пасынки, стойки, траверсы, и вспомогательные – раскосы, распорки, подтраверсные брусья, ригели и подкосы.

Пасынок – нижняя часть опоры, заглубляемая в землю. При больших расчетных нагрузках на каждую стойку опоры устанавливают по два пасынка. Пасынки являются одной из наиболее подверженных загниванию деталей опор, поэтому чаще всего изготавливаются из железобетона.

Стойка – верхняя часть опоры, к которой крепится траверса. Каждая стойка соединяется с пасынком двумя проволочными бандажами. Стойка и пасынок образуют ногу опоры. Они воспринимают воздействие основных нагрузок при нормальном и аварийном режимах работы линии.

Траверса служит для подвески проводов на гирляндах изоляторов. На промежуточных опорах без троса (см. рис. 11.2, е) траверса крепится на расстоянии 0,25 м от вершины стойки, на опорах с

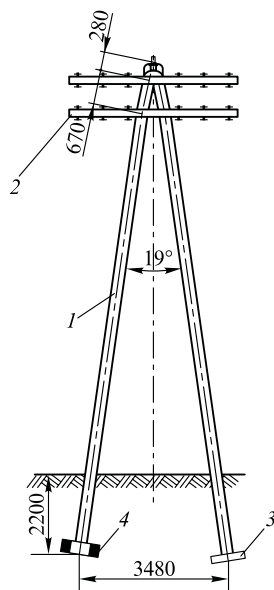


Рис. 11.4. Анкерная угловая опора ВЛ с напряжением до 1 кВ:

1 – стойка; 2 – траверса;
3 – опорная плита; 4 – анкерная плита

В свободно стоящей одностоечной промежуточной опоре (рис. 11.5, а), деревянная стойка 3 с помощью проволочных бандажей 2 закреплена на пасынке 1. В основном применяются железобетонные пасынки типа ПТО с трапецеидальным сечением и длиной 3,25 или 4,25 м, значительно реже – деревянные пасынки длиной 4,5 м. Длина сопряжения стойки с железобетонным пасынком должна быть 1,1 м, а с деревянным – 1,3 м. Длина стойки для подвески пяти проводов должна быть не менее 7,5 м при пасынке 3,25 м и не менее 6,5 м при пасынке 4,25 м. В верхней части опоры в шахматном порядке на расстоянии 200 мм ввернуты крюки 4; такое же расстояние выдерживается между верхним крюком и скосом стойки. Вместо крюков на опоре может быть смонтирована траверса 5 (рис. 11.5, б) с раскосами 6 для изоляторов.

В деревянной анкерной опоре на пасынках (рис. 11.5, в) стойка 3 опоры закреплена на пасынке 1 проволочными бандажами 2. Для восприятия усилий от одностороннего тяжения проводов опора снабжена деревянным подкосом 7, имеющим пасынок. Подкос со стойкой соединен врубкой и двумя болтами 8 или металлическими накладками. В верхней части опоры установлены крюки 4. Для прочности закрепления анкерных и особенно угловых опор в грунте к пасынкам стойки и подкоса крепятся деревянные или железобетонные ригели 9.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Для чего служат опоры?
 2. Из чего изготавливаются опоры?
 3. Какие материалы применяются для изготовления металлических опор?
- II.
 1. Как подразделяются железобетонные опоры?
 2. Какие типы опор вы знаете?
 3. Чем обрабатывается древесина?
 4. Какова конструкция деревянных опор ВЛ?
- III.
 1. Дайте определение пасынка.
 2. Что такое стойка?
 3. Для чего служит траверса?
 4. Для чего служат раскос и распорка?
 5. Где и для чего устанавливаются подтраверсные брусья?
 6. Что такое ригель?

11.3. Изоляторы, провода и тросы

Изоляторы предназначены для подвески проводов к опорам и создания необходимого электрического сопротивления между проводом, находящимся под напряжением, и опорой. Условия работы изоляторов определяют требования к их материалу и конструкции.

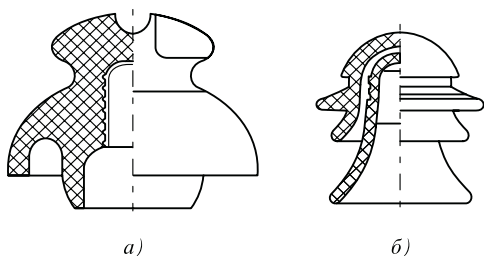


Рис. 11.6. Штыревые линейные изоляторы типов ШС (а) и ШД (б)

ляторов механическая прочность выше, а размеры и масса меньше. Кроме того, стеклянные изоляторы не имеют глазури, на которой со временем появляются трещины, поэтому они отличаются большим сроком службы. К тому же стекло является более дешевым материалом.

Для ВЛ с напряжением до 1 кВ используют также штыревые изоляторы типа ШН и ШЛН.

Штыревые изоляторы типа ШС и ШД (рис. 11.6) устанавливают на стальных крюках. Провода ВЛ располагаются на головке или шейке штыревых изоляторов и прикрепляются к ней стальной оцинкованной проволокой (вязка).

Крюки и штыри для крепления изоляторов показаны на рис. 11.7. Для ВЛ с напряжением до 1 кВ используются крюки типа КН, изготавливаемые из круглой стали диаметром 12...18 мм, или типа КВ в зависимости от типа изолятора.

Провода являются одним из основных элементов линий электропередачи. От правильного выбора материала, сечения и конструкции проводов и тросов зависят технико-экономические показатели электропередачи и стоимость сооружения линии.

К проводам и тросам предъявляются следующие требования: материал проводов должен иметь хорошую электрическую проводимость;

материал проводов должен иметь малое электрическое сопротивление, что обеспечивает меньшие потери напряжения;

провода и тросы должны обладать высокой механической прочностью, обеспечивая допуск больших тяжений по ним, что в свою очередь позволяет снижать высоту опор или увеличивать длину пролетов, уменьшая стоимость сооружения линий;

материал проводов и тросов должен быть устойчивым к коррозии, особенно для линий, проходящих вблизи морских побережий и промышленных предприятий, загрязняющих атмосферу.

Для изготовления проводов применяются следующие материалы: медь, бронза, алюминий и его сплавы, сталь.

Линейные изоляторы изготавливают из высокопрочного электротехнического фарфора, основным сырьем для которого служит белая глина — каолин.

Вместо фарфоровых изоляторов иногда применяются изоляторы из специального закаленного стекла. У стеклянных изоляторов

Медь. На линиях, сооруженных в довоенный период, в основном использовались медные провода, имеющие высокую электрическую проводимость. Такие провода изготавливаются из проволоки диаметром 2...3,5 мм, имеющей временное сопротивление на разрыв 39 кг/мм². Медные провода легко поддаются сварке и пайке. Медь устойчива к атмосферным воздействиям, но она подвержена окислению, особенно при наличии в атмосфере паров серы или ее соединений.

Рафинированная электротехническая медь дорога и дефицитна, поэтому медные провода используются в настоящее время в основном на специальных воздушных линиях (например, для монтажа контактной сети электрифицированного транспорта) и в районах, где в атмосфере содержатся кислоты, щелочи, соли морской воды, быстро разрушающие другие проводниковые материалы.

Алюминиевые провода имеют сопротивление в 1,6 раза больше, чем медь, поэтому для передачи одинаковой электрической мощности на одно и то же расстояние требуются алюминиевые провода с сечением во столько же раз больше сечения медных проводов (наименьшее 16 мм²). Но если сравнить массу проводов из алюминия и меди, затраченных на монтаж одинаковых по длине линий, и их пропускную способность, окажется, что, имея большее сечение, алюминиевые провода будут весить примерно в два раза меньше медных (плотность алюминия в три с лишним раза меньше меди). Поэтому, а также из-за низкой стоимости и достаточной устойчивости к действию химически активных веществ (кроме щелочей, соляной кислоты и морских солей) алюминиевые провода почти повсеместно вытеснили медные.

Алюминиевые провода изготавливаются из проволоки диаметром 1,7...4,2 мм с временным сопротивлением на разрыв 15...16 кг/мм².

Небольшая прочность алюминия на разрыв по сравнению с медью и бронзой является его основным недостатком как материала для изготовления проводов и приводит к необходимости уменьшать длину пролетов линии, вызывая увеличение ее стоимости.

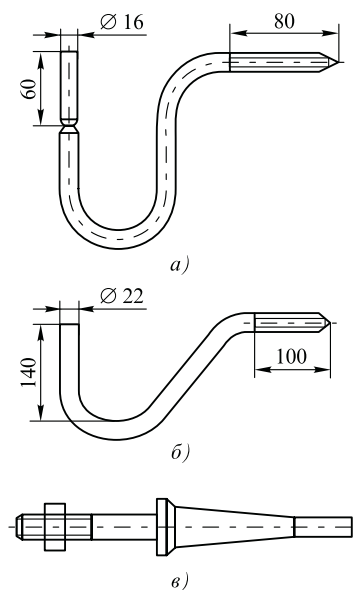


Рис. 11.7. Детали для крепления изоляторов:

a – крюк КН-16; *б* – крюк КВ-22;
в – стальной штырь типа ШН или ШУ

Стальные провода при высокой механической прочности имеют большое электрическое сопротивление, поэтому используются при передаче небольшой электрической мощности на малые расстояния (в небольших городах и поселках). Для ВЛ применяются провода стальные однопроволочные (ПСО) диаметром 3...5 мм и стальные многопроволочные провода с присадкой меди (0,2% – ПС или 0,4% – ПМС). В отличие от однопроволочных проводов меднистые стальные провода различаются не по диаметру, а по сечению (например, провод ПС-50, ПСМ-7С).

Применение *однопроволочных* проводов для воздушных линий ограничивается их низкой надежностью. Дефекты изготовления проволоки, повышенные механические нагрузки и вибрация сильнее сказываются на прочности однопроволочных проводов. Однопроволочные провода с большим сечением не производятся.

Многопроволочные провода могут иметь различное число проволок из одного или разных металлов. Число проволок N в многопроволочном проводе с центральной проволокой можно выразить через число слоев проволок n : $N = 3n(n - 1) + 1$. В проводе с тремя центральными проволоками $N = 3n^2$.

Скрутка повивов провода может быть правой (проволоки скручиваются вверх слева направо) или левой. Навивка смежных повивов может производиться в разных направлениях, что обеспечивает сохранение проводом круглой формы и препятствует его раскручиванию под действием силы тяжести.

Временное сопротивление многопроволочного провода в целом составляет 85...90% от суммы временных сопротивлений его проволок, что объясняется различными условиями работы проволок в разных повивах.

Особым видом многопроволочных проводов являются *комбинированные* провода – сталебронзовые и сталеалюминиевые. Внутренние повивы таких проводов выполняются из высокопрочной стальной проволоки, а внешние – из бронзовой или алюминиевой. Стальной сердечник увеличивает прочность провода. В сталеалюминиевых проводах удачно сочетаются достаточно высокая проводимость алюминия с высокой механической прочностью стали. Сталеалюминиевые провода в настоящее время являются основным видом проводов, применяемых при сооружении линий.

В маркировке проводов указываются материал, из которого они изготовлены, и номинальное сечение их проводящей части. Медные провода маркируются буквой М, алюминиевые – А, сталеалюминиевые – АС, АСО, АСУ (соответственно нормальные, облегченные и усиленные, отличающиеся друг от друга различным соотношением сечений алюминия и стали).

По условиям механической прочности для воздушных линий с напряжением до 1 кВ применяются однопроволочные и многопро-

волочные провода с сечениями не менее: алюминиевые – 16 мм², сталеалюминиевые и биметаллические – 10 мм², стальные многопроволочные – 25 мм², а также стальные однопроволочные провода с диаметром 4 мм.

Расплетенные провода, а также однопроволочные стальные провода с диаметром выше 5 мм и однопроволочные биметаллические провода с диаметром выше 6,5 мм применять запрещается.

Грозозащитные тросы изготавливаются из оцинкованных высококачественных стальных проволок, свитых в общий трос.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Для чего применяются изоляторы?
 2. Из каких материалов изготавливаются изоляторы?
 3. Дайте характеристику меди, применяемой для изготовления проводов.
 4. Дайте характеристику алюминия, применяемого для изготовления проводов.
- II.
 1. Что представляют собой однопроволочные и многопроволочные провода, каковы особенности их применения?
 2. Что такое комбинированные провода, каковы их преимущества и особенности применения?
 3. Поясните назначение и основные характеристики стальных проводов.
- III.
 1. Какие виды изоляторов вы знаете?
 2. Какие детали используются для крепления изоляторов?

11.4. Монтаж воздушных ЛЭП

Технологический процесс монтажа линии электропередачи (ЛЭП) включает в себя:

подготовительные работы, в ходе которых знакомятся с районом прохождения трассы, разбивают трассу, рубят просеки, роют котлованы под опоры, подготавливают разного рода производственные, хозяйственные и коммунальные помещения;

основные строительные-монтажные работы, в ходе которых развозят по местам, собирают и устанавливают опоры, доставляют и монтируют изоляторы, провода, тросы.

Разбивка трассы воздушных линий и рытье котлованов под опоры. Разбивкой трассы называют комплекс работ по определению на местности проектных направлений воздушной линии и мест установки опор.

Трасса должна быть проложена на местности так, чтобы после сооружения линии обеспечивались нормальные условия движения транспорта и пешеходов, а также удобство обслуживания и ремонта всех элементов линии.

Минимально допустимые расстояния от опор и проводов линии до подземных трубопроводов, канализационных труб и кабелей — 1 м, до пожарных гидрантов, водоразборных колонок, колодцев (люков) подземной канализации — 2 м, до бензи-нораздаточных колонок — 5 м.

Разбивку трассы начинают с того, что при помощи теодолита определяют направление первого прямолинейного участка линии, а затем по этому направлению устанавливают две вешки: одну в начале участка, а другую на расстоянии 200...300 м от нее (в зависимости от условий видимости). На полученном направлении в местах размещения опор, указанных в проекте, временно устанавливают вешки, которые визируют с концов участка линии для проверки правильности расположения их в створе сооружаемой ВЛ, а затем удаляют, заменяя пикетными знаками. На каждом пикетном знаке указывается его номер, а также проектный номер опоры, подлежащей установке в этом месте. Пикетные знаки располагают в центре будущих котлованов.

В пункте изменения направления линии на А-образной угловой опоре необходимо предварительно произвести разбивку угла поворота трассы. Для этого, считая вершину опоры вершиной угла (рис. 11.8, а), откладывают по обеим его сторонам равные отрезки AB и AC . Затем соединяют точки B и C , а середину отрезка BC соединяют с точкой A . Прямая AD и будет биссектрисой угла. Котлованы должны находиться на этой биссектрисе и быть отдалены от точки A на одинаковые расстояния, определяемые раствором ног устанавливаемой опоры. Разбивку котлованов под А-образные опоры целесообразно производить при помощи специальных шаблонов, применение которых позволяет быстро и точно выполнять эту операцию. Углы поворота линии обозначаются угловыми пикетными знаками, на которых указывают их номер, угол поворота линии и проектный номер опоры.

Произведенную разбивку трассы на местности сверяют с проектом; имеющиеся отклонения от проекта устраняют или согласовывают с проектной организацией, а затем приступают к рытью котлованов под опоры.

Опоры ВЛ, рассчитанной на напряжение до 1000 В, как правило, не требуют устройства фундаментов, их устанавливают непосредственно в грунт, поэтому после разметки оси трассы и центров опор роют котлованы под опоры. Перед рытьем проверяют, правильно ли был установлен знак, обозначающий место установки опоры. Для этого на двух соседних пикетах устанавливают деревянные вешки и на глаз определяют, находятся ли эти вешки и знак на проверяемом пикете на одной линии.

Для рытья котлованов под опоры, устанавливаемые непосредственно в грунт, применяют специальные землеройные машины

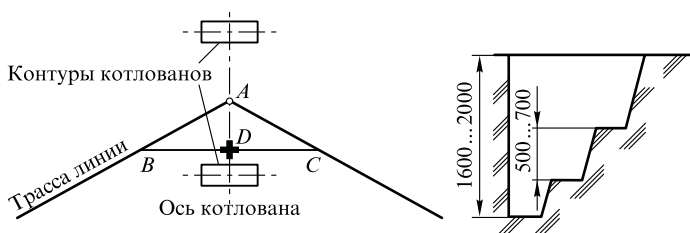


Рис. 11.8. Разбивка котлована под угловую анкерную опору (а) и форма котлована, отрытого вручную (б)

на автомобильном или гусеничном ходу. Использование буровых машин исключает тяжелый и малопродуктивный ручной труд и гарантирует надежное закрепление опоры в грунте. Пробуренные котлованы представляют собой скважины, размер которых соответствует диаметру опоры, а стенки уплотнены инструментом бурильной установки. Для рытья котлованов прямоугольной формы под опоры ВЛ используют экскаваторы Э-153 и Э-302Б на пневмоколесном ходу.

Котлованы цилиндрической формы под одностоечные опоры роют при помощи автоямобуров и самоходных бурильно-крановых машин в несколько приемов, т. е., углубив бур на 0,4...0,5 м, его поднимают вместе с находящимся на нем грунтом и, увеличивая частоту вращения бура, разбрасывают грунт. Затем бур повторно опускают в котлован и углубляют его еще на 0,4...0,5 м. Эти операции продолжают до тех пор, пока не будет вырыт котлован требуемой глубины и ширины.

Глубина котлованов под опоры определяется проектом в зависимости от характера грунта, высоты и назначения опоры, климатических условия района, числа размещаемых на опоре проводов и их общего сечения, особых условий на трассе и др. Внешние границы котлованов на поверхности земли определяются углом естественного откоса. Площадь основания котлована должна допускать перемещение козла опоры на 10...15 см поперек оси трассы для более точной установки ее в створе линии.

Котлованы под угловые и концевые опоры роют так, чтобы нетронутая стенка котлована находилась со стороны тяжения проводов ВЛ.

Вручную котлованы роют в местах, где имеются многочисленные и разветвленные подземные коммуникации (кабельные линии, трубопроводы, туннели, коллекторы и др.). Вручную копают также котлованы для установки одной или двух-трех опор, когда парк механизмов находится далеко и перегонять бурильные установки для выполнения малого объема работ нецелесообразно.

При ручной разработке грунта (рис. 11.8, б) для одностоечных опор копают котлован шириной (поперек трассы) 0,6...0,7 м и длиной (вдоль трассы) 1,8...1,9 м. Вдоль линии котлован роют ступенями высотой 500...700 мм каждая. Грунт отбрасывают от бровки котлована не менее чем на 0,5 м.

Котлованы в месте установки опор следует рыть, соблюдая меры предосторожности, особенно после достижения глубины 0,4 м, из-за опасности повреждения находящихся в земле коммуникаций или сооружений. При обнаружении во время разработки котлована подземного кабеля и каких-либо трубопроводов или появления запаха газа следует немедленно прекратить работы и сообщить об этом руководителю работ.

Сборка опор. Деревянные опоры вывозят на трассу на автомашинах-лесовозах или на обычных бортовых машинах с прицепами-ропусками. Железобетонные стойки также можно перевозить на автомашине с прицепом, но значительно удобнее использовать для этой цели специальную платформу с гидроподъемником. Железобетонные опоры очень чувствительны к ударам, поэтому их погрузку, перевозку и выгрузку следует производить с большой осторожностью. В частности, запрещается сбрасывать опоры с платформы при разгрузке и тащить их волоком по земле при перемещении.

Изоляторы и арматуру перевозят по трассе на автомашине в прочных деревянных ящиках или контейнерах, а барабаны с проводами или тросами грузят и перевозят с применением механизмов, аналогичных тем, которые используются при кабельных работах.

Деревянные опоры, как правило, собирают из заранее заготовленных и антисептированных заводским способом деталей, представляющих собой стандартные элементы (стойки, траверсы с готовыми врубками, затесами и т. д.).

Сборку начинают с обработки верхушки стойки на конус или клин. Наклонно затесывают и верхнюю часть деревянного пасынка. Далее приступают к соединению стойки 1 (рис. 11.9, а) с пасынком 3.

Для плотного сопряжения конец стойки и часть пасынка на участке длиной 1300 мм затесывают так, чтобы ширина затеса составляла не менее 125 мм. Затем размечают места расположения проволочных бандажей 2 или припасовочных хомутов. Если стяжку осуществляют стяжными болтами, для них вырубают небольшие выемки.

Все места, подвергнутые механической обработке, покрывают нагретым до 80...90 °С антисептиком. В процессе припасовки стойку укладывают на подкладки затесанной плоскостью вверх, на стойку накладывают пасынок так, чтобы вырубки для стяжных болтов

совпали. Затем обе соединяемые детали временно скрепляют скобами или струбцинами.

Бандаж делают из стальной оцинкованной проволоки диаметром 4 мм или из неоцинкованной проволоки диаметром 5...6 мм, покрытой асфальтовым лаком. Число витков в бандаже зависит от диаметра проволоки (при диаметре 4 мм – 12 витков, при диаметре 5 мм – 10, при диаметре 6 мм – 8). Один конец заготовленной бандажной проволоки на участке длиной 20...25 мм загибают под прямым углом и забивают в стойку, затем проволоку плотно наматывают вокруг стойки и пасынка, выравнивая и подвигая друг к другу витки бандажа.

После того как нужное число витков намотано, проволоку обрубает или перекусывают клещами-кусачками, а свободный конец просовывают под уложенные витки и временно загибают. Разделив число витков на две равные части, между ними просовывают лом или металлический штырь и производят стягивание бандажа, причем по мере натяжения проволоки витки рихтуются и уплотняются ударами молотка. По окончании стяжки свободный конец проволоки также забивают в опору. Последняя операция по соединению стойки с пасынком – это установка стяжных болтов. Через середины бандажа с обеих сторон стойки и сквозь отверстие, образованное ранее сделанными вырубками, продевают стяжной болт с надетой на него бандажной шайбой 4. С противоположной стороны на болт надевают вторую шайбу и затягивают гайку с таким расчетом, чтобы между каждой бандажной шайбой и цилиндрическими поверхностями стойки и пасынка оставался зазор до 20 мм, необходимый для подтяжки бандажа в процессе осмотров и ремонтов ВЛ. Точно так же выполняют второй бандаж, после чего снимают скобы или струбцины.

В такой же последовательности припасовывают деревянные опоры к железобетонным пасынкам (кроме затесывания пасынка и вырубки в нем выемки под стяжной болт). Надежное и прочное соединение обеспечивает припасовка опоры к железобетонному

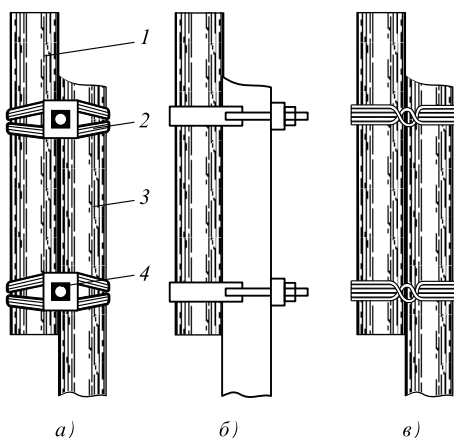


Рис. 11.9. Способы соединения стойки с пасынком:

a – проволочными бандажами со стяжными болтами; *б* – приспособочными хомутами; *в* – проволочными бандажами; 1 – стойка; 2 – бандаж; 3 – пасынок; 4 – бандажная шайба

пасынку специальными приспособочными хомутами (рис. 11.9, б). Для опор, рассчитанных на напряжение до 1000 В, можно применять затяжку ломом проволочных бандажей скруткой с обеих сторон без применения стяжных бандажных болтов (рис. 11.9, в).

В случае значительных нагрузок на опору, а также на участках с недостаточно плотным грунтом (например, болотистая местность, пльвуны и т. д.) стойку опоры крепят на двух пасынках. Последовательность приспособки такая же, как при сборке опоры с одним пасынком, но следует иметь в виду, что проволочными бандажми или приспособочными хомутами разрешается стягивать не более двух деталей. Поэтому сначала опору 1 (рис. 11.10) с пасынком 2 соединяют обычным способом, затем опору переворачивают на подкладках второй стесанной стороной кверху и привязывают второй пасынок.

А-образные опоры (рис. 11.11) собирают в следующем порядке. Сначала к обеим стойкам приспособывают пасынки, затем стойки

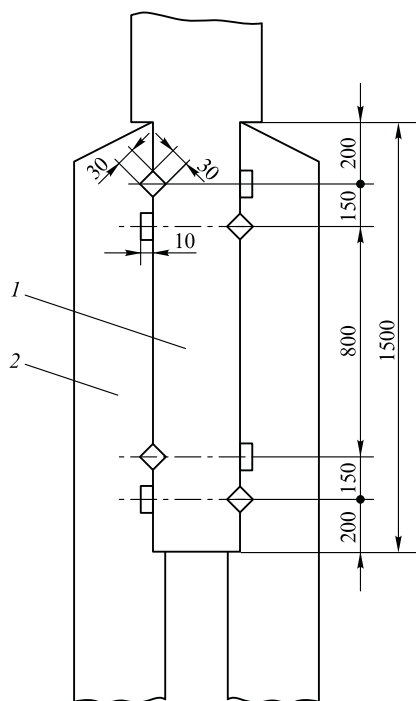


Рис. 11.10. Соединение стойки с двумя пасынками:
1 – опора; 2 – пасынок

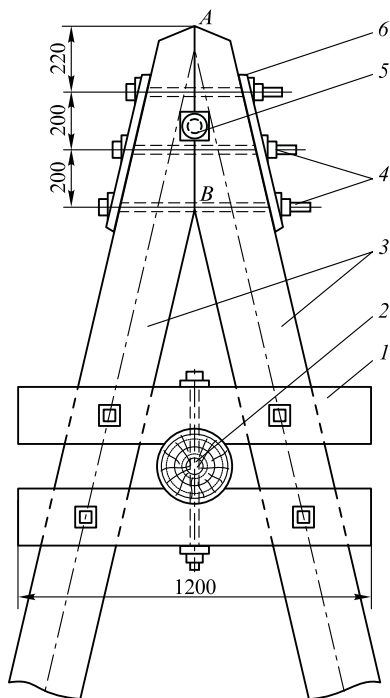


Рис. 11.11. Соединение вершины анкерной опоры:
1 – подтраверсник; 2 – траверса; 3 – стойка; 4 – болт; 5 – шпонка; 6 – оголовник

укладывают неразделанными вершинами одну на другую, а ком-ли стоек разводят на проектное расстояние, развернув пасынки на внешнюю сторону угла, образованного стойками. Когда стойки 3 займут нужное положение, на их вершинах отмечают линию АВ. Затем стойки разъединяют и делают затесы по отмеченной линии. Затесанные вершины стоек прикладывают одну к другой, временно скрепляют строительными скобами, на стойках делают разметку под стяжные болты 4, размечают гнездо для деревянной или металлической шпонки 5, а также размечают отверстия для болтов, крепящих подтраверсники 1, служащие для крепления траверсы 2. По разметке сверлят отверстия, вырезают пазы и скосы на верхушках (глубина вырубki не должна отличаться от проектной более чем на 4 мм, а зарубы, затем затесы и отколы древесины допускаются на глубину не более 0,1 диаметра бревна). Подготовленные к сборке части А-образной опоры маркируют и транспортируют на трассу. Так как эти опоры имеют большие габаритные размеры, их сборку производят непосредственно у котлована на трассе. При сборке под стяжные болты подкладывают накладки оголовника 6.

Оснастку опор производят при изготовлении их на стройзаводах или, чтобы избежать повреждения изоляторов и арматуры при транспортировке, непосредственно на месте сооружения ВЛ. Оснастка опор включает в себя разметку мест расположения крюков, сверление в опоре отверстий под крюки и установку в них крюков и изоляторов.

Места установки крюков на опоре размечаются при помощи шаблонов, изготовленных из куска прямоугольной алюминиевой шины толщиной 3...4 мм. Шаблон (рис. 11.12) коротким изогнутым концом накладывают на вершину опоры сначала с одной стороны, а затем с другой. Отсчитывают и отмечают места установки крюков соответственно по четным и нечетным отверстиям шаблона. Разметку отверстий в траверсах для установки в них штырей производят также при помощи шаблона.

Отверстия в опоре сверлят при помощи электрического инструмента. В случае отсутствия источника энергии применяется буров соответствующего размера или специальное приспособление. Высверленное в опоре отверстие должно иметь диаметр, равный внутреннему диаметру нарезки крюка, и глубину, равную длине нарезной части крюка. Крюк ввертывается в тело опоры всей нарезной частью плюс 10...15 мм при помощи ключа.

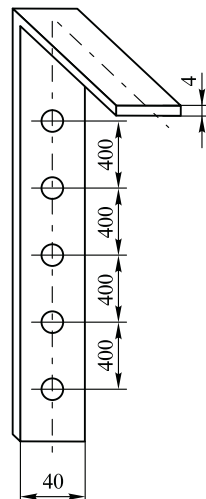


Рис. 11.12. Шаблон для разметки отверстий под крюки

На изоляторах при установке не должно быть трещин, сколов фарфора, стойких, не поддающихся очистке загрязнений и других дефектов. Грязные изоляторы необходимо вычистить. Чистить изоляторы металлическими щетками, скребками или иными металлическими инструментами запрещается. Большинство загрязнений удаляется с поверхности изолятора сухой или мокрой ветошью, а стойкие загрязнения — тряпкой, смоченной в соляной кислоте (ржавчина и др.). Работать с соляной кислотой следует в перчатках из кислотоупорной резины и в защитных очках.

Сборка железобетонных одностоечных опор заключается в установке траверс и ригелей и укладке заземляющего спуска (если это предусмотрено проектом). Стойку опоры выкладывают на подкладках, траверсы выверяют по перпендикуляру к оси стойки и плоскости крепления проводов, а затем закрепляют болтами. Как правило, на место сборки траверсы поступают в собранном виде со штырями и подкосами, поэтому остается лишь выполнить армировку изоляторов.

Оснастка железобетонных опор производится практически так же, как и оснастка деревянных опор. Работы по оснастке выполняются до подъема и установки опор в котловане, что позволяет применять различные механизмы и таким образом намного облегчить труд монтажников

Подъем и установка опор. Установка собранной опоры в котловане — это операция, связанная с подъемом и перемещением крупногабаритного груза со значительной массой, поэтому при монтаже воздушных линий широко применяются канаты, тросы, приспособления для строповки, шарниры, полиспасты и др.

Одностоечные деревянные или железобетонные опоры устанавливают с помощью подъемного крана или бурокарановой установки в следующем порядке. Собранную опору подтаскивают к котловану и укладывают так, чтобы ее центр тяжести примерно совпал с центром котлована. Такелажный строп крепят на расстоянии 1...1,5 м от центра тяжести опоры ближе к вершине (чтобы после подъема комель опоры был направлен вниз под действием силы тяжести). К нижней части опоры (либо пасынка, если он имеется) на расстоянии около 3 м от конца привязывают веревочную оттяжку длиной 10...15 м. Подъемный кран или бурокарановую установку закрепляют на выносных опорах на расстоянии 0,5 м от края котлована, затем опускают крюк крановой лебедки и на него надевают петлю такелажного стропа. После подъема низ опоры направляют в котлован, а во время спуска стойку разворачивают так, чтобы крюки или траверсы на опоре были направлены строго перпендикулярно оси трассы. После полного погружения положение опоры выверяют по отвесу и между стенками котлована и телом

опоры или пасынка забивают деревянные клинья для временного закрепления.

Далее котлован засыпают наполовину, снимают такелажный строп, отводят подъемную установку и окончательно засыпают котлован.

При отсутствии необходимых механизмов допускается устанавливать вручную небольшое число одностоечных опор при условии соблюдения необходимых мер предосторожности. Для подъема одностоечной опоры вручную ее предварительно поднимают на руках настолько, чтобы вершина находилась на высоте 2,5... 3 м от земли, после чего ее начинают поддерживать баграми и ухватами. Постепенно, перебирая баграми и ухватами, опору поднимают, при этом комель опоры, скользя по вертикально установленной в котловане доске, опускается в котлован. Когда комель опоры встанет на дно котлована, ее выравнивают по отвесу и проверяют, находится ли она в створе линии, направлены ли вдоль линии плоскости соединительных стоек с приставками и нет ли выступающей кривизны опоры.

Наиболее широко распространен способ установки А- и П-образных опор при помощи так называемой падающей стрелы, которая может быть изготовлена из дерева или металла. Более дешевые деревянные стрелы отличаются и сравнительно малым весом. Следует также отметить, что деревянные стрелы удобнее для перевозки. Стрелы длиной от 10 м делают металлическими.

Рассмотрим процесс подъема деревянной П-образной опоры с помощью деревянной падающей стрелы (рис. 11.13). Опору располагают вдоль линии так, чтобы ее пасынки находились над вырытыми котлованами.

Стрелу 4 устанавливают на расстоянии 1... 1,5 м от края котлованов между пасынками опоры. К верхушке стрелы крепят два боковых тяговых троса 5, связывающих стрелу с опорой, и подъемный трос 3, идущий к тяговому механизму. Чтобы избежать перемещения устанавливаемой опоры в сторону тягового механизма в начальный момент подъема, к ее пасынкам крепятся два троса 1 в качестве нижних тормозов.

Для установки стрелы в рабочее положение необходим так называемый подстрелок, состоящий из двух бревен длиной по 3,5... 4 м и представляющий собой уменьшенное подобие стрелы.

Под пасынки опоры в начале подъема подкладывают отрезки бревен. Опору снабжают двумя расчалками 2, прикрепляемыми к вбитым в землю якорям, которые предотвращают ее смещение в сторону при подъеме. Чтобы не осыпались стенки котлованов, в которые будут упираться ноги опоры при подъеме, их защищают досками.

В качестве тяговых механизмов применяют полиспасть и лебедку или же автомобиль, а еще лучше — трактор.

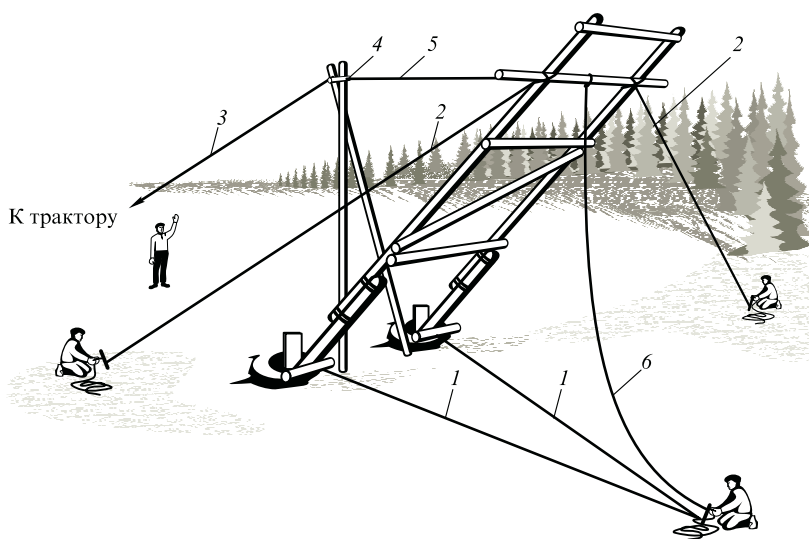


Рис. 11.13. Подъем деревянной П-образной опоры с помощью падающей стрелы:

1 – трос; 2 – расчалка; 3 – подъемный трос; 4 – стрела; 5 – тяговый трос; 6 – тормозной трос

По мере того как опора поднимается вверх, нижние тормозные тросы начинают плавно отпускать. Как только ноги опоры достигнут дна котлованов, стрела выходит из работы. Чтобы она не упала, ее заблаговременно прикрепляют дополнительным тросом к опоре.

Когда опора займет вертикальное положение, нижние тормозные тросы выводят из работы. Вместе с тем в работу вводится верхний тормозной трос 6, закрепленный за среднюю часть траверсы. Далее отвесом выверяют вертикальность положения опоры. Необходимые перемещения опоры выполняют с помощью тормозных и подъемных тросов и боковых расчалок. Если опора стоит косо, ее выравнивают, удаляя из-под высоко стоящей ноги грунт или же, наоборот, подкладывая обрезки досок под низко стоящую ногу. Ноги опоры при этом приподнимают домкратом.

При подъеме и установке А-образных опор с помощью падающей стрелы (рис. 11.14) их выкладывают у котлованов плашмя с таким расчетом, чтобы основания ног находились у края котлованов на расстоянии 0,3 м от них. К стенке котлована вертикально устанавливают доски для обеспечения скольжения ног опоры при установке. К верхушке опоры прикрепляют две оттяжки (расчалки) и тормозной трос. Оттяжки служат для удержания опоры от возможных поперечных перемещений во время подъема, а тормоз-

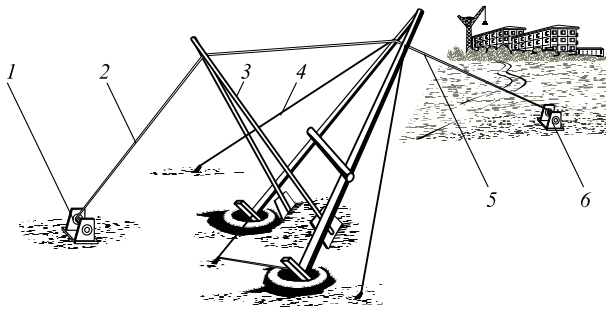


Рис. 11.14. Подъем и установка деревянной А-образной опоры с помощью лебедок и падающей стрелы:
 1 – тяговая лебедка; 2 – тяговый трос; 3 – падающая стрела; 4 – оттяжка; 5 – тормозной трос; 6 – тормозная лебедка; 7 – прокладки под ноги падающей стрелы

ной трос удерживает опору от падения при установке ее в вертикальное положение. Падающую стрелу располагают по оси опоры с наклоном в ее сторону на $15...20^\circ$. В основании стрелы под каждую ногу подкладывают доску для предотвращения вдавливания их в грунт. Тяговый трос от лебедки пропускают через вершину стрелы и прочно крепят к верхушке опоры, после чего производят пробный подъем опоры на $0,5...0,8$ м от земли для проверки прочности крепления троса и правильности положения стрелы и опоры. Высота стрелы должна быть на $1...2$ м больше расстояния от центра тяжести опоры до ее основания.

До начала подъема стрелу крепят к поперечному брусу опоры при помощи веревки с блоком, чтобы удержать ее от падения после выхода из работы.

Опору поднимают медленно, без рывков и одновременно следят за тем, чтобы ноги опоры, скользя по доскам, спускались в котлованы. После выхода стрелы из работы подъем опоры продолжают непосредственно тяговым тросом. При подходе верхушки опоры к точке «перевала» тормозной трос подтягивают, следя за тем, чтобы он находился в натянутом положении до момента, когда опора окажется в вертикальном положении.

При установке опор должны соблюдаться следующие требования: оси опор должны быть вертикальными (допустимо отклонение от вертикали на каждый метр длины деревянной опоры не более 5 мм, а железобетонной – не более 1 мм);

траверсы должны быть расположены горизонтально (допустимый перекося траверсы не более 10 мм на 1 м ее длины);

опоры должны быть расположены в створе линии (допустимое отклонение от створа линии не более 100 мм).

После проверки правильности установки опоры котлован засыпают, уплотняя грунт трамбовками через каждые 30...40 см засыпки. Стоящую опору освобождают от такелажа, при помощи которого осуществлялись ее подъем и установка. Запрещается поднимать опоры при сильном ветре, а также убирать такелаж, багры и ухваты до полной засыпки котлована.

Техника безопасности при установке опор. Решающим условием безопасной работы при монтаже опор является исправное состояние такелажа. Все подъемные механизмы (лебедки, блоки, полиспасты) должны быть зарегистрированы, т. е. в документах должны быть записи о ежегодных осмотрах и испытаниях. Пометки о произведенном очередном испытании делают также на корпусе механизма несмываемой краской или кернением.

До начала работ весь такелаж независимо от даты последних испытаний проверяют, устанавливая наличие трещин у крюков блоков, степень разработанности осей роликов, нарушение целостности повива тросов и прядей канатов.

При любых неисправностях элементов такелаж нельзя использовать для работы.

Перед началом подъема проверяют надежность закрепления тормозных тросов и расчалок, прочность крепления тяговых тросов опоры, подъемных тросов к автокранам и тракторам.

Особенно тщательно проверяют исправность стрел и надежность их установки. Для более равномерного распределения давления на грунт под ноги стрел подкладывают доски или бревна.

Во время подъема опоры никто из работающих не должен находиться непосредственно под опорой, действующими тросами или в котловане, а также в районе возможного падения опоры или стрелы. Все рабочие должны быть расставлены по рабочим местам и находиться в поле зрения бригадира.

Опора после подъема должна быть немедленно закреплена. Около опор, временно закрепленных расчалками, ставят охрану.

Влезать на опору разрешается только после полного ее закрепления. Во время работы на опоре под ней не должен никто находиться, чтобы избежать несчастного случая в результате падения инструментов, деталей такелажа и др.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Что такое разбивка трассы ВЛ?
 2. Каковы допустимые расстояния от ЛЭП до различных сооружений?
 3. Каков порядок разбивки трассы?
- II.
 1. Как производится разбивка котлованов под опоры?
 2. Какие механизмы применяются для рытья котлованов?

3. Каков порядок сборки опор при раздельной доставке всех элементов на место монтажа?

III. 1. Какие вы знаете способы соединения стойки с пасынком?

2. Что такое бандаж и как он выполняется?

3. Каков порядок сборки А-образных опор?

4. Как применяется шаблон для разметки креплений под крюки и штыри?

5. Каков порядок сборки железобетонных опор?

6. Какие вы знаете способы подъема и установки опор?

7. В чем заключается техника безопасности при установке опор?

11.5. Монтаж проводов и тросов

Монтаж проводов и тросов состоит из их раскатки, соединения, натягивания, крепления и заземления.

Раскатка проводов. Провода и тросы доставляются к месту монтажа на автомобилях или тракторах. При погрузке, перевозке и выгрузке барабанов с проводами и тросами необходимо принять меры, исключающие возможность их повреждения. Так, барабаны во время транспортирования должны быть прочно закреплены тросами и клиньями. Запрещается сбрасывать барабаны. Катить их следует, ориентируясь на стрелку, имеющуюся на щеке барабана.

Барабан устанавливают на трассе ВЛ с таким расчетом, чтобы намотанный на него провод использовать полностью без дополнительного перемещения. Расположение барабана должно соответствовать условиям раскатки и конструкции раскаточных механизмов. Раскатку проводов для ВЛ можно выполнять двумя способами — волочением и с движущегося барабана.

Волочение применяется при отсутствии раскаточных транспортных средств (автомашин, кабельных транспортеров) и в случаях, когда эти средства не могут быть использованы по условиям местности. Во время волочения по земле возможно повреждение провода, поэтому этот способ лучше всего использовать при монтаже коротких линий и на участках, где имеются мягкий грунт, травяной или снежный покров. Как правило, раскатку волочением совмещают с подъемом проводов на промежуточные опоры. Барабан с проводом устанавливают за 10... 15 м до опоры, с которой начинают раскатку. Если отсутствуют кабельные домкраты либо специальные раскаточные станки, в земле роют котлован, в который можно свободно опустить барабан до половины. С помощью вала, уложенного на края котлована, барабан подвешивают, чтобы он мог свободно вращаться. После этого отматывают 25... 30 м провода, поднимают его на опору и надевают на раскаточный ролик, подвешенный к крюку.

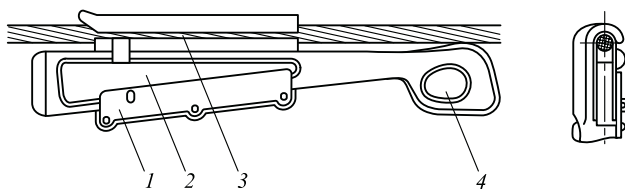


Рис. 11.15. Монтажный клиновой зажим:

1 – обойма; 2 – клин; 3 – провод; 4 – отверстие

На конец провода, свисающего с опоры, надевают клиновой монтажный зажим (рис. 11.15), который состоит из обоймы 1, сквозь верхнюю часть которой проходит провод 3, а в нижней части свободно перемещается стальной клин 2, имеющий в плоскости, обращенной к проводу, небольшую насечку. В обойме имеется отверстие 4 для присоединения тягового троса. Для закрепления зажима на проводе достаточно продеть его в верхнюю часть обоймы, вручную подвинуть клин в сторону его меньшего угла (до прикосновения насечки с проводом), а затем сильно потянуть в ту же сторону провод. Чем больше тяговое усилие, приложенное к зажиму, тем сильнее клин прижимает провод к верхней части обоймы, исключая проскальзывание. После окончания натяжки зажим легко снимается с провода (для этого достаточно несильно ударить молотком по обойме со стороны, противоположной направлению натяжки).

Когда зажим закреплен на проводе, к нему крепят тяговый трос и с помощью лебедки (при небольших пролетах и малых сечениях проводов – вручную) производят раскатку провода с барабана. После того как конец провода достиг следующей опоры, на нее также подвешивается ролик и раскатка продолжается. В это время барабан слегка притормаживают, чтобы провод с него не сбежал. Применение раскаточных роликов увеличивает сохранность проводов при волочении.

При *раскатке с движущегося барабана* конец провода закрепляют в начале монтируемого участка, а барабан устанавливают на транспортное средство. С началом движения последнего по трассе провод плавно сходит с барабана, не волочась по грунту, и его повреждения практически исключены. После раскатки провод поднимают на опоры и надевают на раскаточные ролики.

Для повышения производительности труда часто раскатывают несколько проводов одновременно.

Соединение и ремонт проводов ВЛ. Обычно эти операции производят сразу же после раскатки или даже во время раскатки провода перед подъемом его на опоры.

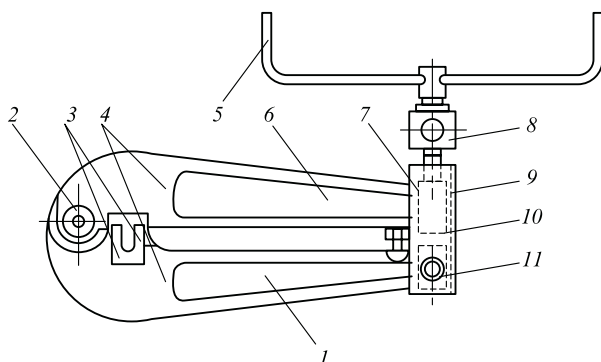


Рис. 11.16. Станок для соединения проводов обжатием:

1, 6 – рычаги; 2, 11 – шарнир; 3 – вкладыш; 4 – гнездо;
5 – рычаг-рукоятка; 7 – скоба; 8 – болт; 9 – отверстие;
10 – винт

Соединение проводов ВЛ может выполняться скручиванием, обжатием или опрессовкой в овальных соединителях, термитной сваркой, с помощью болтовых соединений и другими способами.

Обжатием провода соединяют на станке, устройство которого показано на рис. 11.16.

Станок состоит из рычагов 1 и 6, соединенных шарниром 2, и скобы 7, связанной шарниром 11 с неподвижным рычагом 1. В скобе имеется отверстие 9 с внутренней нарезкой, в которое ввертывают болт 8, вращаемый при обжатии рычагом-рукояткой 5. Станок снабжен стальными вкладышами 3, состоящими из двух частей – верхней и нижней. Вкладыши крепятся винтами в гнездах 4. Винт 10 служит для регулирования усилия обжатия.

На каждом вкладыше выбиты цифры, соответствующие определенному сечению провода. Поскольку в работе участвуют одновременно два вкладыша, на каждой паре выбивают одинаковые порядковые номера.

По окончании работы вкладыши необходимо вынуть, промыть в бензине или керосине, смазать техническим вазелином и завернуть в плотную бумагу. Станок следует смазать машинным маслом. Как станок, так и вкладыши нужно хранить в сухом месте.

Перед тем как приступить к соединению проводов, внимательно проверяют соответствие их расположения внизу последующему расположению на опорах. Чтобы предотвратить раскручивание повивов проводов и тросов, на их концы у мест соединений накладывают бандаж из мягкой вязальной проволоки. Соединяемые концы подравнивают, обрезая ножовкой или на этом же станке, вставив режущие вкладыши.

Далее зачищают концы проводов на участке длиной не менее 1,3... 1,5 длины их заделки в соединительный зажим. Если провод сильно окислился, его повив расплетают и каждую проволоку зачищают отдельно. Протерев сначала сухой тряпкой, затем пропитанной бензином, а потом сухой, соединяемые концы покрывают густым слоем технического вазелина или защитной пасты и зачищают стальной щеткой. В той же последовательности зачищают внутренние контактные части соединителя, с той только разницей, что используют для этого стальной ерш.

Защитная паста состоит из вазелина, предохраняющего контактную поверхность от окисления, и цинковой пыли, которая будучи тверже алюминия врезается в металл провода и создает как бы контактные мостики по всей длине соединения. В настоящее время выпускают защитную пасту, в которой вместо цинковой пыли используется кварцевый песок.

Приступая к соединению проводов обжатием, проверяют соответствие вкладышей 3 и овальных соединителей диаметру подлежащих сращиванию проводов. Затем устанавливают вкладыши, следя за тем, чтобы имеющиеся на них буквы и цифры находились с одной стороны. Упорным винтом 10 устанавливают минимальный зазор между вкладышами, равный 0,4... 0,5 мм, и проверяют его щупом. Затем провода вставляют в соединитель с таким расчетом, чтобы концы выходили из него на 15... 20 мм с обеих сторон. Риски на краях соединителя должны быть со стороны входящих концов провода.

Соединитель с заправленными в него концами проводов вставляют во вкладыши и вращением рычага-рукоятки 5 производят обжатие. При каждом обжатии после соприкосновения рычага 6 с упорным винтом 10 делают паузу на 1... 1,5 мин.

Овальный соединитель типа СОАС (соединитель овальный для сталеалюминиевых проводов) представляет собой цельнотянутую металлическую гильзу, размер которой зависит от сечения соединяемых проводов. Медные провода соединяются в медных соединителях, алюминиевые и сталеалюминиевые — в алюминиевых, а стальные многопроволочные — в стальных или медных. При подготовке к соединению овальный соединитель очищают от грязи, промывают в бензине, насухо вытирают чистой ветошью и смазывают вазелином. Если на соединителе (или на проводе) имеются следы коррозии, их удаляют стальной щеткой, а зачищенные места покрывают вазелином.

Соединение алюминиевых и сталеалюминиевых проводов с сечениями до 95 мм² путем скручивания овального соединителя (рис. 11.17) производят следующим образом. Подготовленные концы проводов 1 вводят в соединитель 2, закладывают его в приспособление МИ-189А (или МИ-190А) и закрепляют одним кон-

цом в неподвижном зажиме, а другим — в поворотной головке приспособления. В этом положении с помощью рычага головку с зажимом концом соединителя поворачивают на 4...4,5 оборота, после чего готовое соединение освобождают из зажимов и вынимают из приспособления.

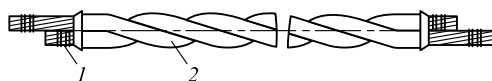


Рис. 11.17. Соединение проводов овальным соединителем:

1 — провод; 2 — соединитель

Стальные провода соединяют овальными соединителями типа СОС по той же технологии, что и алюминиевые в соединителях типа СОАС, но в этом случае соединитель скручивают всего на 2...2,5 оборота. Кроме того, после монтажа соединения стальной корпус соединителя покрывают слоем антикоррозионной краски или смазывающего вещества марки ЗЭС.

Соединение проводов и тросов опрессовкой производят на опрессовочном агрегате (рис. 11.18), состоящем из пресса 5 с рабочим поршнем диаметром 120 мм, в который вставляются матрицы 7 и 8; насоса 4 с ручным приводом, плунжером (диаметром 12 мм) и двумя шариковыми клапанами — всасывающим и нагнетающим; бака 1 для рабочей жидкости, вмещающего 2...3 л веретенного масла; вентиля 3 для спуска рабочей жидкости из пресса в бак, трубопровода 10, соединяющего насос и пресс.

При большом объеме работ используют построенный по тому же принципу опрессовочный агрегат, приводимый в действие от двигателя автомобиля. Такой агрегат снабжен комплектами матриц для проводов разных сечений, которые нанесены на каждой

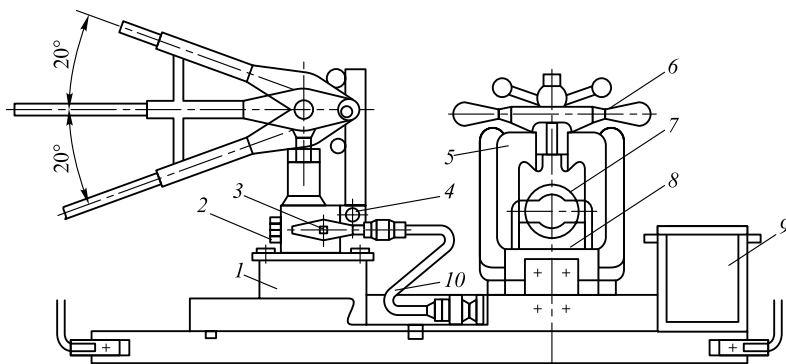


Рис. 11.18. Агрегат для соединения проводов опрессовкой:

1 — бак; 2 — штуцер для манометра; 3 — вентиль; 4 — насос; 5 — пресс; 6 — заглушка; 7, 8 — соответственно верхняя и нижняя матрицы; 9 — инструментальный ящик; 10 — трубопровод

матрице). Кроме того, матрицы разделяются на отдельные пары, порядковые номера которых также выбиваются на них.

Перед началом работ, как и при соединении проводов обжатием, проверяют соответствие их расположения внизу последующему расположению на опорах, подравнивают и зачищают концы сращиваемых проводов. Кроме того, проверяют внутренние диаметры и длину соединителей, которые должны быть указаны в рабочих чертежах. Допустимые отклонения: по длине соединителя $\pm 5,0$ мм, по внутреннему диаметру $\pm 0,5$ мм, по большому наружному овалу $\pm 0,5$ мм, по малому овалу $\pm 0,2$ мм.

В качестве соединителей используют алюминиевую и стальную трубки, соответственно предназначенные для сращивания алюминиевой и стальной жил.

После проверки концы сращиваемых проводов и соединители тщательно зачищают и покрывают антикоррозионным составом. Затем на концы проводов накладывают бандажи B_1 (рис. 11.19, *а*), после чего на один из них (в данном случае правый) надевают алюминиевую трубку, при этом бандаж B_1 ослабляют и сдвигают по проводу за трубку, а на вышедший из нее конец накладывают бандаж B_2 (рис. 11.19, *б*). Трубку, в свою очередь, сдвигают по проводу на расстояние $0,8 \dots 1$ м от его конца. Далее на каждый провод на расстояниях от бандажей B_1 и B_2 , равных $0,6$ от длины стальной трубки L , накладывают бандажи B_3 (рис. 11.19, *в*), а бандажи B_1 и B_2 снимают. Разводят проволоки алюминиевых жил правого провода и, надрезав их (на половину толщины), отламывают. На концы обнажившегося повива стальных жил (размер K на рис. 11.19, *г*) накладывают бандажи B_4 , затем эти концы очищают от заусенцев, промывают бензином и смазывают антикоррозионным составом. Подготовленные таким образом стальные жилы вводят в стальную трубку. Бандажи B_4 сначала сдвигают, а потом удаляют.

Стальной соединитель с введенными в него проводами устанавливают в нижней матрице так, чтобы ее рабочая поверхность находилась на середине монтируемого соединения, а выемки по бокам соединителя располагались вертикально по отношению к основанию матрицы. Затем устанавливают верхнюю матрицу.

После этого матрицы с соединителем вставляют в пресс, опустив поршень в крайнее нижнее положение. Опрессовка ведется от середины соединителя к концам. Чтобы не допустить промежутков между отдельными обжимами, рабочая поверхность матрицы должна перекрывать на $6 \dots 8$ мм уже опрессованный участок. Выполняя отдельные обжимы, добиваются того, чтобы матрицы сошлись на расстояние $0,1 \dots 0,3$ мм, что проверяют щупом. В случае искривления соединителя при опрессовке дефект исправляют, поворачивая нижнюю матрицу на 180° вогнутостью вниз.

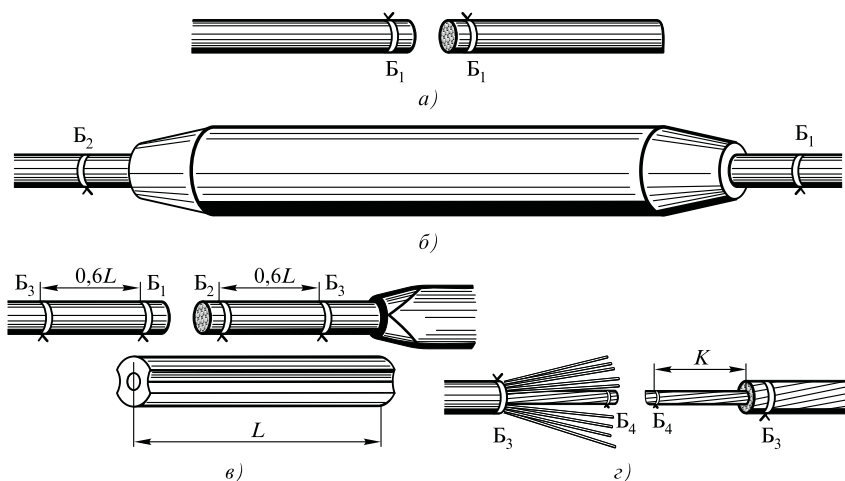


Рис. 11.19. Соединение проводов опрессовкой:

а – наложение бандажей B_1 ; *б* – наложение бандажа B_2 и надевание алюминиевой трубки; *в* – наложение бандажей B_3 ; *г* – обнажение определенной части повива стальных жил

После опрессовки возможные заусенцы снимают напильником, а соединитель и прилегающие к нему концы проводов обмазывают техническим вазелином.

Затем приступают к опрессовке алюминиевого соединителя, ранее надетого на провод. При этом в прессе устанавливают матрицы, предназначенные для алюминиевого соединения. Обжим ведется от концов стального соединителя сначала с одной, а затем с другой стороны. Середину стального соединителя не опрессовывают. Чтобы предотвратить возможное вздутие провода у выхода из алюминиевого соединителя, на расстоянии 15...20 мм от его концов накладывают временные бандажи из мягкой проволоки.

Алюминиевый соединитель опрессовывают так же, как стальной.

Монтаж соединителей в случае сращивания тросов осуществляется в том же порядке, что и при соединении проводов.

Чтобы устранить возможные явления коррозии, места выхода проводов и тросов из соединителей промазывают суриком, тертым на олифе.

В последние годы широко применяется *комбинированный метод* соединения проводов, т.е. с помощью овальных соединителей и термитной сварки, выполняемой специальными сварочными клещами (рис. 11.20).

Для выполнения такого соединения (рис. 11.21) при опрессовке проводов в овальном соединителе выпускают из него концы про-

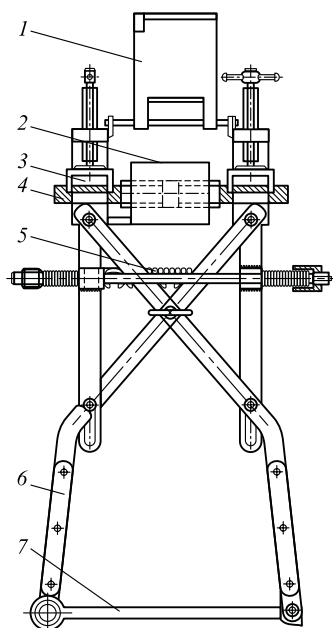


Рис. 11.20. Клещи для термитной сварки проводов:

1 – защитный экран; 2 – термитный патрон; 3 – зажимное устройство; 4 – провод; 5 – пружина; 6 – рукоятка; 7 – стопор

протягивать провод по раскаточным роликам, поэтому термитную сварку производят с монтажных вышек уже после того, как провод поднят на опоры, натянут и закреплен.

Значительно удобнее другой способ. На рис. 11.22 показано соединение концов провода 1 с помощью двух овальных соединителей 2 и дополнительного отрезка провода 3. В этом случае сначала на соединяемые концы свободно надевают овальные соединители и производят термитную сварку проводов в точке 4, а затем, вставив в оба соединителя дополнительный провод, соединяют с ним провода методами обжатия или скручивания. При этом термитная

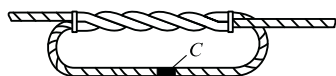


Рис. 11.21. Соединение проводов соединителем и термитной сваркой

сварка обеспечивает надежный электрический контакт, а механическое усилие тяжения передается через соединители и дополнительный отрезок провода. Такое соединение можно выполнять на земле, так как оно свободно проходит сквозь раскаточные ролики.

водов длиной, равной примерно 3/4 длины соединителя, которые затем сваривают в точке *C*. Сварку в термитном патроне производят в следующем порядке. Рукоятки 6 клещей (см. рис. 11.20) разводят в стороны и фиксируют специальным стопором 7. Подготовленные к сварке провода 4 вводят в термитный патрон 2, каждый провод закрепляют в зажимных устройствах 3 так, чтобы разрез кокиля был сверху. Термитный патрон зажигают в месте, обозначенном краской или ярлыком, опускают защитный экран 1 и освобождают стопор. Горящая термитная масса расплавляет вкладыш и концы проводов, причем по мере расплавления проводов их концы, расположенные в кокиле, движутся навстречу друг другу, так как пружина 5 сближает рукоятки клещей. После окончания сварки, когда расплавленный металл застынет, провода высвобождают из зажимных устройств, разгибают, снимают кокиль и зачищают место сварки. Петля, образованная в этом случае сваренными концами, не позволяет

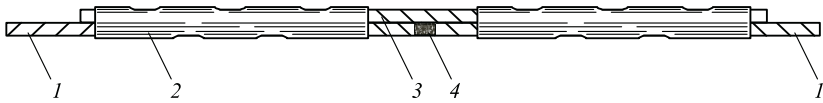


Рис. 11.22. Использование двух соединителей и термитной сварки:
 1 – провод; 2 – овалный соединитель; 3 – дополнительный отрезок провода;
 4 – точка термитной сварки

Стальные однопроволочные провода можно соединять обычной электросваркой внахлестку с обеих сторон (рис. 11.23) с последующим покрытием места соединения антикоррозионной краской. Разрешается также использовать *бандажное* соединение оцинкованной проволокой диаметром 1,5 мм (рис. 11.24). Для выполнения такого соединения концы проводов загибают под прямым углом на участке длиной не менее двух диаметров провода. Затем на один из проводов плотно, виток к витку, наматывают бандаж из проволоки на участке длиной 15 мм, после чего прикладывают второй провод, делают общий бандаж до загнутого конца и накладывают еще один 15-миллиметровый бандаж на втором проводе. Длина бандажа, захватывающего оба провода, зависит от их диаметра: при диаметре 4 мм – не менее 40 мм, при 5 мм – не менее 50 мм и при диаметре 6 мм – не менее 80 мм. Для создания надежного контакта такое соединение пропаивают.

Соединение голых монтажных многожильных проводов может осуществляться также при помощи *болтовых зажимов*, но только на опорах и при условии, что провода не будут испытывать механических нагрузок. Болтовой зажим состоит из двух или трех (в зависимости от сечения проводов) оцинкованных болтов с гайками и двух плашек с продольными канавками. Для обеспечения необходимого контакта в зажиме диаметры отверстий, образуемых при соединении плашек, должны быть несколько меньше диаметров соединяемых проводов.

При монтаже зажимов контактные поверхности плашек непосредственно перед соединением проводов промывают бензином и смазывают тонким слоем технического вазелина. Поверхности зажимов для соединения алюминиевых проводов зачищают стальной щеткой по слою вазелина; также обрабатывают и поверхности проводов. Затяжка болтов должна вестись ключом с усилием,

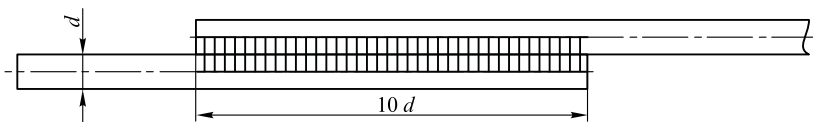


Рис. 11.23. Соединение стальных однопроволочных проводов сваркой

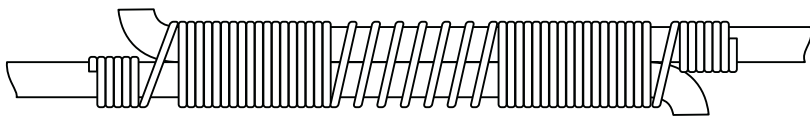


Рис. 11.24. Бандажное соединение стальных однопроволочных проводов

не превышающим 25 кН. Применять при этом какие-либо приспособления, увеличивающие силу затягивания, не допускается во избежание смятия соединяемых проводов или срыва резьбы болтов.

Резьба болтов и гаек зажима смазывается вазелином или солидолом. Применение контргаек обязательно. После затяжки болтов между плашками должен оставаться зазор 3...5 мм. Полное прикрытие плашек зажима свидетельствует об отсутствии требуемого контакта, т. е. такой зажим необходимо сменить. Для предохранения контактных поверхностей от окисления наружные зазоры и места выхода проводов из зажима покрывают слоем (1...3 мм) пасты – свинцового сурика, разведенного на натуральной олифе.

Через 8...10 дней после монтажа зажима рекомендуется дополнительно подтянуть его болты, так как вследствие уменьшения упругости проводов давление между плашками и проводами за это время несколько снизится, что приведет к ухудшению контакта между ними и возможному нагреву участка соединения.

Соединять провода из разных металлов или с разными сечениями разрешается только на опоре, чтобы исключить механические нагрузки. Не допускается соединять провода в местах прохода ВЛ над дорогами, путепроводами и другими сооружениями.

Во время раскатки проводов их осматривают с целью обнаружения возможных повреждений. Поврежденными считаются проволоки, имеющие вмятины глубиной более половины своего диаметра или оборванные совсем. Если число поврежденных или оборванных проволок не превышает 10 % для алюминиевых или 20 % для сталеалюминиевых проволок, провод ремонтируют.

При простом обрыве проволоки ее выправляют, укладывают в повив провода и накладывают на поврежденный участок проволочный бандаж длиной до 25 диаметров провода, предотвращающий дальнейшее ее раскручивание. Если 2–3 проволоки оборваны в нескольких местах, их вырезают на одинаковой длине, на поврежденном участке вплетают недостающие проволоки и закрепляют их концы проволочными бандажками. При ремонте проводов используют также ремонтные муфты – обычный овальный соединитель на один размер меньше сечения ремонтируемого провода (например, для ремонта проводов сечением 50 мм² берется соединитель, предназначенный для соединения проводов сечением

35 мм). Соединитель разрезают вдоль, разводят края так, чтобы его можно было надеть на провод, и надвигают на место повреждения с таким расчетом, чтобы оно находилось примерно посередине. Разрезанные края соединителя заводят друг на друга и (сделав проволочный бандаж на проводе возле конца соединителя, который будет препятствовать его смещению) плотно обжимают его вокруг провода легкими ударами молотка, после чего опрессовывают с помощью пресс-клещей или ручного пресса. Расстояние между двумя проволочными бандажами или ремонтными муфтами должно быть не менее 15 м.

Натягивание проводов. Раскатанные вдоль линии провода поднимают шестами и забрасывают на крюки опор. Чтобы не спутать провода, рекомендуется поднять и натянуть сначала один (самый верхний) из них, а затем поочередно остальные.

При подвешивании проводов необходимо соблюдать определенный порядок их размещения на опорах ВЛ. Это требование вызвано тем, что при изменении температуры окружающей среды стрелы провеса проводов из разных материалов изменяются неодинаково: наибольшее изменение стрелы провеса при минимальной и максимальной температурах свойственно алюминиевым проводам. При наиболее неблагоприятных условиях (например, при температуре окружающей среды, близкой к -40°C) алюминиевый провод, расположенный в пролете ниже медного или стального провода, может приблизиться к ним на опасно близкое расстояние и даже коснуться их. Чтобы исключить возможность нарушения нормируемых расстояний между проходами при вертикальном расположении на опоре проводок из разных металлов, алюминиевый провод помещается выше других проводов, а стальной — ниже. При вертикальном расположении на опорах ВЛ проводов из одного и того же металла может быть применен любой порядок их размещения, так как стрелы провеса в этом случае при любых изменениях температуры окружающей среды будут изменяться в равной степени.

Стрела провеса — это вертикальное расстояние от прямой, соединяющей точки подвеса провода или троса на соседних опорах, до любой точки провода или троса в пролете (рис. 11.25). Если точки подвеса провода находятся на одном уровне, то наибольшая стрела провеса будет в середине пролета.

До натягивания проводов необходимо проверить исправность раскаточных роликов, а также посмотреть, нет ли перекрещивания проводов в пролете. Провода натягивают между двумя анкерными опорами, т. е. в пределах одного анкерного пролета. После раскатки и подъема на промежуточные опоры провод, надежно закрепив его на первой анкерной опоре, вытягивают по всему анкерному пролету через раскаточный ролик, закрепленный на второй анкерной опоре.

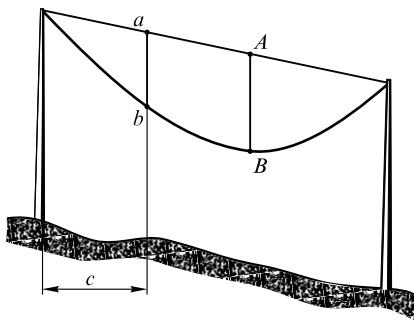


Рис. 11.25. Положение провода в пролете:

AB – наибольшая стрела провеса; ab – стрела провеса провода на расстоянии c от опоры

натягивание провода должно быть выполнено так, чтобы реальная стрела провеса соответствовала данным, определяемым по монтажным кривым, или данные таблицы, приведенной в проекте.

Требуемая стрела провеса методом визирования в любом пролете известной длины (рис. 11.26) устанавливается следующим образом. По монтажным кривым или таблицам определяют требуемую стрелу провеса и на расстоянии h от точек подвеса провода A и B на опорах 1 и 6 устанавливают специальные визирные рейки 2 и 5 . Нижняя точка провода в пролете должна совпасть с визирной прямой 3 .

После установки визирных реек вытягивают провод 4 тяговым устройством. Для удобства визирования провод сначала немного перетягивают, поднимая его на $0,3 \dots 0,5$ м выше визирной линии, и в таком положении выдерживают несколько минут, чтобы он вытянулся под действием собственного веса.

Затем по команде монтера, находящегося на одной из опор и производящего визирование, провод плавно опускают до линии 3 . Как только нижняя точка провода в пролете совпадет с визирной линией, монтер, визирующий стрелу провеса, подает сигнал остановки тягового устройства, полученная стрела провеса и будет соответствовать требуемой по условиям монтажа.

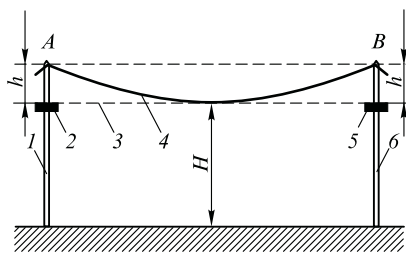


Рис. 11.26. Установка требуемой стрелы провеса методом визирования:

$1, 6$ – опоры; $2, 5$ – визирные рейки; 3 – визирная прямая; 4 – провод; h – стрела провеса; H – максимальное расстояние между проводом и землей

После достижения требуемой стрелы провеса тягловый трос от монтажного зажима отсоединяют. Монтер, находящийся на анкерной опоре, крепит провод к изолятору вязальной проволокой, которая должна быть однородной с материалом провода. Так же натягивают и остальные провода линии.

При вертикальном расположении проводов на опоре стрелу провеса начинают устанавливать с верхнего провода, а при горизонтальном — со среднего.

Крепление проводов. Если нагрузка проводов на изолятор не превышает его механической прочности (коэффициент запаса 2,5...3), на промежуточных опорах применяют *одинарное крепление их на шейке изолятора* (рис. 11.27, а).

При повышенных нагрузках, а также в населенной местности используют *промежуточное двойное крепление* проводов (рис. 11.27, б). Для этого над основным изолятором 3, к которому привязан провод 1, устанавливают дополнительный изолятор 5 и с помощью пласечных зажимов 2 и дополнительного отрезка провода 4 закрепляют провод вторично.

Если угол поворота ВЛ не превышает 60° , то проводами *огИБают изоляторы с внешней стороны* угла поворота (рис. 11.27, в), если угол поворота превышает 60° , то на опоре устанавливают дополнительные изоляторы. Очень часто на угловых опорах выполняют двойное крепление проводов.

Провода на изоляторах анкерных опор крепятся наглухо петлей с помощью болтовых пласечных зажимов. При таком *анкерном одинарном* креплении проводов (рис. 11.27, г) электрический контакт между проводами разных анкерных пролетов отсутствует, поэтому для создания непрерывной электрической цепи монтируют перемычку (анкерную петлю). Точно так же выполняется одинарное крепление проводов на концевой опоре (но без анкер-

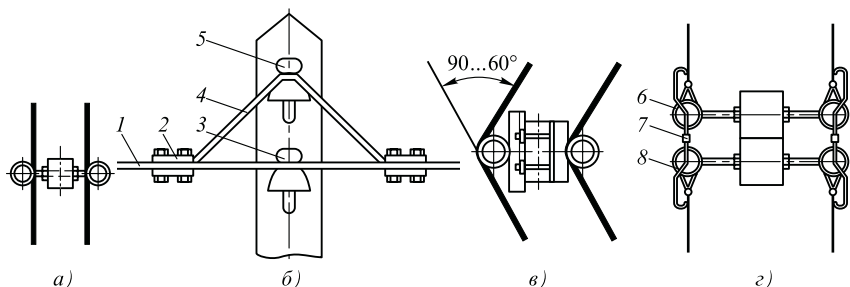


Рис. 11.27. Способы крепления проводов на изоляторах:

а — одинарное на шейке; б — промежуточное двойное; в — огибающее с внешней стороны; г — анкерное одинарное; 1 — провод; 2 — пласечный зажим; 3 — основной изолятор; 4 — дополнительный участок провода; 5 — дополнительный изолятор; 6, 8 — изоляторы; 7 — анкерная петля

ной петли). При выполнении ответвлений на опорах устанавливают многошейковые изоляторы типа РФО, и на одной из шеек провода используют одинарное крепление, а на другой — анкерное. Электрическая связь между линией и ответвлением осуществляется через дополнительную перемычку, присоединяемую к проводам с помощью зажимов.

Анкерное крепление провода с помощью плашечных зажимов выполняется достаточно просто и быстро. Конец провода, выходящего из монтажного зажима, на котором продолжает держаться натянутый анкерный пролет, изгибают петлей, обе стороны которой закладывают в канавки зажима. Затем петлю надевают на шейку изолятора, а сам зажим устанавливают на расстоянии 80... 120 мм от него, и в таком положении затягивают болты зажима. После этого можно ослабить тяговый трос и снять с провода монтажный зажим, так как анкерный пролет с обеих сторон уже закреплен на изоляторах. Если свободный конец провода имеет значительную длину и идет в следующий анкерный пролет с изолятора 6, оставляют достаточно свободную анкерную петлю 7, а затем на изоляторе 8 производят следующее анкерное крепление. Если свободный конец провода короткий, начинают раскатку следующего барабана с проводом и после анкерного крепления нового провода на изоляторе 8 соединяют концы двух проводов в анкерную петлю термитной сваркой.

На анкерных опорах при необходимости выполняют переход с одной марки провода на другую. Для этой цели применяются петлевые переходные зажимы типа ПП, с помощью которых концы проводов разных марок соединяют в анкерную петлю.

После закрепления провода на анкерных опорах, привязывают провода на изоляторах всех промежуточных опор. Эта операция может производиться с гидropодъемников или телескопических вышек, а при монтаже ВЛ с напряжением до 1 кВ чаще всего непосредственно с опоры. Для вязки алюминиевых или сталеалюминиевых проводов используют алюминиевую проволоку диаметром 3,5 мм, а для вязки стальных проводов — мягкую стальную оцинкованную проволоку диаметром 2...2,7 мм. Длина отрезка проволоки для вязки должна быть не менее 300 мм. Чаще всего при креплении проводов на промежуточных опорах используют метод боковой вязки на шейке изолятора.

Расположение фазных проводов на опоре может быть любым, а нулевой провод, как правило, должен находиться ниже фазных. Над нулевым проводом размещают провода линии наружного освещения. При монтаже ВЛ расстояния между проводами должны соответствовать данным, приведенным в табл. 11.1, расстояние от провода до поверхности опоры траверсы или другого элемента опоры должно быть не менее 50 мм.

Таблица 11.1

Расстояние между проводами ВЛ с напряжением до 1 кВ, мм

Уровень гололеда	Вертикальное расположение	Горизонтальное расположение проводов	
		в пролетах ≤ 30 м	в пролетах > 30 м
I...II	400	200	300
III...IV	600	400	400

По окончании монтажа на опорах устанавливают постоянные знаки, содержащие порядковый номер опоры, год ее установки (на всех опорах) и номер линии или ее условное обозначение (на всех опорах ВЛ на участках ее параллельного следования с другими ВЛ). Кроме того, на опоры крепятся предупреждающие плакаты (на все в населенной местности и через одну в ненаселенной).

Правила безопасности при монтаже проводов и тросов. Перед началом монтажа проводов и тросов должны быть проверены, испытаны и отремонтированы все подъемные механизмы, приспособления и инструменты.

При работе на опоре работающий должен быть надежно закреплен на ней монтерским поясом. Не разрешается влезать и работать со стороны внутреннего угла поворота линии во избежание возможного удара проводом при его срыве.

Во время подъема гирлянд изоляторов и проводов на опоры, а также при раскатке и натяжке проводов находиться под опорой или проводом запрещается. Запрещается также сбрасывать с опоры инструменты или детали арматуры и спускаться вниз с помощью веревки и блока, применяемых для подъема гирлянд изоляторов и проводов.

С реальным приближением грозы все работы на опорах следует немедленно прекратить.

Заземление воздушных линий. Последней операцией монтажа воздушных линий является заземление.

Штыревые изоляторы, устанавливаемые на опорах, при нормальных условиях работы обеспечивают надежную изоляцию проводов от элементов опоры. Однако довольно часто напряжение на линии в сотни и даже тысячи раз может превышать номинальное напряжение, на которое рассчитана ее изоляция, т. е. может произойти пробой изоляторов и выход линии из строя. Напряжение, создающее опасность для изоляции ВЛ, называется перенапряжением.

Чтобы ограничить перенапряжение и обеспечить безопасность людей, следует уменьшить сопротивление растеканию тока в земле. Для этой цели устанавливается защитное заземление ВЛ.

Крюки и штыри железобетонных опор в сетях с заземленной нейтралью, а также арматуру этих опор заземляют путем присоединения к заземленному нулевому проводу проводниками диаметром не менее 6 мм. Крюки и штыри на деревянных опорах не заземляют, за исключением случаев, когда линия проходит по населенной местности с одно- и двухэтажной застройкой и не экранирована высокими трубами, деревьями и т. п. Такая линия должна иметь защиту от атмосферных перенапряжений в виде заземляющих устройств с сопротивлением не более 30 Ом, устанавливаемых на расстоянии 100...200 м друг от друга в зависимости от среднегодового числа гроз в данной местности. Обязательно заземляют опоры с ответвлениями к вводам в здания и конечные опоры, имеющие ответвления к вводам (на этих же опорах рекомендуется устанавливать вентильные разрядники).

К монтажу заземления приступают с рытья траншеи глубиной 0,5 м (в пахотной земле — до 1 м), начиная от опоры. Длина траншеи и число заземлителей указаны в проекте на сооружение ВЛ, а все работы по погружению заземлителей, обварку их полосой или прутом, защиту сварных стыков от коррозии выполняют в обычном порядке.

После монтажа контура заземления на опоре выполняют заземляющий спуск. Материалом для него служат стальная полоса или пруток такие же, какие применялись для соединения между собой заземлителей. Внизу спуск соединяют с контуром заземления, сверху — с металлическими частями опоры. На рис. 11.28, *а* показан контур заземления, состоящий из заземлителей 2, соединяющей их полосы или прута 1 и спуска 3. Через каждые 300 мм спуск закрепляется на опоре скобами. Верхняя часть спуска выступает над вершиной опоры на 100 мм и служит молниеотводом. Для заземления металлической арматуры опоры (рис. 11.28, *б*) к спуску 3 присоединяются болтовыми зажимами или сваркой перемычки 4, передающие нулевой потенциал земли на крюки 6 и нулевой провод 5.

Согласно ПУЭ в электроустановках с глухозаземленной нейтралью нулевые провода прежде всего должны быть заземлены в начале ВЛ у источника питания (электростанции или трансформаторной подстанции). При этом монтировать контур заземления у первой опоры нет надобности, так как нулевой провод ВЛ у источника наглухо присоединен к его нулевой точке, сопротивление заземления которой заведомо меньше, чем требуется для заземления ВЛ. Кроме того, через каждый километр линии у опор устанавливается повторное заземление. Сопротивление каждого из повторных заземлителей должно быть не более 10 Ом для ВЛ мощностью свыше 100 кВ·А и не более 30 Ом для ВЛ мощностью до 100 кВ·А.

Воздушные вводы. Воздушным вводом называют участок воздушной линии, предназначенный для подачи электроэнергии от ВЛ к потребителям внутри здания. Такой ввод можно выполнять неизолированными и изолированными медными, алюминиевыми и стальными проводами. Расположение линии ввода относительно элементов здания может быть любым, расстояние от проводов ввода до выступающих и близко расположенных деталей здания должно быть не менее 200 мм, а угол между проводами и стеной здания — не менее 45°. Для любой конструкции ввода габарит его проводов должен быть не менее 2,75 м (в порядке исключения для изолированных проводов 2,5 м).

Длина воздушного ввода, т.е. расстояние от оси трассы ВЛ до места входа проводов в здание, не должна превышать 25 м. Сечение медного провода ввода должно быть не менее 4 мм², алюминиевого — не менее 10 мм². Если расстояние от ВЛ до здания превышает 25 м, нужна дополнительная промежуточная опора. В этом случае воздушный ввод рассматривается уже как участок ВЛ, поэтому здесь возможно применение медных проводов с сечением от 6 мм², а алюминиевых — от 16 мм². Промежуточные опоры устанавливаются и в том случае, если натягивание ввода по прямой линии невозможно (например, если угол при вводе проводов в ближайшую стену менее 45° или по каким-либо причинам ввод должен быть выполнен на стороне здания, расположенной перпендикулярно оси ВЛ).

Монтаж воздушного ввода через стену здания (рис. 11.29) ведется в следующем порядке. В стене с соблюдением монтажных расстояний закрепляют крюки с изоляторами (расстояние между крюками 200... 300 мм). На 100... 150 мм ниже крюков в стене пробивают проходы для проводов, в которые закладывают отрезки изоляционной трубки. Края отверстий оформляют втулкой изнутри и корон-

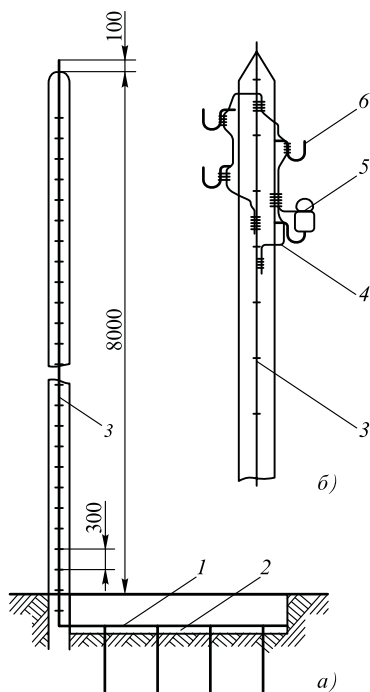


Рис. 11.28. Контур заземления на деревянной одностоечной опоре:

а — общий вид; *б* — заземление арматуры; 1 — соединительная полка; 2 — заземлитель; 3 — спуск; 4 — перемычка; 5 — нулевой провод; 6 — крюк

кой снаружи. Отверстие для провода может быть общим, но провода при этом должны быть проложены в отдельных трубках. В каменные стены можно вмазывать вертикальные или горизонтальные металлоконструкции с закрепленными на них штырями или крюками для армировки изоляторов.

Если здание имеет малую высоту и требуемый нормами габарит выдержать невозможно, ввод монтируют через крышу (рис. 11.30), используя трубчатую стойку. На водогазовой толстостенной трубе 2 укрепляют подпятник 1 для крепления трубы к крыше и металлическую траверсу 4 с установленными на ней изоляторами. Верхний конец стойки, предназначенный для ввода проводов, изгибают под углом 180° с радиусом изгиба, необходимым для данного диаметра трубы. В изогнутый конец трубы вставляют изоляционную втулку 5. Стойку надежно закрепляют на крыше подпятником и оттяжкой 3 из стальной катанки (диаметром не менее 4 мм). При монтаже стойки требуется, чтобы направление оттяжки совпадало с линией тяжения проводов ввода. Расстояние от изоляторов до крыши должно быть не менее 2,5 м.

При сдаче линии в эксплуатацию проверяют: все элементы линии (путем осмотра с земли); прочность крепления траверс, подкосов пасынков, изоляторов и проводов (верховой осмотр); глубину установки опор (выборочно, но не менее 10 %); стрелу провеса проводов; расстояние от низшей точки провисания проводов до земли; габариты проводов, сближений и пересечений.

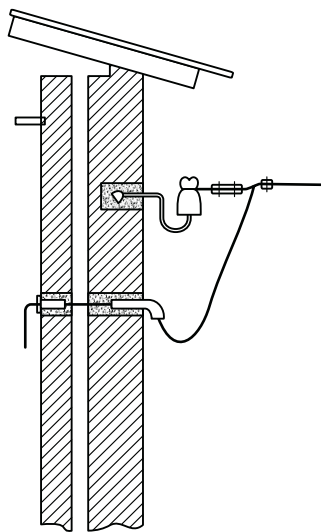


Рис. 11.29. Воздушный ввод в здание через стену

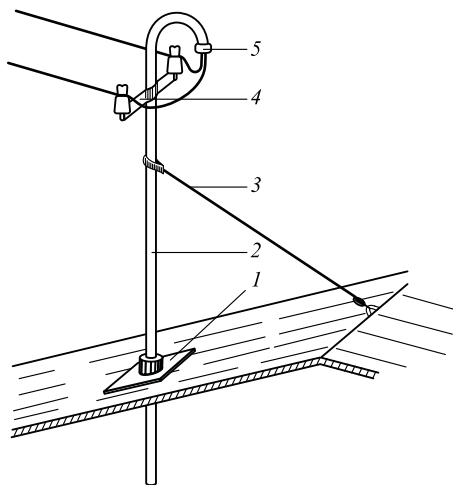


Рис. 11.30. Воздушный ввод через крышу:
1 – подпятник; 2 – труба; 3 – оттяжка; 4 – траверса; 5 – изоляционная втулка

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Каковы основные этапы монтажа проводов и тросов?
 2. Каковы правила установки барабана с проводом на трассе?
 3. В чем состоят особенности раскатки проводов способами волочения и с движущегося барабана?
 4. Как используется клиновый зажим при раскатке проводов?
- II.
 1. Как производится соединение проводов обжатием?
 2. Какова последовательность соединения проводов и тросов опрессовкой?
 3. В чем заключается комбинированный метод соединения проводов; какими способами в этом случае производится термитная сварка?
 4. Как производится бандажное соединение стальных однопроводных проводов?
- III.
 1. Как поднимаются на опоры и натягиваются провода ВЛ?
 2. Как устанавливается требуемая стрела провеса провода в пролете?
 3. Что представляет собой промежуточное двойное крепление проводов?
 4. Каковы правила техники безопасности при монтаже ЛЭП?
 5. Как производится заземление ВЛ?
 6. Как выполняются воздушные вводы в здания?

11.6. Энергетика за рубежом

Во всем мире большое внимание уделяется проблемам создания линий электропередачи, особенно ЛЭП высокого напряжения.

Широкое строительство сетей на 750 кВ продолжается в Канаде, России и США, построены первые линии такого класса в Венгрии и Швеции, а проектируются в Болгарии, Польше, Румынии, а также в Австралии, Бразилии и Венесуэле. Напряжение 750 кВ рассматривается как наиболее вероятная высшая ступень напряжения в большинстве стран Западной Европы.

Линии электропередачи ультравысокого напряжения – УВН (выше 1000 кВ) – построены и строятся в России, США и Италии. В России и США линии на 1200 кВ предполагается сочетать с сетями на 500 кВ, которые в этих странах широко распространены.

Кроме того, в России построена линия передачи постоянного тока на 750 кВ для связи Экибастузского комплекса с центральной европейской частью России, а в США – линия передачи переменного тока с напряжением примерно 1500 кВ и даже выше.

Одновременно рассматривается вопрос о разумном верхнем пределе рабочего напряжения переменного тока. По предварительным оценкам он может составлять 1500... 2000 кВ, причем справедливо отмечается, что этот выбор во многом будет определять экономику. Стоимость электропередачи УВН значительно возрастает с повышением рабочего напряжения и тем самым ограничивает его целесообразный верхний предел.

В Италии, где широко используются сети на 400 кВ, планируется в дальнейшем строить линии на 1050 кВ. Причины такого решения не ясны. Даже при значительном возрастании потоков мощности протяженность линий в Италии не может быть большой, в силу этого стоимость оборудования подстанции имеет определяющее значение.

По-видимому, предполагается, что в процессе намеченных обширных исследований, для которых уже построены крупные установки, появится возможность существенно удешевить все элементы линий электропередачи УВН.

Оборудование для линий на 750 кВ изготавливается в Англии, Италии, Канаде, России, США, Франции, Германии, Швейцарии, Швеции и частично в Венгрии. Ряд фирм этих стран предполагает также принять участие в поставках оборудования для линий УВН.

Значительный интерес представляет опыт эксплуатации электрических линий в Финляндии. К его положительным результатам следует отнести хорошо оправдавший себя опыт существенного сокращения номенклатуры применяемых проводов. Конечно, условия России значительно отличаются от условий Финляндии, однако очень широкий ассортимент проводов, принятый новым стандартом, вряд ли оправдан.

Стандартизация проводов. С точки зрения строительства и ремонта выгоднее применять по возможности однотипные провода. Линии на 400 кВ обычно выполняются сталеалюминиевыми проводами 72/565 мм² в пучках из двух или трех штук. В сети на 110 кВ чаще используются одиночные или двойные сталеалюминиевые провода 39/305 мм², а на линиях с малыми нагрузками – сталеалюминиевые провода 25/152 мм². Даже такое грубое классифицирование поперечных сечений проводов оказывается экономически оправданным.

Серьезные исследования фундаментов опор проводились в Швейцарии: сопоставлялись фундаменты из сборного железобетона, подобные применяемым в России, со шпальными. В последних необходимое число шпал соединяется между собой металлическими балками и нога опоры прикрепляется к этим балкам. Предпочтение было отдано шпальной конструкции, как существенно более дешевой. Такой вывод заслуживает внимания. Шпальные фундаменты широко распространены в Швеции и Канаде, Норвегии и Финляндии, т. е. во всех странах, богатых лесом. Учитывая, что шпалы, заложенные в грунт, мало подвергаются гниению, а также то, что в пропитке древесины достигнуты значительные успехи, следует рассмотреть целесообразность применения шпальных оснований для линий электропередачи в Сибири и на севере европейской части России.

Большой интерес представляет оригинальный способ предупреждения пляски расщепленной фазы, разработанный совместно инженерами Бельгии, Нидерландов и Германии.

Способ основывается на известном положении, что особая подверженность интенсивной пляске расщепленных фаз обуславливается невозможностью закручивания сводов между распорками, что, естественно, приводит к нарастанию одностороннего гололеда или изморози, т. е. обледенелый провод приобретает форму крыла с большой подъемной силой. Так как форма осадки вдоль всего пролета примерно одинаковая, силы, действующие на каждый отрезок провода, совпадают, и пляска приобретает наиболее опасную форму полуволны с максимумом в середине пролета.

Закручивание одиночных проводов в целых пролетах приводит к образованию иной формы осадки: на большей части своей длины обледенелый провод приобретает форму овала и лишь на его концах отложения льда односторонние. В результате подъемная сила оказывается слабее и возникает не на всей длине провода. Соответственно и пляска проявляется слабее или даже не возникает.

Таким образом, именно расщепленная фаза чаще подвергается пляске, причем в самой опасной форме. С целью ее предупреждения было предложено провода расщепленной фазы распорками не соединять или применять распорки с шарнирным креплением, при котором провод может свободно вращаться в зажиме распорки. Этот оригинальный метод был с успехом реализован на ряде линий.

В отношении синтетической изоляции проводов представляет интерес опыт Египета, где установлено, что даже изоляторы из эпоксидной смолы, т. е. далеко не лучшего синтетического материала, имеют преимущества по сравнению с фарфоровыми при использовании в условиях интенсивного загрязнения. Было бы, однако, неправильно рекомендовать использовать изоляторы из эпоксидной смолы в сильно загрязненных районах. Через 4...6 лет эксплуатации на их поверхности начинают появляться повреждения, так как эпоксидная смола требует специальной защиты от атмосферных воздействий и загрязнений. В настоящее время имеются материалы, успешно работающие в сильно загрязненных районах, в первую очередь это силиконы и некоторые эластомеры.

Большой интерес представляет вопрос о воздействии электрической дуги на изоляторы. Разряды по поверхности гирлянд тарельчатых изоляторов происходят в разных вертикальных плоскостях, т. е. на некоторой части изоляторов дуга горит в одной плоскости, на других — в другой. При этом переход отдельных дуг в одну общую, перекрывающую всю гирлянду, затруднен и требует определенного времени. Опытным путем установлено, что когда плавкие проволочки перекрывают два или три изолятора в гирлянде

из семи изоляторов, шунтирование первоначальных опорных точек происходит не сразу, а лишь через 30 мс. Образование электрической дуги, перекрывающей всю гирлянду, требует около 100 мс. При увеличении длины гирлянд влияние электродинамических сил уменьшается, и электрические дуги, каскадирующие по изоляторам в середине гирлянды, сохраняются дольше. Электрическая дуга с меньшими токами вызывает более сильные повреждения изоляторов, чем дуга с большими токами, так как она позднее отбрасывается от гирлянды электродинамическими силами. Имеют значение также схемы подвода тока к дуге и его отвода. Если схемы симметричны, то ось гирлянды соответствует положению устойчивого равновесия электродинамических сил, и длительность горения местных электрических дуг вдоль гирлянды возрастает.

Проведенные исследования показывают, что существующие защитные устройства изоляторов срабатывают с большим запаздыванием. Как правило, это время больше, времени срабатывания основных защит выключателя. Следовательно, защитная арматура гирлянд не может предотвратить повреждения изоляторов, если только время отключения выключателя не будет сильно затягиваться в силу каких-либо неисправностей. Однако даже в этом случае влияние арматуры будет небольшим для дуги, каскадирующей по изоляторам в средней части гирлянды. Все это усиливает позиции сторонников отказа от арматуры как средства защиты гирлянд от повреждений.

Глава 12. УСТРОЙСТВО И МОНТАЖ ШИНОПРОВОДОВ И ТРОЛЛЕЙНЫХ ЛИНИЙ

12.1. Классификация и устройство шинопроводов

Шинопровод представляет собой устройство из неизолированных или изолированных проводников, изоляторов и конструкций, которые служат для передачи и распределения электроэнергии в производственных помещениях, на территориях промышленных предприятий и т. д.

По сравнению с обычными видами электропроводок шинопроводы, обеспечивая высокую надежность электроснабжения, требуют меньших затрат времени и средств при монтажных работах, а также позволяют производить перемещение электроприемников в цехе при безопасном отсоединении и присоединении их и без перерыва в электроснабжении других электроприемников. Кроме того, они занимают мало места и не требуют особого ухода.

Конструкция шинопровода зависит от размеров шин, их формы и взаимного расположения, а также от типа изоляторов и используемого способа защиты шин от воздействия окружающей среды.

Для питания силовых электроприемников в цехах промышленных предприятий при напряжении до 1000 В применяют следующие шинопроводы:

- закрытые (шины располагаются в сплошном коробе);
- защищенные (шины имеют ограждения из сеток или перфорированных коробов для защиты от возможного прикосновения);
- открытые (шины не защищены от прикосновения и попадания случайных предметов).

В последнее время для монтажа осветительных устройств большой мощности широко применяют осветительные шинопроводы.

Открытые шинопроводы представляют собой неизолированные шины, прокладываемые на изоляторах по опорным конструкциям на высоте не менее 3,5 м от пола и 2,5 м от настилов кранов. При этом должны быть выдержаны нормированные расстояния как между шинами, так и до окружающих их объектов.

Защищенные шинопроводы по сравнению с открытыми имеют следующие преимущества: комплектную поставку, высокую заводскую готовность, небольшие габаритные размеры, ремонтпри-

годность, повышенную надежность при эксплуатации, возможность многократного использования и т.д.

Номенклатура шинопроводов общепромышленного применения приведена в табл. 12.1.

Таблица 12.1

Номенклатура шинопроводов общепромышленного применения

Тип шинопровода	Сила тока, на которую рассчитан шинопровод, А
Магистральные:	
ШМА59-Н	4000
ШМА68-Н	2500; 4000
ШМА73	1600
ШМА79	400; 1000; 1250; 1600; 2000; 3200
Распределительные:	
ШРА-73	250; 400; 630
ШРА-73В	250; 400; 630
ШРМ-75	100
Осветительные:	
ШОС67	25
ШОС73	63
ШОС73А	100
Троллейные:	
ШТМ70	200
ШТМ72	400
ШТМ73	250
ШТА75	250
ШТМ76	100

Примечание. В обозначениях шинопроводов: М – магистральный, Р – распределительный, ОС – осветительный, Т – троллейный, А – с алюминиевыми шинами, М (после Р или Т) – с медными шинами; цифры – год выпуска.

Кроме того, выпускаются магистральные шинопроводы для агрессивных сред гальванических цехов типа ШМА-Х на токи 2500 и 4000 А и шинопроводы постоянного тока типа ШМАД и ШМАДК на токи 1600...6300 А.

Шинопроводы комплектуются из отдельных секций различной конфигурации и назначения.

Секции могут быть прямые, угловые, гибкие, вводные, ответвительные, компенсационные, переходные и подгоночные с унифицированной длиной, кратной 770 мм. Используя секции различных конфигураций и вида, можно получить практически любой шинопровод.

Шинопроводы закрытого и защищенного исполнения подразделяются на магистральные и распределительные.

Магистральные шинопроводы типа ШМА (шинопровод магистральный с алюминиевыми шинами) предназначены для монтажа цеховых магистралей, питающихся от трансформаторных подстанций, и рассчитаны на силу тока 1600...4000 А, т. е. они служат для присоединения распределительных шинопроводов, силовых распределительных пунктов, щитов и отдельных мощных электроприемников.

Секции магистральных шинопроводов состоят из 3, 4, 6 (трех спаренных) алюминиевых прямоугольных изолированных шин, расположенных вертикально и зажатых внутри перфорированного кожуха между специальными изоляторами (рис. 12.1). Магистральный шинопровод может включать в себя прямые и угловые секции с поворотом шин на ребро и плоскость, а также ответвительные вертикальные и горизонтальные (в том числе с автоматами и рубильниками) секции и др. Шины при сборке секций соединяются в основном сваркой внахлест так, чтобы совпадали отверстия для одноболтовых сжимов. Сварка производится по ребрам стыка. Места соединения шин изолируют эпоксидными составами или локотканью ЛЭС-0,15 на клею № 88.

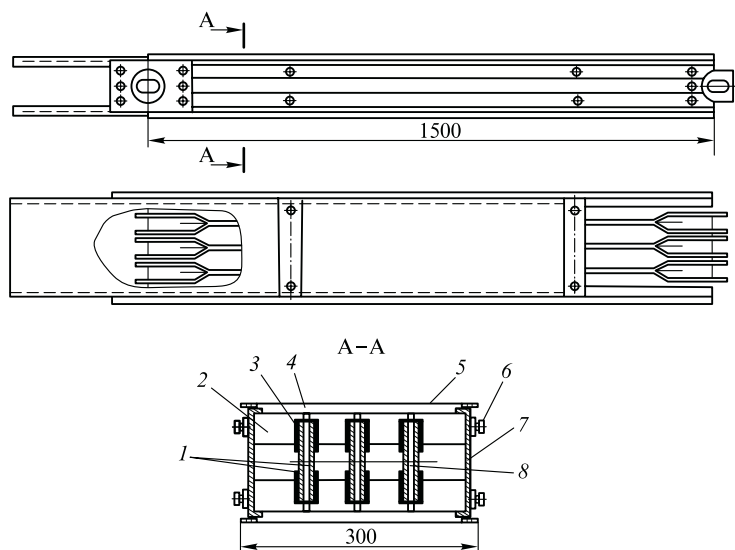


Рис. 12.1. Прямая секция магистрального шинопровода ШМА73:
 1 – фазная шина; 2 – изолятор; 3 – эластичная прокладка; 4 – верхняя крышка; 5 – обойма; 6 – болт; 7 – боковая крышка; 8 – изоляционная перегородка между шинами; 9 – угольник крепления к опорной конструкции

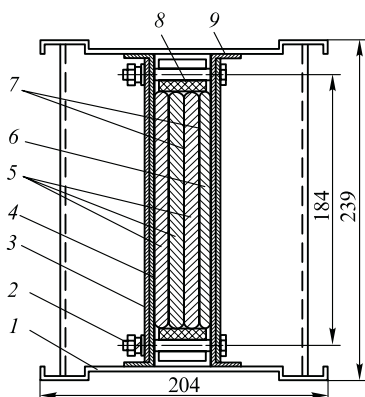


Рис. 12.2. Поперечное сечение пакета шинопровода ШМА79:

1 – нижняя обойма; 2 – крепежный болт; 3 – скоба крепления; 4 – боковина; 5 – фазная шина; 6 – нулевая шина; 7 – изоляция шин; 8 – изоляционная втулка; 9 – верхняя обойма

В шинопроводе ШМА73 кожух состоит из двух боковин двутаврового сечения и верхней и нижней перфорированных стальных крышек. Такой кожух является жестким и несущим. Боковины используются в качестве нулевого провода.

Шинопровод ШМА79 (рис. 12.2) имеет пакетную модульную конструкцию, в которой модулем служит пакет, образованный изолированными шинами вместе с плотно прижатым к ним на всем протяжении секции жестким кожухом.

Двухпакетный шинопровод получают механическим соединением между собой двух модулей. Однопакетные шинопроводы (модули) на разные токи (1000, 1250, 1600 и 2000 А) выполняются в унифицированном кожухе с одинаковыми габаритными размерами, что облегчает выполнение перехода с одного номинального тока на другой в линии шинопровода.

Из модулей на указанные токи komponуются двухпакетные шинопроводы на токи 2500, 3200 и 4000 А.

Соединение шин секций шинопровода ШМА79 выполняется сваркой. При необходимости используют специальную соединительную секцию, состоящую из двух полусекций с одноболтовым сжимом на их стыке. Одна из полусекций имеет открытый паз (вместо отверстия), что облегчает сборку секции (рис. 12.3).

Сварное соединение шин изолируют с помощью специального изолятора – гребенки, укрепляемой на верхней крышке кожуха.

Шинопровод ШМА79 можно использовать в четырехпроводных сетях при напряжениях до 660/380 В. Нулевым проводом в нем является четвертая шина с сечением, равным 50 или 100 % от сечения фазной шины.

В современном производстве в некоторых случаях (для питания, например, электродвигателей главных приводов прокатных станов, электрохимических установок и др.) требуются мощные электрические установки постоянного тока. Для присоединения таких электроприемников, а также для выполнения электрических сетей общепромышленных установок напряжением до 1200 В предназначены магистральные шинопроводы постоянного тока ШМАД-70 и ШМАДК-70, рассчитанные на токи 1600...6300 А. Полюсы таких шинопроводов выполнены из алюминиевых прямо-

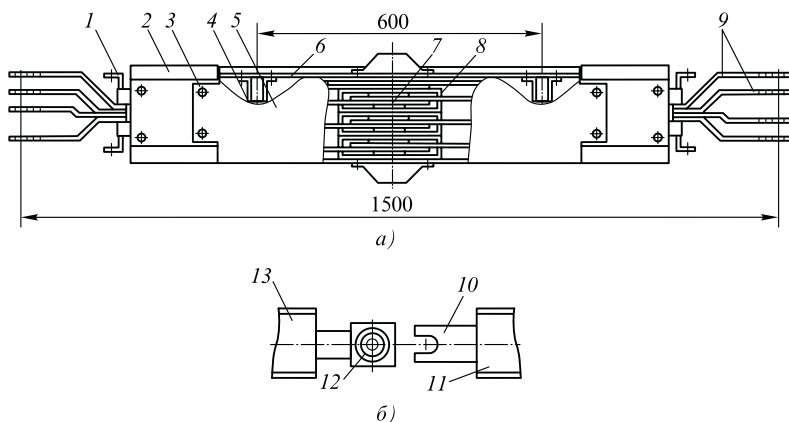


Рис. 12.3. Секция ШМА79 с болтовым сжимом:

а – секция в сборе; *б* – болтовой сжим перед соединением полусекций; 1, 4 – крепежные скобы; 2 – обойма; 3 – крепежный болт; 5 – крышка; 6 – боковина; 7, 12 – болтовые сжимы; 8 – изолятор болтового сжима; 9 – концы жил для сварного соединения; 10 – шина с открытым пазом; 11 – полусекция с открытым пазом; 13 – полусекция с болтовым сжимом

угольных шин. Шины секций соединяются сваркой, а опорные уголки стыкуемых секций – шпильками обойм и дополнительно сваркой.

Распределительные шинопроводы с алюминиевыми шинами типа ШРА предназначены для распределения электроэнергии между электроприемниками. Они выпускаются на номинальные токи 100, 250, 400 и 630 А.

Секции распределительного шинопровода состоят из голых шин, расположенных горизонтально друг над другом внутри сплошного корпуса вдоль его вертикальной оси (рис. 12.4). Шины, зафиксированы в пазах специальных изоляторов. Изоляторы закреплены в окнах корпуса. Таким образом, шины могут перемещаться относительно изоляторов при колебаниях температуры. Нулевая шина внутри корпуса соединена с ним электрически. Распределительные шинопроводы комплектуются из прямых и различных фигурных секций, вводных и ответвительных коробок. Прямые секции имеют по четыре окна с каждой стороны для штепсельного подключения ответвительных коробок. В местах ответвления на алюминиевые шины устанавливают медные накладки – неподвижные контакты штепсельного разъема. Окна закрыты крышками, которые снимают при монтаже ответвлений. Ответвительные коробки оборудуются автоматами, рубильниками, предохранителями, сигнальными устройствами.

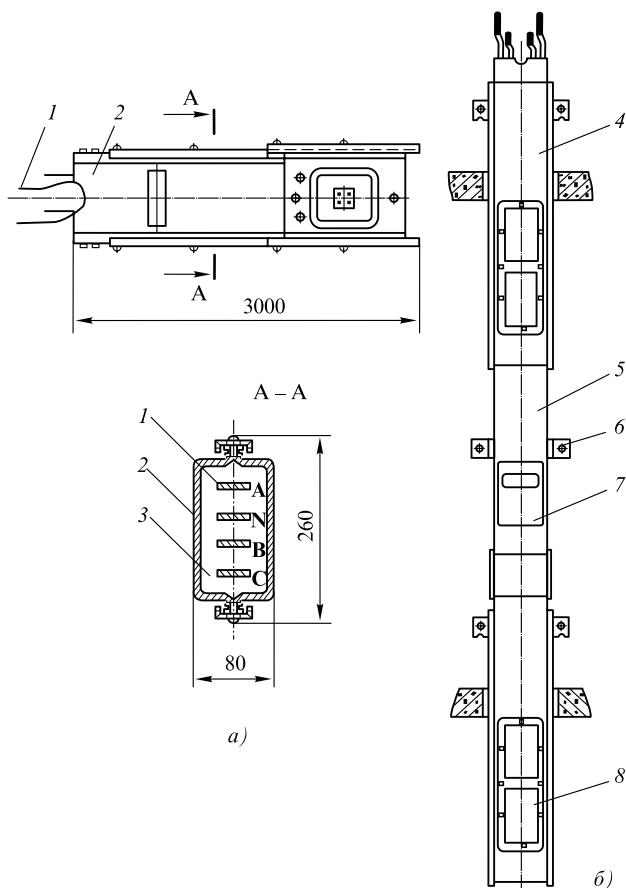


Рис. 12.4. Распределительные шинопроводы:

a – прямая секция ШРА73; *б* – ШРА73В для вертикальной прокладки; 1 – шина; 2 – короб; 3 – изолятор; 4 – универсальная секция; 5 – прямая секция; 6 – кронштейн; 7 – ответвительная коробка; 8 – крышка

На стыках секций шины соединяются внахлест с помощью болтов. Для соединения секций в кожухе шинопровода предусмотрены специальные монтажные окна со съёмными крышками.

На основе шинопровода ШРА73 создан шинопровод для вертикальной прокладки ШРА73В (см. рис. 12.4, б), который применяется в качестве магистрального стояка, т. е. удобен при поэтажном монтаже высотных зданий. Имеющаяся в нем универсальная раздвижная секция, оснащенная двумя огнестойкими перегородками, полностью перекрывает сечение кожуха. Перегородки мож-

но переставлять на 100 мм и располагать их в зоне прохода шинопровода сквозь междуэтажное перекрытие, повышая этим степень его пожаробезопасности.

Раздвижная конструкция универсальной секции позволяет располагать ответвительные коробки на необходимой высоте.

По условиям нагрева шин при вертикальной прокладке их номинальный ток необходимо снизить на 10... 12 %.

Шинопровод ШРМ75 с медными шинами создан на базе шинопровода ШОС73 и предназначен для использования в четырехпроводных сетях с напряжением 380 В, а также в качестве осветительного.

Распределительные шинопроводы крепят так же, как и магистральные: на стойках, кронштейнах, подвесках.

Осветительные шинопроводы (рис. 12.5) применяются в групповых четырехпроводных линиях сетей 380/220 В с нулевым проводом для питания светильников и электроприемников небольшой мощности. В качестве проводников в них используются медные изолированные провода (ШОС67), алюминиевые шины, плакированные медью (ШОС73А), и медные шины (ШОС73).

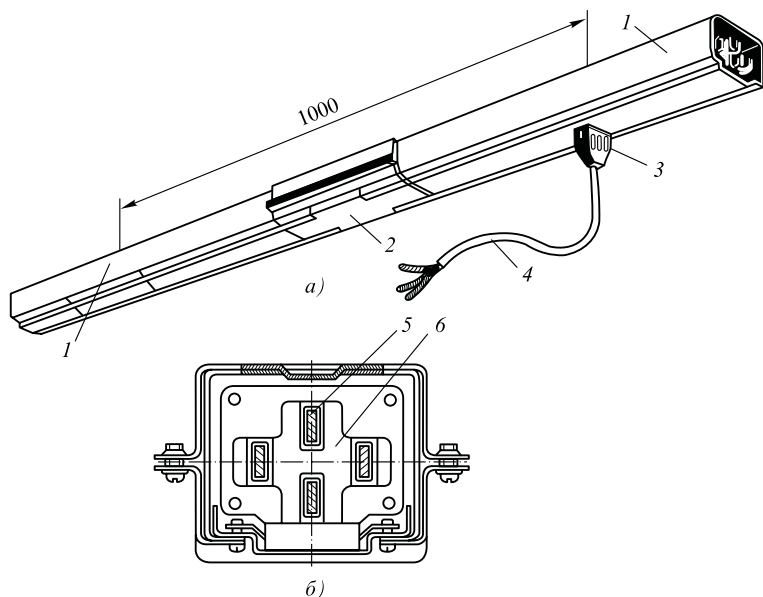


Рис. 12.5. Осветительный шинопровод ШОС73:

а – общий вид; *б* – штепсельное соединение секций; 1 – прямая секция; 2 – соединительная муфта; 3 – ответвительный штепсель; 4 – провод к светильнику; 5 – гнездо розетки; 6 – изолятор

Шинопровод представляет собой стальной штампованный короб с проложенными внутри медными изолированными проводниками сечением 6 мм и пофазной расцветкой. В комплект шинопроводов входят прямые, угловые, вводные и гибкие секции, ответвительные штепсели и торцовые заглушки. Прямые секции длиной 0,5; 1,5 и 3 м и фигурные секции соединяются между собой четырехполюсными штепсельными разъемами. Для чего на одном конце секции устанавливается штепсельная соединительная розетка, а на втором – клипсы, скрепляющие концы проводов со снятой изоляцией в четырехполюсный штепсель. Соединение проводов секций – штепсельно-винтовое, т.е. после того как штепсель одной секции вставлен в розетку, в других секциях затягивают винтами штепсельные контакты. Механическое соединение секций выполняется соединительными муфтами.

На прямых секциях снизу через каждые 500 мм смонтированы штепсельные гнезда, закрытые откидными крышками, которые служат для подключения светильников штепсельной вилкой. Короб каждой секции заземляется с помощью нулевого провода.

Вводные секции шинопровода имеют коробку с зажимами для присоединения ее к источнику питания; зажимы рассчитаны на двойной номинальный ток, что позволяет устанавливать коробку в середине линии.

Гибкие секции длиной 1 и 1,6 м выполняются в металлорукаве с проводами, соединенными со штепсельной розеткой на одном конце и вилкой на другом. В гибкой секции шинопровода ШОС73 участок длиной 1,1 м представляет собой металлорукав, в котором проложены четыре провода сечением 25 мм². Вводная секция имеет коробку с зажимами для присоединения алюминиевых или медных проводов сечением до 50 мм². Гибкие секции используются при переходах с одного уровня на другой, для выполнения обходов и поворотов, а также переходов через швы (температурные и осадочные).

Шинопроводы крепятся на стенах, колоннах, фермах, перекрытиях, стойках. Часто в качестве несущих конструкций используются распределительные шинопроводы или специальные несущие трубы. Светильники подвешивают к несущим конструкциям или непосредственно к осветительным шинопроводам. При этом общая нагрузка на 1 м шинопровода ШОС73 при максимальном пролете 3 м должна составлять не более 20 кг, а на 1 м шинопровода ШОС67 при максимальном пролете 2 м – 12 кг.

Шинопроводы рекомендуется применять на производствах с изменяющимися технологиями (вызывающими изменение размещения светильников), а также по некоторым конструктивным соображениям, например при совместной прокладке распределительного и ответвительного шинопроводов для люминесцентных све-

тильников, соединенных в непрерывную световую линию. Шинопровод представляет собой выполненную на заводе готовую комплектную осветительную линию, монтаж которой заключается только в сборке и креплении готовых секций и целых установочных участков линии. Наличие штепсельного разъема обеспечивает подключение дополнительных светильников, а также их снятие для ревизии и ремонта без отключения всей группы светильников.

Сети, состоящие из шинопроводов, более совершенны с точки зрения монтажа, эксплуатации и промышленной эстетики. В таких сетях без полного их отключения можно безопасно в любом месте подключать или отсоединять электроприемники, а также менять конфигурацию самих сетей с минимальными затратами времени, труда и материалов. Применение шинопроводов обеспечивает полную индустриализацию монтажа электрических сетей.

Открытые шинопроводы. Распределение энергии к электроприемникам, а также ее подача от трансформаторной подстанции в цеха промышленных предприятий могут выполняться неизолированными шинами, проложенными на изоляторах. Такие шинопроводы, называемые открытыми, по условиям техники безопасности монтируют на высоте не менее 3,5 м.

Открытый шинопровод представляет собой устройство, состоящее из стальных, алюминиевых или медных шин с прямоугольным, коробчатым или трубчатым профилем, прикрепленных болтами или скобами к изоляторам, установленным на кронштейнах, стойках или иных опорных конструкциях. Опорные конструкции таких шинопроводов крепятся к строительным элементам здания (стенам, потолкам, фермам, колоннам).

Троллейный шинопровод ШТА75 служит для питания мостовых кранов, кран-балок, тельферов, а шинопроводы ШТМ76, ШТМ73 и ШТМ72 – для питания электродрелей, электрошлифовальных машин и другого электрифицированного инструмента.

Четырехпроводный шинопровод многоцелевого назначения ШТМ76 разработан для питания приводов подъемно-транспортных механизмов грузоподъемностью до 5000 кг однофазных, трехфазных или постоянного тока, однобалочных кранов и электрифицированных инструментов. В него кроме прямых входят угловые 30, 40, 45, 50, 66 и 90°, присоединительные, компенсационные, разделительные и концевые секции, а также специальные секции для оборудования стрелок однорельсовых дорог и ввода кареток.

Прямая секция троллейного шинопровода (рис. 12.6) представляет собой стальной короб 5, к верхней крышке которого через одинаковые расстояния по всей его длине крепятся съемные изоляторы 4, сжимающие три или четыре голых медных провода с фигурным сечением (троллей) таким образом, что они вдаются внутрь короба. Концы троллеев 2 выводятся из коробов секций

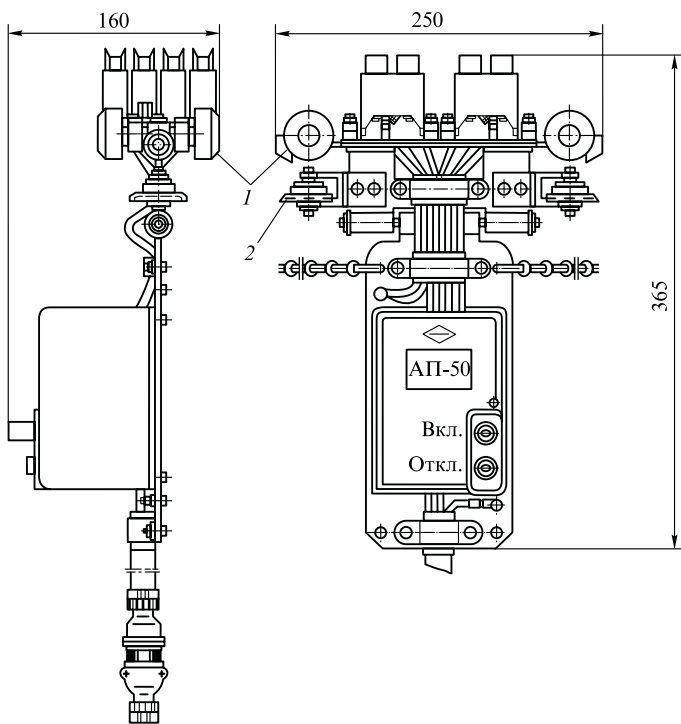


Рис. 12.7. Каретка троллейного шинпровода:

1 – ходовой ролик; 2 – распорный ролик

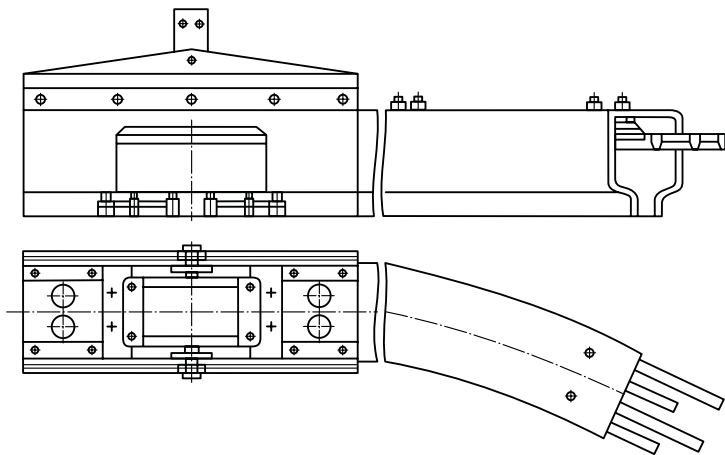


Рис. 12.8. Угловая секция троллейного шинпровода

800, 1200 и 1400 мм, что позволяет собрать шинопровод на трассе любой формы.

Применение троллейных шинопроводов значительно уменьшает расход металла и трудовые затраты при монтажных работах по сравнению с использованием открытых шинопроводов.

Троллейные линии, служащие для питания подвижных подъемно-транспортных механизмов (кранов, кран балок, электроталей), представляют собой трехфазные токопроводы, проложенные вдоль подкрановых путей. В качестве токопроводящих контактных проводников в них применяются стальные шины из угловой стали, установленные на специальных троллейных изоляторах.

Вопросы для самоконтроля

- I. 1. Каковы преимущества шинопроводов перед другими электропроводками?
2. Каково назначение шинопроводов?
3. В каком исполнении могут быть шинопроводы?
4. В чем заключаются конструктивные особенности шинопроводов?
- II. 1. Что представляют собой открытые шинопроводы?
2. Что представляют собой защищенные шинопроводы?
3. Какова номенклатура шинопроводов?
- III. 1. Поясните назначение и конструкцию магистральных шинопроводов.
2. Поясните назначение и конструкцию распределительных шинопроводов.
3. Поясните конструкцию и назначение осветительных шинопроводов.
4. Что представляют собой и для чего предназначены троллейные шинопроводы?

12.2. Монтаж шинопроводов

Монтаж шинопроводов включает в себя две стадии: подготовку трассы и прокладку шинопровода.

Выполнение шинопроводов из типовых секций при наличии в номенклатуре заводских поставок всех соединительных и ответвительных элементов, крепежных и опорных конструкций и деталей позволяет заблаговременно осуществлять комплектацию и сборку укрупненных блоков и линий шинопроводов в мастерских независимо от строительной готовности здания.

Подготовка трассы для прокладки шинопровода состоит из разметочных, пробивных и крепежных работ. Разметку выполняют с соблюдением нормированных расстояний.

Вторая стадия монтажа включает в себя подъем, подвеску, стыковку и закрепление секций шинопровода. После установки и за-

крепления блоки соединяют сваркой либо болтовыми сжимами. Далее присоединяют шинопровод к питающим цепям и монтируют цепи заземления.

При монтаже шинопроводов на токи выше 1500 А необходимо: снизить потери в шинодержателях, арматуре и стальных конструкциях от воздействия магнитных потоков, выполняя отдельные детали крепежных и опорных конструкций и шинопроводов из немагнитных материалов или создавая на пути магнитного потока воздушные зазоры;

предотвратить образование замкнутых контуров при заземлении кожухов, изолируя отдельные их секции друг от друга; при этом каждую секцию заземляют только в одной точке опоры и изолируют от конструкций в остальных местах крепления.

Пересечения шинопроводами температурных или осадочных швов строительных конструкций, а также проходы их по участкам, где могут возникнуть опасные механические напряжения (например, вследствие температурных изменений или сильных вибраций), осуществляются при помощи компенсаторов.

Неразъемные соединения секций шинопроводов, как правило, выполняются сваркой с использованием дугового разряда.

Строительные конструкции, на которых устанавливаются шинопроводы, должны быть из прочных негорючих материалов. Проход шинопроводов сквозь стены и перекрытия осуществляется через проемы или изоляционные плиты. При выходе открытого шинопровода через перекрытие его токопроводящие части, расположенные на стене, должны быть надежно закрыты глухим коробом на высоте не менее 3,5 м; короб должен быть заземлен. Высота установки от уровня пола в производственных помещениях, доступных для не инструктированного персонала, должна быть не менее 3,5 м для открытых шинопроводов внутренней установки и 2,5 м – для защищенных шинопроводов. Высота установки закрытых шинопроводов не нормируется. Внутри помещений расстояние от открытых шинопроводов до ближайших трубопроводов должно быть не менее 1 м, а до технологического оборудования – не менее 1,5 м. Для закрытых шинопроводов эти расстояния не нормируются.

Монтаж открытых шинопроводов. Монтаж начинают с разметки трассы. Разметку выполняют с подмостей, лесов или телескопических вышек при помощи стальной рулетки и шаблонов. Трассу прокладывают так, чтобы на ее пути не было цеховых коммуникаций в виде трубопроводов и вентиляционных коробов, так как выполнить обход шинопроводом подобных препятствий довольно сложно.

Опорные конструкции для крепления открытых шинопроводов размещают на одной высоте от пола и на одинаковых расстояниях друг от друга, определяемых проектом.

Для изоляции шин от опорных конструкций применяются фарфоровые опорные (рис. 12.9) или специальные троллейбусные изоляторы серии К700, а также изоляционные клицы, состоящие из двух пластин с вырезами для одной шины или целого пакета.

Для закрепления шины на изоляторе в ней высверливают отверстие под крепежный болт с пружинной шайбой. Такой простой способ крепления имеет существенный недостаток: в месте, где высверлено отверстие, уменьшается площадь поперечного сечения шины. Наиболее совершенный метод крепления шины — это установка шинодержателей, удерживающих одну или несколько параллельно проложенных шин и не требующих дополнительных слесарных работ.

Если открытый шинопровод с алюминиевыми шинами имеет длину более 15 м, то для компенсации температурных удлинений должны применяться шинные компенсаторы. В шинопроводах, рассчитанных на большие токи, каждую фазу выполняют из двух, трех или четырех шин, собранных внакат.

Открытые шинопроводы прокладывают по стенам на кронштейнах, а по потолкам — на подвесках или мостовых конструкциях. Для защиты их от посторонних предметов и для предупреждения

прикосновения к ним применяют сетчатые ограждения, которые можно снимать при ремонтных работах.

Открытые шинопроводы монтируются в следующем порядке. В соответствии с разметкой устанавливаются металлоконструкции с изоляторами, на которых, в свою очередь, прокладываются и закрепляются шины, а затем шины присоединяются к источникам тока и электроприемникам.

Металлоконструкции для шинопроводов изготавливают в МЭЗ, устанавливают на них изоляторы, шинодержатели или клицы, доставляют на монтажные объекты и крепят пристреливанием, вмазыванием или приваркой к закладным деталям.

Шинные полосы заготавливают также промышленным

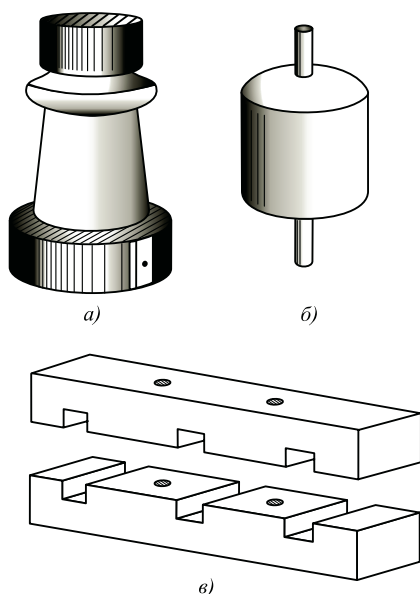


Рис. 12.9. Изоляторы:

a — опорный; *б* — троллейбусный; *в* — клица

методом в МЭЗ, где их обрабатывают, изгибают и соединяют в плети.

В МЭЗ прямоугольные алюминиевые шины размером до 100×10 мм режут специальными ножницами. Алюминиевые шины с большими сечениями и профильные режут на шинорезных станках или обычной слесарной ножовкой. Соединяют прямоугольные шины внахлестку двумя болтами при их ширине до 60 мм и четырьмя болтами при ширине 80 мм и более. Участок болтового соединения алюминиевых шин предварительно обрабатывается под слоем вазелина на шинофрезном станке или драчевым напильником для создания надежного контакта. На болт под головку и под гайку надевают пружинящие шайбы. Но болтовые соединения алюминиевых шин недостаточно надежны, так как в процессе эксплуатации нередко отдельные их участки нагреваются настолько сильно, что возникает необходимость переборки соединения. Более надежным способом соединения шин является электродуговая сварка постоянным или переменным током, а также аргонодуговая сварка.

Сварные соединения шин с прямоугольным, коробчатым и трубчатым профилями показаны на рис. 12.10. Сварка шин производится в специальных приспособлениях перед или, при наличии необходимых условий, после установки шин на опорных конструкциях.

Для шинопроводов допускается применять алюминиевые шины с сечением не менее 120 мм^2 и толщиной не менее 5 мм. Легкие шинопроводы (с сечением алюминиевых шин не более 40×5 мм) изготавливают комплектно в МЭЗ со всеми электросварными ответвлениями, опорными конструкциями, изолирующими деталями,

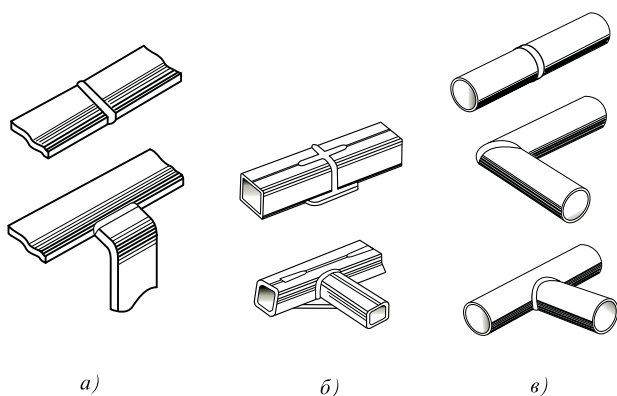


Рис. 12.10. Сварные соединения шин с прямоугольным (а), коробчатым (б) и трубчатым (в) профилями

натяжными устройствами, секционными отключающими аппаратами и др. Комплект шин маркируют пофазно, наматывают на специальных приспособлениях в бухты диаметром около 2 м и в таком виде доставляют к месту монтажа.

Сначала производят установку концевых и промежуточных опорных конструкций. Затем с помощью электрической лебедки разматывают шины с кассеты и натягивают их поверх нижнего пояса ферм, прикрепив конец шины к тяговому тросу лебедки. Во избежание повреждения шин от трения о поверхность ферм на промежуточных опорных конструкциях устанавливают раскаточные ролики.

Установку начинают со средней шины. Закрепив один конец ее на изоляторе с помощью концевого шинодержателя, а второй – в натяжном устройстве, производят предварительное натягивание шины в анкерном пролете.

Натяжное устройство используют также в процессе эксплуатации шинопровода для подтягивания шин, растягивающихся с течением времени вследствие текучести алюминия.

Перед размоткой и натягиванием одной из крайних шин концы натяжных конструкций укрепляют оттяжками во избежание перекоса и поломки их от больших крутящих моментов. Размотку и предварительное натягивание крайней шины производят так же, как и средней. Затем раскатывают вторую крайнюю шину, причем концы натяжных конструкций дополнительно укреплять не требуется (возникновению крутящих моментов препятствует раскатанная первая крайняя шина). После этого снимают раскаточные ролики и укладывают шины в шинодержатели, устанавливают шинные распорки и производят окончательное натягивание шин с помощью натяжных винтов концевых шинодержателей. В шинодержателях, установленных на промежуточных конструкциях, шины должны свободно перемещаться вдоль линии.

Анкерные натяжные крепления делают по концам магистрали, а также при переходе токопровода через температурные швы здания и в местах установки секционных разъединителей.

Спуски от шинопровода к электроприемникам выполняют кабелями или проводами, проложенными в трубах и металлорукавах. Сквозь стену и перекрытие шинопровод пропускают через разборную изоляционную плиту, закрывающую проем.

После окончания монтажных работ шины и шинодержатели повторно окрашивают: фазу *A* – в желтый цвет, фазу *B* – в зеленый и фазу *C* – в красный. В шинопроводах постоянного тока положительную шину окрашивают в красный цвет, а отрицательную – в синий. Слой краски также защищает шины от коррозии и способствует их улучшенному охлаждению (теплоотдача окрашенных шин значительно выше). Если фаза шинопровода состоит из одной

шины, ее окрашивают со всех сторон, а в пакетах окрашивают только внешние поверхности шин. Не окрашивают болтовые соединения, а также участки, предусмотренные для присоединения переносных или постоянных заземлителей (эти участки по краям окаймляют полосками, нанесенными черной краской). В шинопроводах, а также в распределительных устройствах красная шина должна находиться ниже других и дальше от стены, а зеленая — посередине.

Монтаж открытых троллейных магистралей. Для монтажа открытых троллейных магистралей используются унифицированные кронштейны (рис. 12.11) с установленными на них изоляторами *1* и троллеедержателями *2*. Кронштейны крепятся непосредственно к стенам или подкрановым балкам болтами или привариваются к закладным деталям (в случае, если подкрановые балки стальные). Для компенсации температурных удлинений шин между отдельными секциями магистрали при монтаже длинных участков (от 30 м) применяются шинные компенсаторы. Наличие напряжения на троллейной линии определяется по троллейному светофору (рис. 12.12), который состоит из трех сигнальных ламп, смонтированных на стальной стойке *1* и защищенных цветными стеклами *2*. Для подключения светофора к троллеям служит соединительная коробка *3*. От сигнальных ламп не требуется создания большой освещенности, поэтому для увеличения срока их службы последовательно с каждой лампой включается резистор с сопротивлением 300 Ом (см. рис. 12.12, б).

Монтаж троллейных магистралей начинают после того, как строительство здания полностью закончено и смонтированы под-

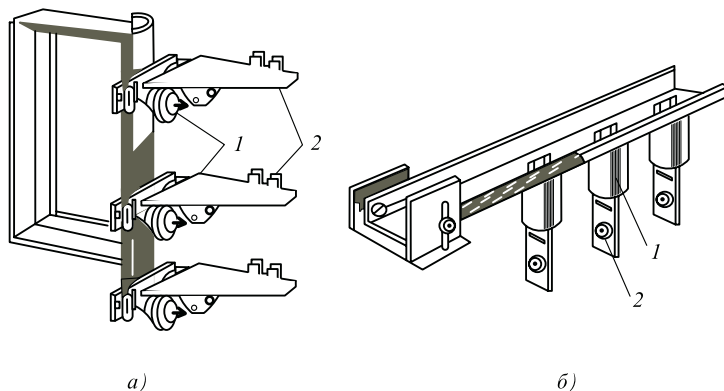


Рис. 12.11. Кронштейны для троллейных магистралей:

а — вертикальный; *б* — горизонтальный; *1* — изолятор; *2* — троллеедержатель

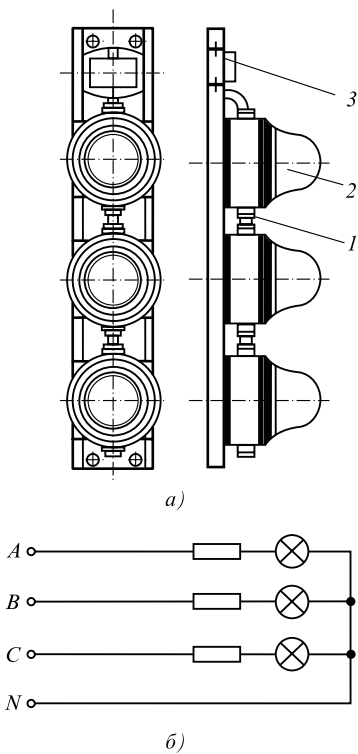


Рис. 12.12. Троллейный светофор:
а – конструкция; *б* – схема включения; 1 – стойка; 2 – защитное стекло; 3 – соединительная коробка

на кронштейне устанавливаются электролебедка 4 для подъема блоков и сварочный трансформатор 3.

Монтаж троллейных шинопроводов. Троллейные шинопроводы прокладывают на стенах, бетонных и металлических колоннах, подкрановых балках, а также вдоль монорельсов, двутавровых балок, конвейеров и крепят к несущим конструкциям соединительными муфтами через каждые 3 м. Промежуточную подвеску применяют для дополнительного крепления угловых секций. Монтажные конструкции для крепления шинопроводов поставляются комплектно заводами-изготовителями.

Сборка троллейных шинопроводов производится на козлах. Шинопроводы комплектуются в блоки длиной 9...12 м (три-четыре секции). Поднимать более крупные блоки не рекомендуется, так как это может привести к перекосу секций и образованию порогов между троллеями.

крановые балки и рельсы. Заготавливаются троллейные блоки в МЭЗ по шаблонам или на кондукторах. Кондуктор для сборки троллеев (рис. 12.13) состоит из сварной стальной рамы 1, которая опирается на приваренные к ней подрамники 2. На раме смонтированы струбцины для удержания элементов блока при сборке. В промежуточных струбцинах 4 зажимают шаблоны 3, по которым выполняется сборка блока, а с помощью средней и крайних струбцин 5 конструкции блока троллеев крепят на стене при установке магистрали. Закрепив элементы блока 6, устанавливают в нем троллеи 7.

Готовый троллейный блок помещают в специальную кассету, доставляют к месту установки, лебедками поднимают на нужную высоту и монтируют с автовышек, монтажных тележек или автогидроподъемников. Монтажная тележка 2 (рис. 12.14) с ящиком 1 для хранения инструмента крепится на металлоконструкциях мостового крана. Над ней на

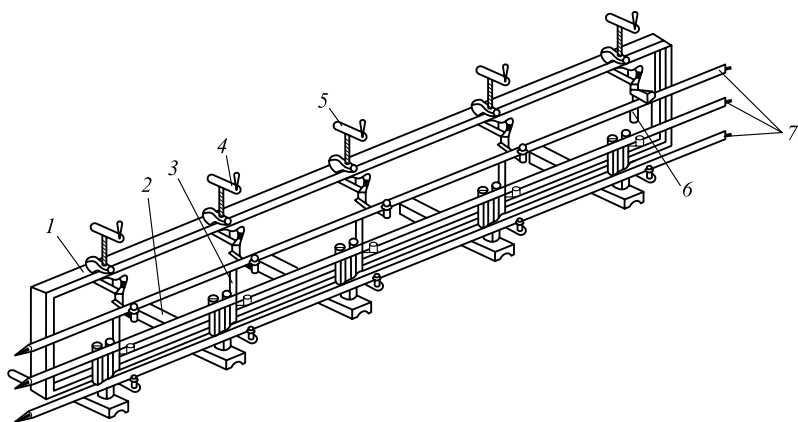


Рис. 12.13. Кондуктор для сборки троллеев в блоки:
 1 – рама; 2 – подрамник; 3 – шаблон; 4, 5 – струбцины; 6 – элемент блока;
 7 – троллей

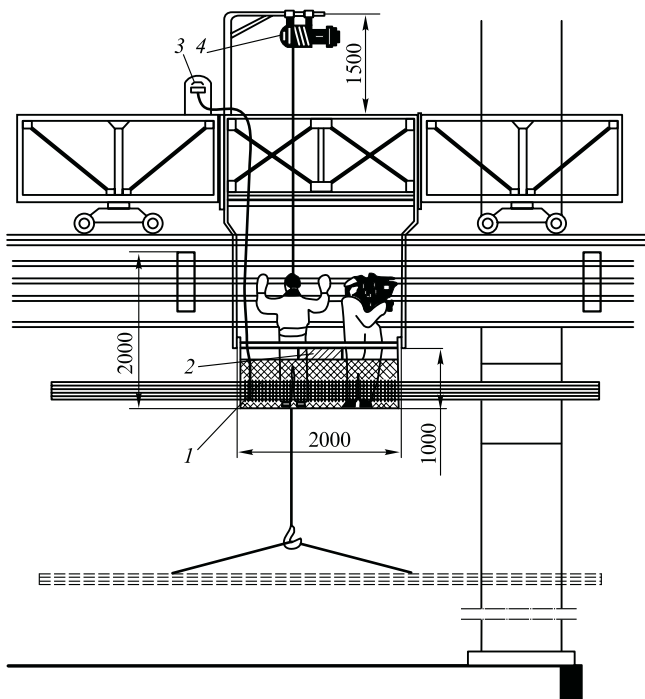


Рис. 12.14. Монтаж крановых троллеев:
 1 – тележка; 2 – ящик; 3 – сварочный трансформатор; 4 –
 электролебедка

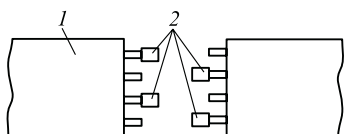


Рис. 12.15. Расположение шин при стыковке секций троллейного шинопровода:

1 – шинопровод; 2 – соединительный зажим

Сборка блоков производится в следующем порядке:

проверив размеры выступающих концов троллеев (рис. 12.15), на длинные их концы натягивают соединительные зажимы и выполняют стыковку;

к нулевому троллею прикрепляют заземляющую перемычку;

устанавливают соединительную муфту, тщательно проверив стыковку рабочих плоскостей короба, на котором перемещаются ролики каретки токосъема;

после закрепления соединительной муфты устанавливают крышку и соединяют с ней заземляющими перемычками короб шинопровода в месте подключения питания и на концах линии.

Поднимают блоки или секции шинопровода на крепежные конструкции с помощью мостовых или автомобильных кранов, электрических или ручных рычажных лебедок, самоходных выдвигных подмостей, гидравлических платформ или подъемников, а также автопогрузчиков со специальными приставками.

Подъем шинопровода на проектную отметку лебедкой выполняется следующим образом:

подъемный ролик закрепляют по центру над местом установки шинопровода (при невозможности жесткого крепления ролик фиксируется оттяжками);

тяговой трос закрепляют по центру траверсы с блоком шинопровода и пропускают через подъемный ролик;

к концам траверсы привязывают веревки, которыми с нулевой отметки корректируют положение блока.

Крепятся троллейные шинопроводы к кронштейнам (рис. 12.16) соединительными муфтами или с помощью промежуточных подвесок, установленных непосредственно на коробе. Промежуточные подвески применяются также и для временного крепления (фиксации) шинопровода при монтаже. Затем, установив вводные каретки токосъемника, проверяют легкость их передвижения по всей троллейной линии.

Чтобы уменьшить потери напряжения, троллеи из стали обычно дополняют устройством подпитки из алюминиевых шин, прокладываемых параллельно троллеям. При этом стальная часть выполняет функции токосъема.

Стальные троллеи и алюминиевые подпиточные шины соединяют через каждые 1,5 м сталеалюминиевыми планками: стальную часть планки крепят к стальному троллею, а алюминиевую – к подпиточной шине.

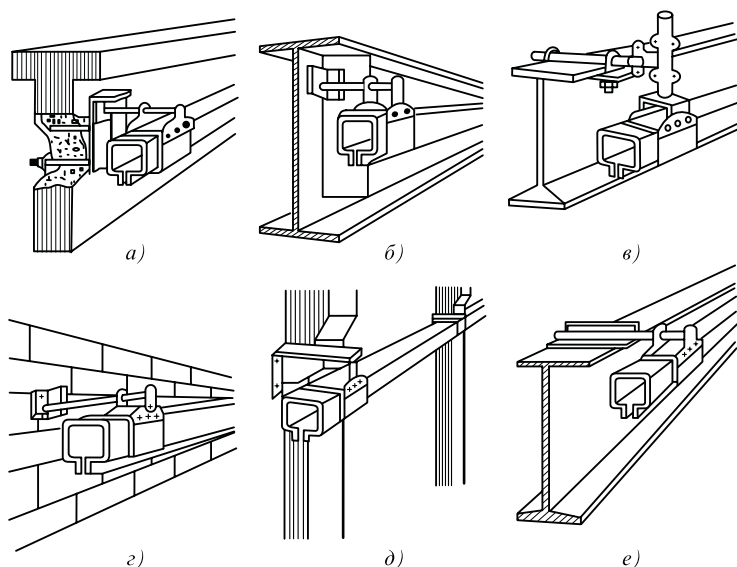


Рис. 12.16. Крепление шинопроводов с помощью кронштейнов:
a – на железобетонных блоках; *б* – на металлических балках; *в, е* – при прокладке вдоль монорельса; *з* – при прокладке вдоль стены; *д* – при прокладке вдоль стены с колоннами

На линиях большой протяженности примерно через каждые 36... 40 м в местах переходов через температурные швы устанавливают тепловые компенсаторы. В средней точке между двумя компенсаторами троллей закрепляют неподвижно. На остальных держателях должна быть обеспечена возможность их продольного перемещения.

Подвод электроэнергии к троллеям выполняется через специальную вводную секцию. На вводах, питающих троллеи, устанавливаются автоматические выключатели; коммутирующие аппараты ввода оборудуются приспособлением, обеспечивающим их запирание в отключенном положении.

Троллеи после прокладки окрашивают. Рекомендуется применять те же цвета, что и при ошиновке (желтый, зеленый, красный). Поверхность токосъема троллеев не окрашивается.

Монтаж закрытых и защищенных шинопроводов. Закрытые и защищенные шинопроводы монтируются укрупненными блоками, предварительно собранными в МЭЗ. Магистральные шинопроводы обычно комплектуются в блоки длиной до 12 м из трех-четырех секций по 3 м или из двух секций по 4,5 м. В соответствии с разбивкой трассы шинопровода секции сваривают или соединяют болтовыми сжимами.

Для выполнения разъемного соединения секций или блоков используют болтовой сжим (рис. 12.17), состоящий из шпильки 2, которая проходит сквозь изолятор 10 и имеет две гайки – большую 1 и малую 11. Соединяемые шины фиксируют в нужном положении круглыми изоляторами 9 и шайбами 8 и 7. Для изоляции опорной шайбы 4 служит специальный изолятор 5 на гетинаксовой прокладке 6. Тарельчатые пружины 3 предотвращают ухудшение электрического контакта, вызываемое текучестью алюминия.

Сварка шин производится подобно сварке алюминиевых проводов с большими сечениями. Концы шин зачищают металлической щеткой, соединяют внахлестку и зажимают в таком положении в специальных устройствах – кондукторах. Электродом при сварке служит круглый угольный стержень диаметром 16 мм или угольный стержень с квадратным сечением 18×18 мм. Присадочные прутки применяют специальные или нарезают из алюминиевой проволоки диаметром 10 мм. Перед сваркой их покрывают флюсом марки ВАМИ. После сварки место соединения изолируют стеклотканью или лакотканью с использованием эпоксидного компаунда.

В последнее время в опытном порядке в месте сварки шин устанавливают также специальные пластмассовые пеналы.

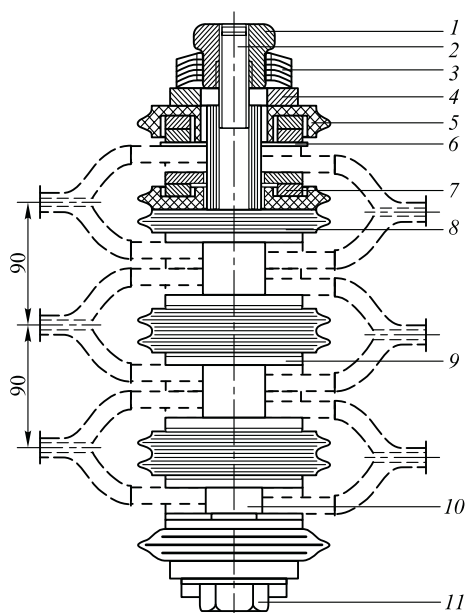


Рис. 12.17. Болтовой сжим:

1, 11 – гайки; 2 – шпилька; 3 – пружина; 4 – опорная шайба; 5, 9, 10 – изоляторы; 6 – гетинаксовая прокладка; 7, 8 – шайбы

Лакоткани – это гибкие рулонные материалы, состоящие из какой-либо тканевой основы, пропитанной электроизоляционным лаком.

Тканевая основа может быть хлопчатобумажной, шелковой, капроновой и стеклянной (из стеклянного волокна). Лак после отвердевания образует на лакоткани гибкую липкую пленку, которая обеспечивает высокие электроизоляционные свойства, а тканевая основа придает ей механическую прочность.

Использование в качестве пропитки эпоксидного компаунда обеспечивает и высокие электроизоляционные свойства, и монолитность лакоткани после отвердевания, т. е. высокую механическую прочность. Отличаются также компаунды высокими нагревостойкостью, холодостойкостью и влагостойкостью.

После завершения основных строительных работ и приемки помещения укрупненные блоки шинопровода доставляют на место монтажа на автомашине с прицепом. При этом секции или блоки укладывают на специальном трайлере в один ряд опорными уголками вниз. Укладка в два ряда производится только при транспортировке в специальных контейнерах. Укладка секций или блоков навалом не допускается.

Разметка трассы прокладки шинопровода и мест установки опорных конструкций производится в соответствии с рабочими чертежами с помощью гидростатического уровня и отвеса или с помощью нивелира по отметкам чистого пола, перекрытий ферм, балок и других строительных конструкций. Отметки строительной части дает строительная организация.

Монтаж магистральных шинопроводов. Магистральные шинопроводы прокладывают по фермам, колоннам, стенам и балкам или на стойках, установленных на полу, или подвешиваются под перекрытием.

Для прокладки шинопроводов по стенам и потолкам применяются кронштейны (рис. 12.18, *а*), снабженные крепежными зажимами. К стенам кронштейны крепятся дюбелями с распорной гайкой, а к колоннам — охватывающими хомутами. Если расстояние между колоннами превышает 3 м, при монтаже шинопроводов используют подвесы (рис. 12.18, *б*), которые крепятся к потолку или ферме с помощью вертикальных спусков или растяжек. К стойкам (рис. 12.18, *в*), позволяющим проложить шинопровод в любом направлении на удобной для монтажных и ремонтных работ высоте, он крепится на закладных болтах М16, закладных рамах и т. д.

Монтаж начинают со сложных узлов: вертикальных участков или присоединительных секций на подходах к комплектным трансформаторным подстанциям (КТП). Вертикальные участки начинают монтировать с нижней угловой секции, наращивая шинопровод вверх до отметки верхнего горизонтального участка. Горизонтальные (прямые) участки шинопровода, секции с компенсатором и подгоночные секции монтируют в последнюю очередь. Обычно в цехе устанавливают несколько КТП, и магистральные шинопроводы между ними соединяются через секционные автоматические выключатели. При этом очень важно обеспечить фазировку соединяемых шинопроводов и чередование фаз с помощью специальных секций, установленных на подходе к КТП.

После выверки установки опорных конструкций по струне и уровню смонтированные блоки шинопроводов осторожно поднимают автокранами, мостовыми кранами или лебедками, а крепление их, сборку и сварку стыков выполняют с автогидроподъемников, автовышек, самоходных подмостей или мостового крана.

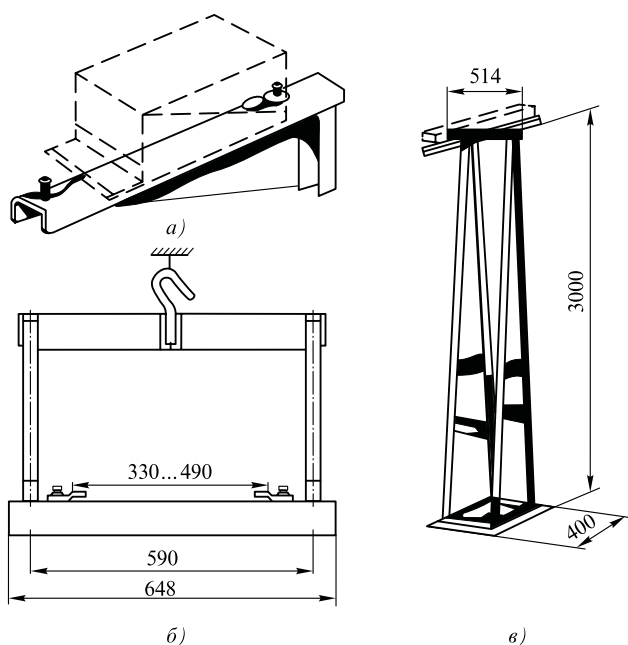


Рис. 12.18. Опорные конструкции для магистральных шинопроводов:

a – кронштейн; *б* – тросовый подвес; *в* – стойка

Блоки длиной до 7,5 м поднимают с помощью специальных строп, а для подъема блоков большей длины используют траверсу (рис. 12.19), состоящую из швеллера или стальной трубы *1* с постоянными тросами *2*.

При использовании автогидроподъемника к нижнему поясу ферм крепят монтажный ролик, через который пропускают трос лебедки. К концу троса крепят траверсу с укрепленным на ней блоком. Лебедкой управляют с пола. Концы блока удерживают от разворота с помощью веревочных оттяжек.

При монтаже с мостового крана на его настиле оборудуют монтажную площадку с ограждением. К ферме перекрытия крепят монтажный ролик, через который пропускают трос электролебедки, устанавливаемой на мосту крана. Если шинопровод устанавливают ниже нижнего пояса ферм, то монтажный ролик крепят в узле этого пояса.

Монтаж также можно выполнять с самоходных подмостей, а при работе в стесненных условиях, например в подвальных помещениях машинных залов, с гидравлической платформы, оборудованной электроприводом.

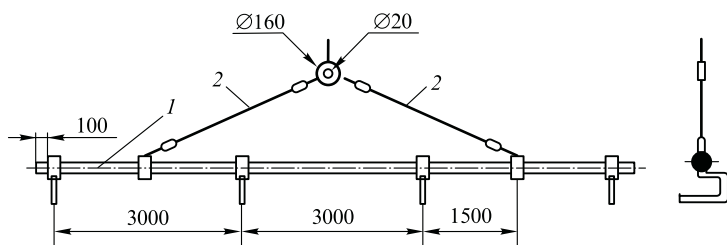


Рис. 12.19. Траверса для подъема блоков секций шинопроводов:
 1 – стальная труба; 2 – постоянный трос

После подъема и установки блоков производят стыковку смежных секций. При этом опорные уголки секции, являющиеся нулевыми проводами и заземляющей магистралью металлического короба, сваривают между собой, создавая тем самым непрерывную цепь заземления и зануления. На концах соединительных уголков делают вырезы для обеспечения удобства их сварки (рис. 12.20). Крепление секций к опорным конструкциям на горизонтальных участках выполняют прижимами, обеспечивающими возможность

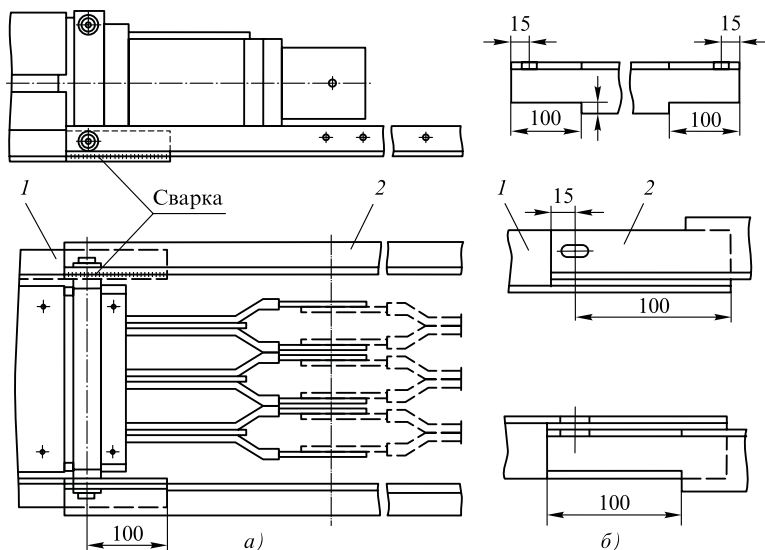


Рис. 12.20. Схема подготовки опорных уголков шинопровода для сварки (а) и деталь (б) для вырезки полок опорного уголка и соединительной перемычки:

1 – опорный уголок секции шинопровода; 2 – перемычка

их продольного перемещения при температурных изменениях. На вертикальных участках шинопровод закрепляют на конструкциях болтами через отверстия, просверленные в опорном уголке.

Шины секций магистральных шинопроводов соединяют болтовыми сжимами или сваркой. Болтовые сжимы устанавливают на присоединенных и тройниковых секциях, а также в местах, где по каким-либо причинам невозможно производство сварочных работ. При этом необходимо учитывать, что болтовые сжимы поставляются в ограниченном количестве. Во всех остальных случаях шины секций соединяют сваркой.

При соединении секций необходимо контролировать положение концов шин: внутренняя поверхность крайней шины с большим плечом изгиба (уткой) одной секции должна прилегать к наружной поверхности крайней шины с меньшим плечом изгиба другой секции. Шины подгоночных секций обрезают вразбежку с концов, не имеющих изгибов.

Монтаж распределительных шинопроводов. Распределительные шинопроводы над полом, на стенах и колоннах прокладывают на специальных опорных конструкциях: стойках, кронштейнах, подвесах (рис. 12.21). Опорные конструкции устанавливают при подготовке и комплектовании секций на расстоянии не более 3 м друг от друга. Секции шинопровода в МЭЗ тщательно осматривают для выявления возможных повреждений, удаляют консервирующее смазывающее вещество с контактных поверхностей токоведущих шин, токоведущих поверхностей коробов секций и корпусов вводных и ответвительных коробок.

После доставки секций на место установки из них собирают блоки длиной до 12 м, поднимают их на опорные конструкции и закрепляют зажимными болтами. При этом нулевая шина должна располагаться сверху. Короба смежных секций соединяют винтами и соединительными планками.

Соединительные планки приваривают к лапкам, обеспечивая непрерывность цепи заземления. Проводники заземления приваривают к соединительной планке. После соединения секций монтажные окна закрывают крышками и закрепляют имеющимися на них прижимами. Вводные коробки устанавливают только в местах соединений секций или в конце шинопровода. Стальную трубу с проводами питающей линии вводят в коробку через отверстия в ее съемном дне или верхней крышке. Корпус коробки крепят к коробу шинопровода винтами. Обеспечив надежный контакт между съемным дном и корпусом коробки, корпус коробки заземляют перемычкой с проводником заземления. Присоединительные элементы вводной коробки располагают под соединением шин.

Ответвительные коробки и коробки с указателем напряжения присоединяют через штепсельные окна. Заглушки, закрывающие

окна в местах установки коробок, снимают, а крепящие их винты используют для крепления коробки. Перед установкой к коробке подсоединяют провод. При этом участок проводки длиной 0,5 м выполняют гибкими проводами для обеспечения возможности снятия коробки без ее отсоединения. Для ввода проводов с сечением более 35 мм² предварительно увеличивают до необходимого размера отверстие в задней стенке короба.

Провода крепят к коробке специальными скобами. Для надежного закрепления металлической оболочки проводов ее зажимают болтом между двумя швеллерообразными элементами, один из которых приварен к коробке. К этому же болту подсоединяют заземляющий проводник электроприемника, питаемого через данное ответвление от шинпровода.

После окончания монтажа перед подачей на шинопровод напряжения проверяют наличие крышек на не занятых коробками монтажных и штепсельных окнах, наличие торцевых крышек на концах шинпровода, надежность всех контактов в цепи заземления от электроприемника до корпуса и контакта самого корпуса шинпровода с заземляющей сетью электроустановки.

Монтаж осветительных шинпроводов. Подготовка трассы для прокладки шинпровода состоит из разметочных, пробивных и крепежных работ.

Разметку необходимо выполнять с соблюдением нормированных расстояний: от опорных конструкций до перекрытий — 700 мм, от опорных конструкций до чистого пола — 2500 мм (в электротехнических помещениях не нормируется). Расстояние между шинпроводами и стенами или другими строительными конструкциями зданий должно быть не менее 50 мм для удобства съема крышек, а также по условиям охлаждения.

При прокладке шинпровода параллельно теплопроводу расстояние между ними должно быть не менее 500 мм (при температуре теплопровода выше 70 °С расстояние увеличивают или

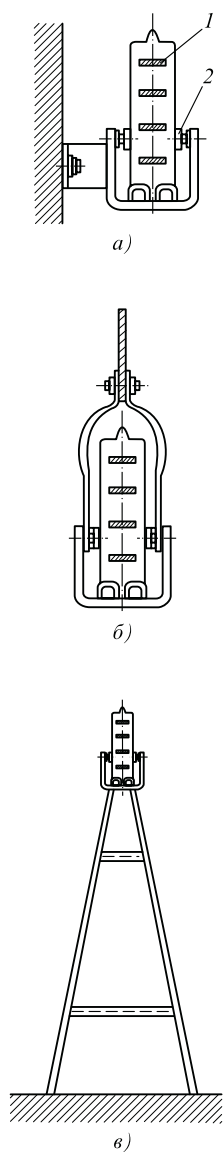


Рис. 12.21. Установка шинпроводов на кронштейнах (а), подвесках (б) и стойках (в):

1 — нулевая шина; 2 — болт зажимной

теплопровод дополнительно изолируют), а при пересечении их – не менее 100 мм (при дополнительной изоляции теплопровода с двух сторон от шинопровода на расстоянии не менее 500 мм). Расстояние между шинопроводами при параллельной прокладке должно быть не менее 50 мм.

Расстояния между точками крепления шинопровода по длине трассы не должны превышать 3 м (в зависимости от длины секций, из которых собирается шинопровод).

При невозможности выполнения этого условия применяют стальной прямоугольный усиливавший профиль ($60 \times 30 \times 3$ мм), прокладываемый параллельно шинопроводу. Сборку блока шинопровод – профиль выполняют в зоне монтажа до подъема в проектное положение.

Если расстояние между точками жесткого крепления превышает 3 м, допускается промежуточное крепление шинопровода тросами с помощью подвесов в местах соединения секций.

Разметку осей шинопровода производят по отметкам чистого пола с использованием гидростатического уровня. Разметку отдельных горизонтальных участков шинопровода сначала выполняют на полу, а затем ось шинопровода и место установки опорных конструкций с помощью отвеса переносят вверх на место крепления. Опорные конструкции крепятся к строительным основаниям различными способами (в зависимости от массы шинопровода и материала основания): распорными или забиваемыми дюбелями, сваркой с закладными деталями или через переходные детали, вмазными или сквозными анкерными штырями, болтами и шпильками с гайками и шайбами.

Подвеску и крепление шинопровода и светильников выполняют в соответствии с проектом и типовым альбомом. Для крепления шинопровода используют специальные скобы, подвесы, хомуты, стойки и другие крепежные детали.

Осветительные шинопроводы устанавливают на стенах, колоннах, фермах, перекрытиях, коробах распределительных шинопроводов при их совместной прокладке, тросах, специальных несущих трубах. Опорные конструкции для шинопровода и светильников устанавливают после окончания строительных работ. Одновременно выполняют монтаж узлов питающих линий.

Секции шинопровода можно поднимать и устанавливать на опорные конструкции каждую в отдельности и блоками. Заготовку блоков шинопроводов выполняют в мастерских на специальных технологических линиях. Такие блоки длиной 9 и 12 м в специальных автоприцепах доставляют к месту установки. Сборку секций шинопровода в блоки можно также проводить непосредственно на объекте, разместив их на полу в местах, с которых они должны быть подняты.

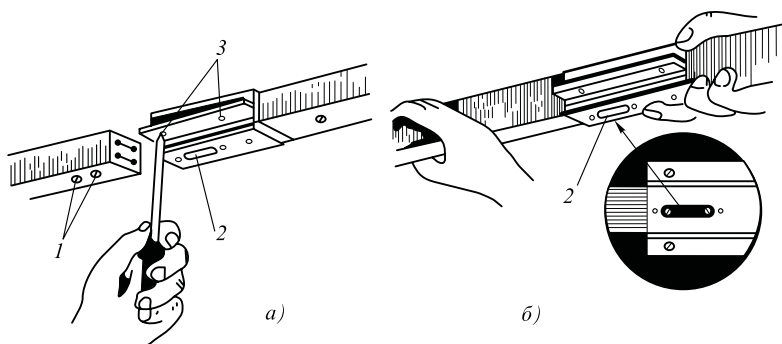


Рис. 12.22. Подготовка (а) и соединение (б) секций шинопровода ШОС67:

1 – сжимной винт; 2 – овальное отверстие; 3 – винт крепления полумуфты

Перед соединением секций (рис. 12.22, а) ослабляют четыре винта 3, скрепляющие полумуфты (между полумуфтами должен образоваться зазор 3...4 мм). Далее вывертывают на 1,5–2 витка два сжимных винта 1 штепсельной розетки и при надетых полумуфтах вставляют вилку в розетку, надвигая примыкающую секцию (рис. 12.22, б). Заход вилки в розетку контролируется по положению сжимных винтов: при полном заходе вилки головки винтов должны находиться напротив овальных отверстий 2 нижней полумуфты. После затяжки сжимных винтов затягивают винты крепления полумуфты. Так выполняют электрическое и механическое соединение секций любой конструкции (прямых, угловых, вводных и гибких).

После сборки секций в блоки к ним крепят светильники, а затем блоки с помощью траверс поднимают, устанавливают на опорные конструкции, стыкуют между собой и закрепляют.

Светильники доставляют на монтажный объект из МЭЗ, где их предварительно заряжают и подключают к ним шнуры и ответвительные штепсели. Проверив, светильники подвешивают с помощью хомута с крюком и закрепляют непосредственно на шинопроводе или кронштейнах и подвесах, а также на строительных конструкциях зданий.

Подключают светильники к шинопроводу через смонтированные в нем штепсельные розетки, для чего из штепсельного гнезда вынимают заглушку, и штепсель (рис. 12.23) вставляют в гнездо таким образом, чтобы его выступы совпали с прорезями в окне секции.

При установке и извлечении штепселя нажимают на выступающую часть элемента крепления последнего к корпусу шинопровода.

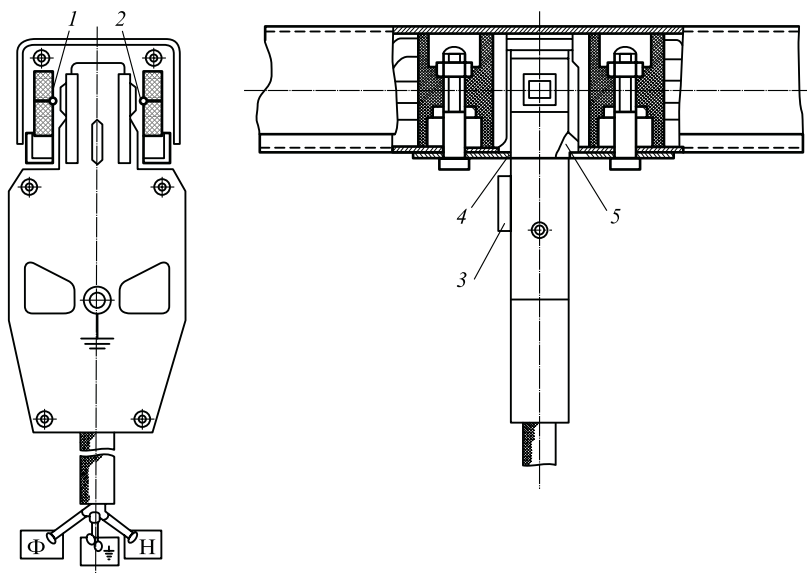


Рис. 12.23. Присоединение штепселя к шинопроводу ШОС67:

1, 2 – соответственно нулевой и фазовый контакты; 3 – выступающая часть элемента крепления; 4 – элемент крепления штепселя к шинопроводу; 5 – заземляющий контакт штепселя

При установке светильников на коробе шинопровода и тросовой подвеске усиливают места стыка секций дополнительными подвесами и ограничивают число и массу светильников (ШОС67 – до 12 кг на 1 м шинопровода, ШОС73 – до 20 кг при расстоянии между точками крепления 3 м).

Соединением короба каждой секции с нулевым проводом в процессе ее изготовления обеспечивается заземление всей трассы шинопровода.

Заземляющий контакт штепселя гарантирует его соединение с заземленным коробом до соприкосновения рабочих контактов с проводами секции при их сближении, а также после разъединения рабочих контактов с проводами секции при разборке.

Техника безопасности при монтаже шинопроводов. Монтаж шинопроводов связан с подъемом рабочих на высоту и использованием электроинструмента, поэтому в первую очередь следует соблюдать правила безопасности, касающиеся этих видов работ.

При монтаже шинопроводов подъемными механизмами можно пользоваться только в том случае, если они испытаны и освидетельствованы по установленным правилам. Передвижение автовышек и подмостей разрешается только тогда, когда рабочая площадка опущена до минимальной высоты. Если на площадке

находятся люди, трассу передвижения необходимо тщательно осматривать, чтобы обеспечить свободное и плавное передвижение механизма.

Работа на высоте с площадки автомеханизма допускается только при заторможенной специальными упорами или деревянными подкладками ходовой части машины.

Если монтаж ведется на подкрановых путях действующих подъемных кранов, с троллеев следует снять напряжение и принять меры против возможного перемещения крана к месту монтажных работ. Для наблюдения за ходом работ выделяется рабочий.

Смонтированный шинопровод нельзя использовать в качестве опорной конструкции при других работах, нельзя становиться на него, укреплять на нем настилы и т. д.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Назовите стадии монтажа шинопроводов.
 2. Каково назначение шинопроводов типа ШМА, ШРА, ШОС?
 3. Каковы опорные конструкции, применяющиеся для шинопроводов типа ШМА, ШРА?
 4. Какие способы применения шинопровода типа ШОС вы знаете?
 5. Каково назначение компенсаторов в шинопроводах?
 6. Каков порядок сборки шинопроводов?
- II.
 1. Назовите этапы разметки трасс шинопроводов.
 2. Какие способы прокладки шинопроводов вы знаете?
 3. Из каких элементов состоят шинопроводы типа ШМА, ШРА?
 4. Каким образом производят крепление шинопроводов на горизонтальных и вертикальных участках?
 5. Каковы правила заземления шинопроводов?
 6. Какие варианты установки шинопроводов с помощью кронштейнов вы знаете?
- III.
 1. Каковы правила выбора опорных конструкций?
 2. Какой вид электропроводки применяется на спусках от шинопровода?
 3. Каковы способы соединения секций шинопровода типа ШМА?
 4. Разрешается ли подвеска светильников к шинопроводу типа ШОС?
 5. Какие специальные приспособления применяются для крепления шинопроводов?
 6. Какова технологическая последовательность монтажа шинопроводов?
 7. Допускается ли совместная прокладка шинопроводов типа ШРА и ШОС?
 8. Какова техника безопасности при монтаже шинопроводов?

Глава 13. УСТРОЙСТВА ПРИЕМА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

13.1. Общие сведения

Вырабатываемая станциями электрическая энергия поступает к месту потребления через систему взаимосвязанных передающих, распределяющих и преобразующих электроустановок.

Передача электроэнергии осуществляется по воздушным линиям электропередачи с напряжением от нескольких сот до сотен тысяч вольт. Электрическая энергия по системным воздушным сетям передается с напряжением 35, 110, 150, 220 кВ и выше по шкале номинальных напряжений.

Установки, служащие для приема и распределения электроэнергии, называются распределительными устройствами (РУ). Они содержат коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства (компрессорные, аккумуляторные и другие), а также устройства защиты, автоматики и измерительные приборы.

К РУ относятся центры питания (ЦП), распределительные пункты (РП), распределительные линии (РЛ).

Центром питания называются РУ генераторного напряжения электростанции или РУ вторичного напряжения понижающей подстанции энергосистемы с системой регулирования, к которым присоединяются распределительные сети конкретного района.

Распределительным пунктом называется подстанция промышленного предприятия или городской электрической сети, предназначенная для приема и распределения электроэнергии с одним напряжением без ее преобразования.

Распределительной называется линия, питающая ряд трансформаторных подстанций от ЦП или РП а также крупные электроустановки.

Распределительные устройства могут быть открытые (ОРУ – все или основное оборудование расположено на открытом воздухе) и закрытые (ОРУ – оборудование расположено в здании). Особо надо выделить наиболее распространенные комплектные распределительные устройства (КРУ), состоящие из полностью или частично закрытых шкафов либо блоков со встроенными в них аппаратами, устройствами защиты и автоматики, поставляемые в собранном или полностью подготовленном для сборки виде и выпускаемые как для внутренней, так и для наружной установки.

Подстанцией называют электроустановку, служащую для преобразования и распределения электроэнергии и состоящую из трансформаторов или других преобразователей энергии, распределительных устройств, устройств управления и вспомогательных сооружений.

Подстанция, на которой напряжение переменного тока преобразуется с помощью трансформатора, называется *трансформаторной* (ТП). Если напряжение переменного тока на ТП преобразуется в более низкое, ее называют *понижающей*, а если в более высокое — *повышающей*.

На трансформаторных подстанциях устанавливают трансформаторы, служащие для изменения напряжения. Одновременно с трансформацией напряжения обычно изменяется и число линий. Например, подходят к ТП одна или две линии высокого напряжения, а отходят от нее несколько линий низкого напряжения.

Различают два типа трансформаторных подстанций: *открытые*, в которых основное оборудование располагается на открытых площадках, и *закрытые*, оборудование которых размещается в помещениях.

Если на подстанции трансформация напряжения не производится, а изменяется только число линий, то она называется *распределительной*.

Преобразовательные подстанции служат для выпрямления переменного тока или преобразования постоянного тока в переменный.

На всех подстанциях устанавливают аппараты для переключения электрических сетей и различные контрольно-измерительные приборы.

Электрические сети подразделяются по напряжению на сети низкого — до 1 кВ и высокого — более 1кВ напряжения.

Большинство промышленных предприятий получают электроэнергию от подстанций. На подстанциях устанавливается два и более трансформаторов, через которые энергия от энергосистемы по линиям высокого напряжения (35, 110 или 220 кВ) передается на секционированные рабочие (или резервные) шины с напряжением 6... 10 кВ.

Подстанция, питающаяся непосредственно от энергетической системы (либо заводской электростанции), называется *главной понижающей подстанцией* (ГПП) предприятия, а подстанция, на которой напряжение понижается непосредственно для питания электроприемников одного или нескольких цехов, — *цеховой трансформаторной подстанцией* (ТП).

Трансформаторные и преобразовательные подстанции, как и распределительные устройства, поставляются комплектными (КТП, КПП) в собранном или полностью подготовленном для сборки виде.

Измерение тока и напряжения на шинах распределительных устройств и в электрических цепях производится с помощью трансформаторов тока или трансформаторов напряжения, служащих для понижения тока или напряжения первичных цепей электроустановок переменного тока, а также для питания катушек измерительных приборов, устройств релейной защиты и автоматики, присоединяемых к их вторичным обмоткам.

Применение измерительных трансформаторов позволяет:

измерять любые напряжения и токи обычными измерительными приборами со стандартными обмотками, рассчитанными на напряжение 100 В и ток 5 А;

отделять измерительные приборы и реле от напряжений свыше 380 В, обеспечивая безопасность их обслуживания.

Первичная обмотка измерительного трансформатора находится под воздействием измеряемой величины, а вторичная – замкнута на измерительные приборы и приборы защиты.

Прикосновение к измерительным приборам, непосредственно включенным в цепь высокого напряжения, опасно для человека, поэтому в этом случае измерительные приборы и аппаратура автоматической защиты (реле) включаются во вторичную цепь измерительных трансформаторов, связанную с цепью высокого напряжения только через магнитный поток в сердечнике. Кроме того, измерительные трансформаторы служат для расширения пределов измерения приборов переменного тока, подобно добавочным резисторам и шунтам. Применение измерительных трансформаторов с различными коэффициентами трансформации позволяет использовать приборы со стандартными пределами измерений (100 В и 5 А) при определении самых различных напряжений и токов.

Различают два вида измерительных трансформаторов: трансформаторы напряжения и трансформаторы тока.

Трансформаторы напряжения питают обмотки напряжения измерительных приборов и реле (вольтметров, частотомеров, счетчиков, ваттметров, реле напряжения, мощности и др.) в установках с напряжением 380 В и выше. Трансформаторы тока питают токовые обмотки измерительных приборов и реле (амперметров, счетчиков, ваттметров, реле тока, мощности и др.).

Источниками электроснабжения большинства промышленных предприятий являются энергетические системы, но некоторые предприятия получают энергию от собственных заводских электростанций. Выработка и распределение энергии в пределах предприятия от собственных электростанций производится в основном в генераторном режиме с напряжением 6 и 10 кВ.

Принципиальную схему передачи и распределения электрической энергии см. на рис. 1.5.

Электрические цепи распределительных устройств и подстанций могут быть первичными и вторичными.

К первичным цепям относятся шиноустройства и токоведущие части аппаратов, соединяемые в определенной последовательности.

Ко вторичным относятся цепи, с помощью которых в первичных цепях РУ подстанций осуществляются электрические измерения, релейная защита, сигнализация, дистанционное управление и автоматизация, т. е. вторичные цепи обеспечивают контроль, защиту, удобное и безопасное обслуживание первичных цепей.

На принципиальных схемах первичных цепей показывают все основные элементы электроустановки: шиноустройства, разъединители, выключатели, предохранители, трансформаторы, реакторы и др., а также соединения между ними. Кроме того, чтобы лучше представить себе работу установки и ее отдельных участков, в первичных схемах обычно показывают без электрических соединений основные приборы и аппараты вторичных цепей, измерительные приборы, приборы релейной защиты и автоматики.

Современные РУ могут иметь различные схемы соединений. На рис. 13.1 приведены упрощенные (без изображения приборов защиты и измерения) принципиальные схемы присоединений вводов, распределительных и отходящих линий к главным шинам РУ.

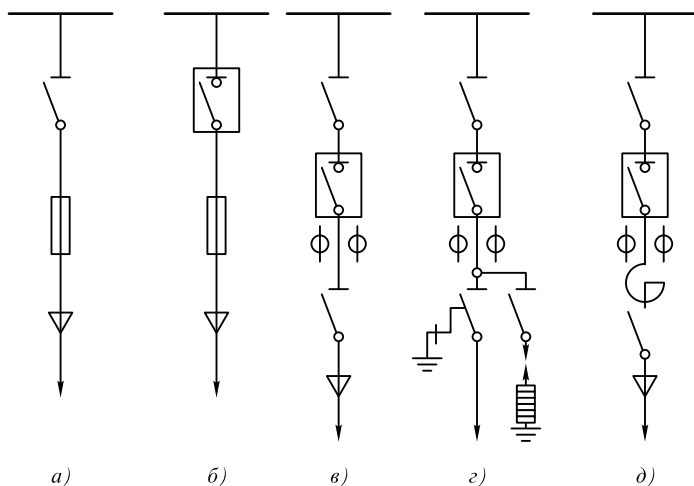


Рис. 13.1. Принципиальные схемы линейных присоединений к главным шинам РУ:

а – через разъединитель и предохранители; *б* – с выключателем нагрузки; *в* – с выключателем мощности; *г* – с выключателем, разрядниками и разъединителями с заземляющими ножами; *д* – с реактором

Линия, приведенная на рис. 13.1, *а*, присоединяется к главным шинам РУ через плавкие предохранители, которые защищают ее от сверхтоков, и шинный разъединитель, служащий для отсоединения ее в случае необходимости.

Включать и отключать разъединителем линию под нагрузкой нельзя, т. е. надо убедиться в том, что нагрузка со стороны потребителя снята. Кроме того, необходимо помнить, что отключение свободной от нагрузки линии связано с разрывом ее зарядного тока, который тем больше, чем длиннее линия.

Установленный вместо разъединителя выключатель нагрузки (см. рис. 13.1, *б*) позволяет отключать и включать линию при нагрузке в пределах номинальной.

На рис. 13.1, *в* изображен выключатель, который позволяет включать и отключать линию при любых условиях: при нормальных нагрузках, перегрузках и коротких замыканиях. В этом случае на присоединении устанавливаются измерительные трансформаторы тока, а линейный и шинный разъединители служат для снятия напряжения с выключателя и трансформаторов тока при осмотре, ремонте, проверке и других работах. Так как действия с разъединителями возможны только при отключенном выключателе, который разрывает цепь тока, порядок отключения линии следующий: сначала отключают выключатель, затем линейный разъединитель и наконец шинный разъединитель. Порядок включения линии обратный. Такой вариант присоединения к РУ применяется для линий с большими нагрузками и большим током короткого замыкания.

На рис. 13.1, *г* показано присоединение, аналогичное изображенному на рис. 13.1, *в*, но с линейным разъединителем, имеющим заземляющие ножи, и разрядниками. Обычно такая схема применяется для присоединения воздушных линий. Заземляющие ножи в этом случае служат для заземления и закорачивания линии после отключения, так как в отключенной линии возможно возникновение электрических зарядов, индуктируемых атмосферным электричеством или рядом проложенными линиями. Разрядники предназначены для отвода в землю электрических зарядов атмосферного электричества, создающих во включенной линии значительные перенапряжения, опасные для всей установки. В открытых РУ разрядники присоединяются непосредственно к главным шинам.

Схема присоединения силового трансформатора небольшой мощности с первичным напряжением 6 кВ и вторичным 0,4/0,23 кВ показана на рис. 13.2. Для отключения этого трансформатора от сети служит шинный разъединитель (отключение должно производиться только при холостом ходе трансформатора); защита от высокого и низкого напряжений выполняется плавкими предохранителями.

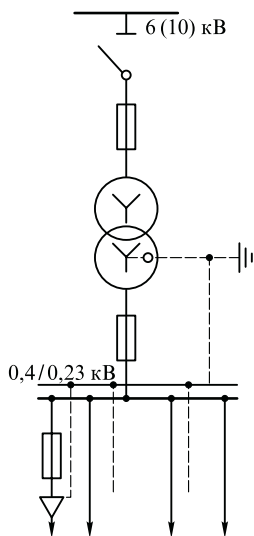


Рис. 13.2. Схема присоединения силового трансформатора мощностью до 400 кВ·А

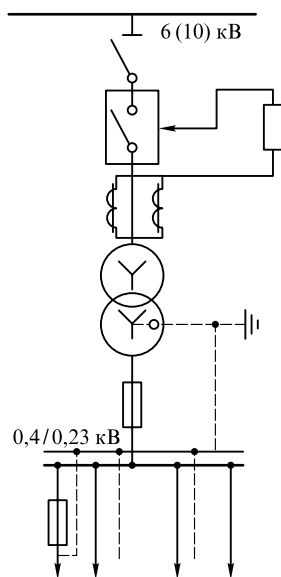


Рис. 13.3. Схема присоединения силового трансформатора мощностью выше 400 кВ·А

На рис. 13.3 показано присоединение более мощного силового трансформатора. В эту схему входят выключатель, предназначенный для оперативных переключений, и релейная защита (РЗ), приборы которой получают питание от измерительных трансформаторов тока.

Применение комплектных распределительных устройств и трансформаторных подстанций позволяет сократить сроки монтажных работ, снизить их стоимость и улучшить качество.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Как осуществляется передача электрической энергии?
 2. Что такое распределительные устройства?
 3. Дайте определения центра питания, распределительного пункта, распределительной линии.
- II.
 1. Дайте определение подстанции.
 2. Какие типы трансформаторных подстанций вы знаете?
 3. Для чего служат трансформаторы?
 4. На какое напряжение рассчитываются электрические сети?
- III.
 1. Поясните принципиальную схему передачи и распределения электроэнергии.
 2. Поясните схему линейных присоединений к главным шинам, РУ.

3. Каковы основные элементы трансформаторных подстанций?
4. Поясните схему присоединения силового трансформатора мощностью до 400 кВ·А.

13.2. Силовые трансформаторы

Конструкция и технические характеристики

Силовые трансформаторы предназначены для преобразования (трансформирования) переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения — более низкого или более высокого.

Трансформаторы широко применяются в системах передачи и распределения электрической энергии. При передаче от электростанций к потребителям электроэнергия преобразуется неоднократно: сначала напряжение повышается в целях уменьшения потерь в линиях электропередачи, а затем снижается до значений, обеспечивающих эффективную и безопасную работу электротехнических устройств. Преобразование напряжения с помощью трансформаторов позволяет в 7–8 раз повысить выработанную на электростанциях мощность генераторов. Поэтому повышение технических характеристик трансформаторов ($\cos \varphi$, КПД и др.) является одной из важнейших проблем энергоснабжения, решение которой позволяет повысить надежность и качество работы потребителей электрической энергии.

В настоящее время в России общая мощность установленных трансформаторов достигает 2 млрд кВт при суммарной мощности генераторов электростанций более 300 млн кВт.

Трансформаторы, понижающие напряжение, называются понижающими, а повышающие напряжение — повышающими.

Трансформаторы могут быть двухобмоточными и трехобмоточными. Последние кроме обмоток низкого напряжения (НН) и высокого (ВН) имеют обмотку среднего напряжения (СН). Трехобмоточный силовой трансформатор позволяет снабжать потребителей электроэнергией с разным напряжением.

Преобразование напряжения в трансформаторах осуществляется за счет переменного магнитного потока двух индуктивно связанных между собой обмоток. Обмотка, подключаемая к источнику электрической энергии, называется первичной, а обмотка, к которой подключается нагрузка — вторичной. Если через трансформатор необходимо осуществить питание двух и более нагрузок с разным напряжением, то выполняется соответствующее число вторичных обмоток. Условное обозначение на схемах двухобмоточного и трехобмоточного трансформаторов представлено на рис. 13.4.

В распределительных устройствах и подстанциях промышленных предприятий применяются трехфазные двухобмоточные понижающие трансформаторы, преобразующие напряжения 6 и 10 кВ соответственно в 0,23 и 0,4 кВ.

В зависимости от типа изолирующей и охлаждающей среды различают трансформаторы масляные (ТМ) и сухие (ТС). В ТМ основной изолирующей и охлаждающей средой являются трансформаторные масла, в ТС – воздух или твердый диэлектрик; в специальных случаях применяется негорючая жидкость – совтолом.

По системе охлаждения различают трансформаторы:

- с масляным дутьевым охлаждением и естественной циркуляцией масла;
- масляным дутьевым охлаждением и принудительной циркуляцией масла;
- масляно-водяным радиатором и естественной циркуляцией масла;
- масляно-водяным радиатором и принудительной циркуляцией обеих сред.

Масляный трансформатор состоит из балок магнитопровода 2 и 5 (рис. 13.5) и обмоток 3, жестко закрепленных на нем. Для защиты от воздействий окружающей среды они помещены в стальной бак 1, герметично закрывающийся крышкой 11. Сквозь крышку с помощью проходных изоляторов (выводов) 13 и 14 цепи обмоток ВН выведены наружу. Над крышкой расположен расширитель 16, сообщающийся через трубопровод с баком. В разрез соединительного трубопровода установлено газовое реле 18. Непосредственно из бака наружу через крышку выведена выхлопная труба 15, нормально закрытая мембраной и предназначенная для аварийных выбросов газов и масла наружу. На крышке смонтирована рукоятка, соединенная с переключателем напряжения 9, расположенным под крышкой, и валом, проходящим сквозь крышку в сальниковом уплотнении. Контакты переключателя могут быть электрически соединены с теми или иными регулировочными отводами 4 обмоток высокого напряжения 3. Крышка сквозными подъемными шпильками соединена с магнитопроводом, нижняя балка которого установлена на дне бака. Наружная резьбовая часть подъемных шпилек 10 предназначена для наворачивания съемных грузовых колец (рымов) 12.

При работе трансформатор нагревается, так как в проводниках обмоток и в стали магнитопровода происходит потеря энергии. Для

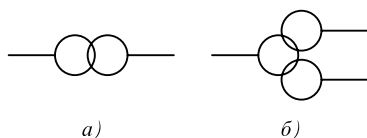


Рис. 13.4. Условные обозначения двухобмоточного (а) и трехобмоточного (б) трансформаторов

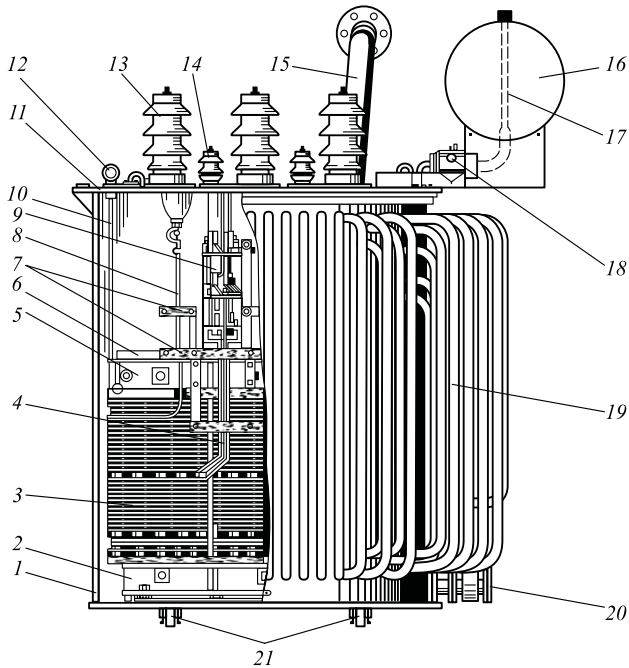


Рис. 13.5. Трехфазный силовой трансформатор мощностью 1000 кВ·А с масляным охлаждением:

1 – бак; 2, 5 – соответственно нижняя и верхняя ярмовые балки магнитопровода; 3 – обмотка ВН; 4 – регулировочный отвод к переключателю; 6 – магнитопровод; 7 – деревянная планка; 8 – отвод от обмотки ВН; 9 – переключатель; 10 – подъемная шпилька; 11 – крышка бака; 12 – подъемное кольцо; 13, 14 – соответственно выходы ВН и НН; 15 – выхлопная труба; 16 – расширитель (консерватор); 17 – маслоуказатель; 18 – газовое реле; 19 – циркуляционная труба; 20 – маслоспускной кран; 21 – каток

интенсивного удаления избытка тепла внутренний объем бака заполняется специальным минеральным маслом. При этом часть масла за счет невольного уклона крышки в противоположную сторону находится в расширителе, исключая возникновение воздушных пузырей под крышкой.

Устройство трансформаторов усложняется по мере роста их мощности. Так, при мощности до 25 кВ·А баки выполняются гладкими, при мощности 63... 1600 кВ·А они оборудуются одним, двумя или тремя рядами охлаждающих труб, а при более высоких мощностях в них устанавливаются радиаторы и т. д.

Рассмотрим отдельные части масляных трансформаторов.

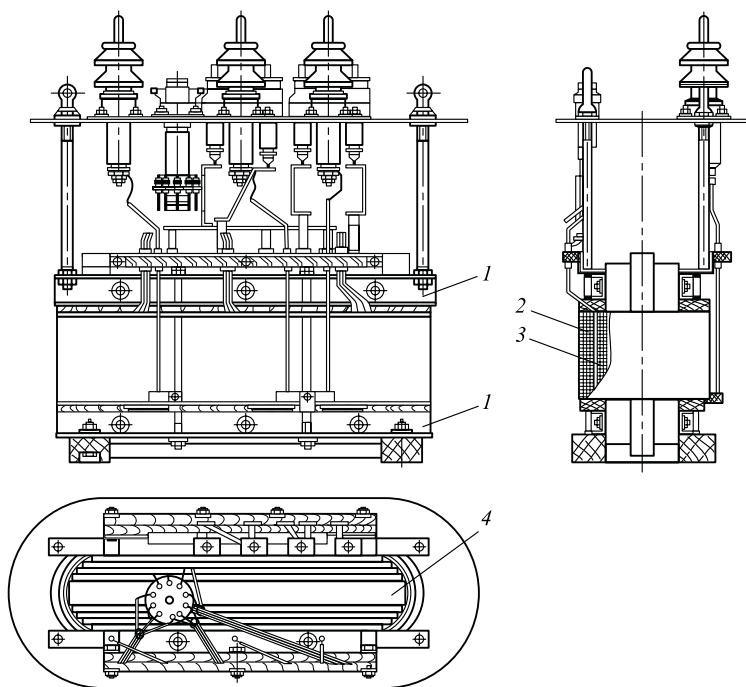


Рис. 13.6. Активная часть масляного трансформатора:

1 – ядро; 2 – обмотка ВН; 3 – обмотка НН; 4 – магнитопровод

Основой конструкции трансформатора служит *активная часть*, состоящая из магнитопровода 4 (рис.13.6) с расположенными на нем обмотками низкого напряжения 3 и высокого напряжения 2, отводов и переключающего устройства. Магнитопровод, набранный из отдельных тонких листов специальной трансформаторной стали, изолированных друг от друга покрытием, состоит из вертикальных стержней, соединенных верхним и нижним яромом. Такая конструкция способствует уменьшению потерь от вихревых токов и потерь на нагрев от перемагничивания (гистерезис).

Обмотки трансформаторов изготавливают из алюминиевых или медных проводов с прямоугольным или, реже, круглым сечением. В особых случаях применяют проводники с усиленной или теплоустойчивой изоляцией. Проводники большого диаметра обычно заменяют несколькими проводниками меньшего диаметра, соединенными параллельно. Это увеличивает их гибкость и снижает потери от вихревых токов.

На стержнях сердечников обмотки обычно располагают concentрически: сначала на стержни надевают катушки с обмотками НН,

а поверх них устанавливают катушки с обмотками ВН. Такое расположение обмоток снижает перепады потенциалов между элементами активной части трансформатора и позволяет упростить конструкцию изоляции и уменьшить ее толщину.

Для увеличения механической прочности активной части и повышения динамической устойчивости обмоток к сквозным токам коротких замыканий в промежутки между стержнями магнитопровода и катушками НН, а также между катушками ВН и НН забивают деревянные клинья.

Широко распространены трансформаторы с цилиндрическими и непрерывными обмотками (рис. 13.7 и 13.8).

Соединительные провода, идущие от концов обмоток и их ответвлений и предназначенные для регулирования напряжения, называют отводами. Их изготавливают из неизолированных медных проводов или проводов, изолированных кабельной бумагой либо гетинаксовой трубкой.

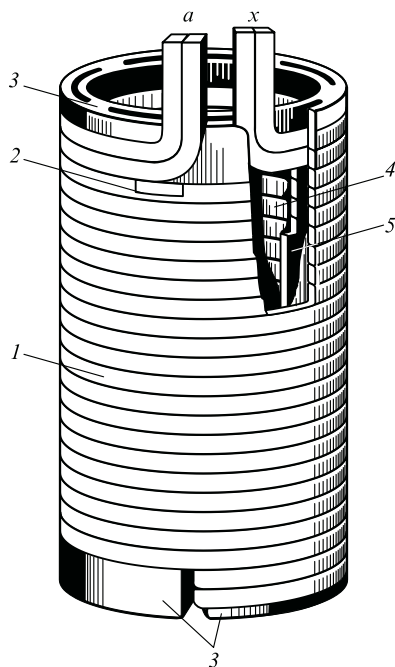


Рис. 13.7. Двухслойная цилиндрическая обмотка:

1 – провод; 2 – изолирующая прокладка (электрокартон); 3 – выравнивающее кольцо; 4 – внутренний слой; 5 – рейка; а, х – выводы обмоток НН

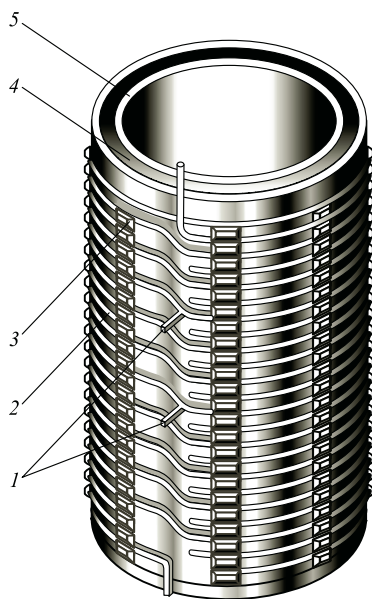


Рис. 13.8. Непрерывная обмотка:

1 – регулировочное ответвление; 2 – катушка; 3 – дистанционная прокладка из электрокартона; 4 – опорное изоляционное кольцо; 5 – бумажно-бакелитовый цилиндр

Гетинакс – слоистый материал, в котором наполнителем являются листы пропитанной лаком бумаги толщиной 0,1...0,12 мм.

Процесс производства гетинакса заключается в пропитке бумаги бакелитовыми лаками и разрезании ее на листы определенных размеров, которые после сушки собирают в пакеты определенной массы и толщины, прессуют между нагретыми до 160 °С стальными плитами гидравлического пресса и охлаждают. При таком прессовании расплавленная смола склеивает пропитанные листы бумаги и переходит в неплавкое состояние.

Гетинакс обладает повышенной механической прочностью и применяется при температуре не выше 105 °С.

Переключающие устройства обмоток трансформатора служат для ступенчатого изменения напряжения в определенных пределах, а также для поддержания номинального напряжения на зажимах вторичной обмотки при изменении напряжения на первичной.

С этой целью обмотки ВН трансформаторов снабжают регулировочными ответвлениями, которые подсоединяют к переключателям.

Необходимость регулировки напряжения вызвана тем, что в энергосистемах возможны различные отклонения от нормального режима электроснабжения, которые приводят к неэкономичной работе приемников, преждевременному износу и сокращению сроков их службы.

В трансформаторах могут быть два вида переключений ответвлений: под нагрузкой (РПН – регулирование под нагрузкой) и без нагрузки после отключения трансформаторов от сети (ПБВ – переключение без возбуждения). С помощью ПБВ и РПМ можно поддерживать напряжение во вторичных обмотках трансформаторов близким к номинальному.

Переключение осуществляется за счет изменения числа витков с помощью регулировочных ответвлений обмоток, т. е. изменения коэффициента трансформации, который показывает, во сколько раз напряжение обмотки ВН больше напряжения обмотки НН или во сколько раз число витков обмотки ВН больше числа витков обмотки НН.

Коэффициент трансформации

$$K = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_1}{U_2},$$

где ω_1 , ω_2 – число витков первичной и вторичной обмоток; E_1 , E_2 – ЭДС первичной и вторичной обмоток; U_1 , U_2 – напряжения на выводах первичной и вторичной обмоток при разомкнутой вторичной цепи.

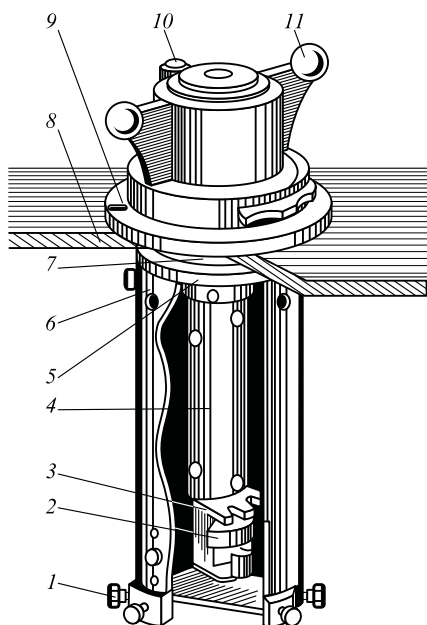


Рис. 13.9. Переключатель типа ТПСУ:

1 – контактный болт; 2 – контактный сегмент; 3 – контактный вал; 4 – изоляционная часть вала (бакелитовая трубка); 5 – фланец цилиндра; 6 – бумажно-бакелитовый цилиндр; 7 – резиновое уплотняющее кольцо; 8 – крышка бака трансформатора; 9 – фланец; 10 – стопорный болт; 11 – колпак привода (рукоятка)

переключатели марок ТПСУ-9-120/11 и ТПСУ-9-120/10 (рис. 13.9).

Устройство РПН состоит из переключателя ответвлений, контактной группы, токоограничительного элемента, привода и вспомогательной аппаратуры (автоматики, сигнализации и др.). Переключения осуществляются без обрыва цепи тока. Переключатель ответвлений переводится в новое положение при отсутствии тока в его цепи.

Контакты служат для коммутации цепей с токами и оборудуются устройствами гашения электрических дуг. Токоограничительные элементы (дроссель, резистор) предназначены для ограничения токов в момент короткого замыкания регулировочной ступени обмотки при безобрывном переключении. Цикл РПН с использованием дросселя протекает в течение нескольких секунд. Быстродействующее устройство РПН с резисторами срабатывает

Коэффициент трансформации можно определить с помощью вольтметров, подключенных к выводам обмоток при разомкнутой вторичной обмотке (при холостом ходе).

Пределы регулирования вторичных напряжений для разных трансформаторов различны: на $\pm 10\%$ это 12 ступенями по 1,67% или 16 ступенями по 1,25% с помощью РПН; на $\pm 5\%$ – четырьмя ступенями по 2,5% с помощью ПБВ.

Переключатели имеют различное конструктивное исполнение, но принцип действия у них одинаковый: соединение с регулировочными ответвлениями обмоток неподвижных контактов и системы подвижных контактов, соединяющих те или иные неподвижные контакты; при этом переключение осуществляется приводом, размещенным на крышке или стенке бака, а переключатель устанавливается на активной части трансформатора. В трансформаторах мощностью до 1000 кВ·А монтируют

за доли секунды, кроме того, оно имеет малые габариты и простую компоновку в трансформаторе, но изготавливается оно из высококачественных материалов с высоким классом точности.

Активная часть трансформатора погружается в бак, представляющий собой стальной резервуар овальной формы, заполненный трансформаторным маслом.

Трансформаторное масло относится к группе жидких диэлектриков, основное назначение которых – отвод теплоты от нагреваемых внутренних частей электрооборудования, гашение электрической дуги в масляных выключателях, усиление электрической прочности твердой изоляции и герметизация электрических аппаратов.

Масло должно отвечать ряду требований: электрическая прочность (минимальное пробивное напряжение) при 20°C и частоте тока 50 Гц должна быть не ниже 15 кВ; кислотное число – не более 0,05 мг на 1 г масла; температура вспышки паров – не ниже $+135^{\circ}\text{C}$; температура застывания – не выше -35°C ; зольность – не более 0,005 %.

Трансформаторное масло не должно содержать водорастворимых кислот, щелочей и механических примесей.

Масло, являясь охлаждающей средой, отводит тепло, выделяющееся в обмотках и магнитопроводе, и отдает его в окружающую среду через стенки и крышку бака, кроме того, оно повышает степень изоляции между токоведущими частями и заземленным баком.

Для увеличения поверхности охлаждения трансформатора баки изготавливают ребристыми, вваривают в них трубы или снабжают съемными радиаторами. Только у трансформаторов мощностью до 25 кВ·А стенки бака гладкие. Радиаторы присоединяются к стенкам баков патрубками со специальными радиаторными кранами. У верхнего торца к стенкам бака приваривают раму из угловой или полосовой стали, к которой крепят крышку на прокладках из маслупорной резины.

В нижней части бака у трансформаторов любого типа имеется кран для взятия пробы и слива масла, а в днище трансформаторов мощностью выше 100 кВ·А – пробка для спуска осадков после слива масла через кран. Через второй кран, установленный на крышке бака, в него заливают масло. Оба крана одновременно служат для присоединения к ним маслоочистительных аппаратов. Ко дну бака трансформаторов массой выше 800 кг приваривают тележку с поворотными катками. Конструкция катков позволяет изменять направление передвижения трансформаторов. Для подъема трансформатора на баке имеется четыре кольца (рыма). Активная часть поднимается за скобы в верхних консолях магнитопровода.

На крышке бака размещаются вводы, расширитель и защитные устройства (выхлопная предохранительная труба, реле давления, газовое реле, пробивной предохранитель). К стенкам бака прива-

ривают подъемные крюки, прикрепляют манометрический сигнализатор (у трансформаторов мощностью свыше 1000 кВ·А) и устанавливают фильтры.

Воды представляют собой фарфоровые проходные изоляторы, через которые обмотки трансформатора присоединяются к электрическим сетям.

Фарфор относится к электрокерамическим материалам. Из него изготавливают изоляторы для высокого и низкого напряжений.

Исходная электрофарфоровая масса состоит из глинистых веществ (42...50 %), кварца (20...25 %), калиевого полевого шпата (22...30 %) и измельченных бракованных фарфоровых изделий (5...8 %). При изготовлении изоляторов в измельченные компоненты вводят 20...22 % воды, после чего тестообразную фарфоровую массу подвергают вакуумной обработке с целью извлечения из нее воздушных включений. Монолитный цилиндр, полученный в вакуум-прессе, на выходе из мундштука разрезается на заготовки, из которых изготавливают (оформляют) изоляторы различного типа.

Покрытие фарфоровых изделий жидкой глазурной суспензией (глазурью), отличающейся большим содержанием стеклообразующих компонентов, обеспечивает повышение механической прочности изоляторов и устойчивость их к влаге и атмосферным загрязнениям.

Большинство трансформаторов оборудовано *расширителями* (рис. 13.10), обеспечивающими постоянное заполнение бака маслом и уменьшение поверхности соприкосновения масла с воздухом, а следовательно, защищающими масло от увлажнения и окисления.

У расширителя есть отверстие для всасывания и вытеснения воздуха при изменении уровня содержащегося в нем масла (дыхательная пробка). Он имеет цилиндрическую форму и закрепляется на кронштейне, установленном на крышке б трансформатора.

Расширитель сообщается с баком трансформатора через трубу, которая не выступает ниже внутренней поверхности крышки трансформатора и заканчивается внутри расширителя выше его дна во избежание попадания осадков масла в бак 1. Внутренняя поверхность расширителя имеет покрытие, служащее для защиты его от коррозии и предохранения масла от соприкосновения с металлической поверхностью. В нижней части расширителя имеется отверстие для слива масла с пробкой.

Объем расширителя определяется из расчета, что уровень масла должен оставаться в его пределах как летом при температуре +35 °С и полной нагрузке трансформатора, так и зимой при минимальной температуре масла и отключенном трансформаторе. Обычно объем расширителя составляет 11...12 % от объема масла в баке трансформатора. Для наблюдения за уровнем масла на боковой

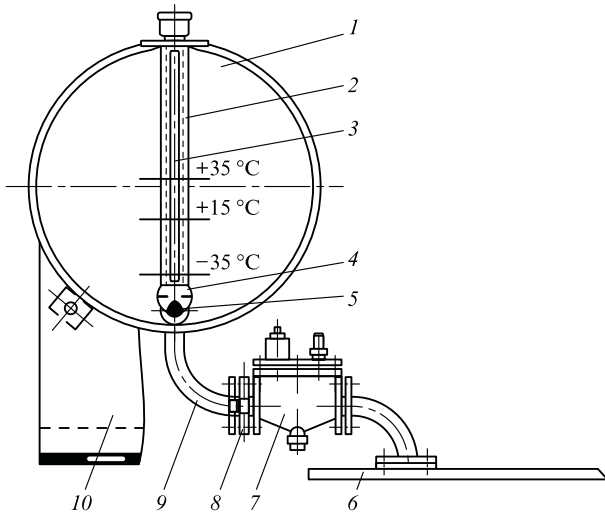


Рис. 13.10. Расширитель:

1 – бак; 2 – маслоуказатель; 3 – маслоуказательное стекло; 4 – угольник; 5 – запирающий болт; 6 – крышка трансформатора; 7 – газовое реле; 8 – плоский кран; 9 – трубопровод; 10 – опорная пластина

стенке расширителя имеется маслоуказатель 2, выполненный в виде стеклянной трубки в металлической оправе.

В герметичных масляных трансформаторах и трансформаторах с жидким негорючим диэлектриком защита поверхности масла осуществляется сухим азотом, а в трансформаторах, заполненных совтолом-10, – сухим воздухом. Негерметичные масляные трансформаторы мощностью от 160 кВ·А, в которых масло в расширителе соприкасается с окружающим воздухом, имеют термосифонный или адсорбционный фильтр. А трансформаторы мощностью от 1 МВ·А с естественным масляным охлаждением и азотной подушкой – термосифонный фильтр (кроме трансформаторов с жидким негорючим диэлектриком).

Масляные трансформаторы мощностью от 1 МВ·А с расширителем снабжаются защитным устройством, предупреждающим повреждение бака при внезапном повышении внутреннего давления более 50 кПа. К защитным устройствам относятся *выхлопная труба* со стеклянной диафрагмой и *реле давления*, которые работают следующим образом.

Нижний конец выхлопной трубы соединяется с крышкой бака, а на верхний ее конец устанавливается тонкая стеклянная мембрана (2,5...4 мм) диаметром 150, 200 или 250 мм, которая, разру-

шаяся при определенном давлении, выпускает газ и масло наружу, не допуская деформации бака. Основными элементами реле давления, размещаемого на внутренней стороне крышки трансформатора, являются ударный механизм и стеклянная диафрагма. При достижении определенного давления в баке ударный механизм срабатывает, разбивает диафрагму и обеспечивает тем самым свободный выход газам.

В масляных трансформаторах и трансформаторах с жидким диэлектриком и азотной подушкой без расширителя реле атмосферного давления срабатывает при повышении внутреннего давления более 75 кПа.

Трансформаторы мощностью от 1 МВ·А с расширителем, имеют также *газовое реле*, которое реагирует на повреждения внутри бака (электрический пробой изоляции, витковое замыкание, местный нагрев магнитопровода), сопровождающиеся выделением газа или резким увеличением скорости перетекания масла из бака

в расширитель. Выделение газа происходит в результате разложения масла и других изоляционных материалов под действием высокой температуры, возникающей в месте повреждения. Газовое реле (рис. 13.11), устанавливаемое обычно на трубопроводе, который соединяет расширитель с баком, имеющим наклон к горизонтали от 2 до 4°, представляет собой металлический корпус (резервуар) 1, в который встроены два расположенных один над другим поплавка 12 и 15, снабженных ртутными контактами 5 и 2.

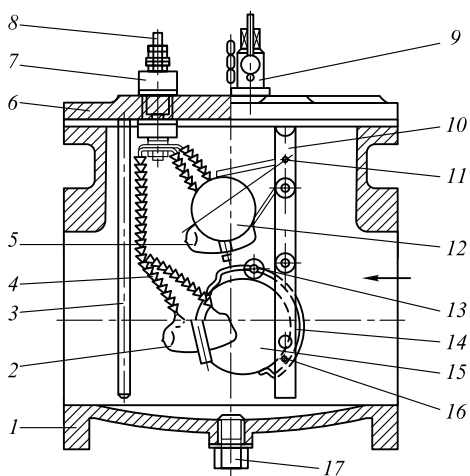


Рис. 13.11. Газовое реле ПГ-22:

1 – корпус; 2 – нижний ртутный контакт; 3 – опорный стержень для крышки; 4 – соединительный провод; 5 – верхний ртутный контакт; 6 – крышка реле; 7 – фарфоровый изолятор; 8 – зажим; 9 – кран; 10 – рамка для рабочих элементов; 11 – ось вращения верхнего поплавка; 12 – верхний поплавок; 13 – груз; 14 – скоба; 15 – нижний поплавок; 16 – ось вращения нижнего поплавка; 17 – пробка спускового отверстия

Поплавки могут поворачиваться на осях 11 и 16, опирающихся на подшипники. Нормально корпус реле заполнен трансформаторным маслом, а ртутные контакты разомкнуты. При повреждениях в трансформаторе выделяющиеся газы

поднимаются к расширителю, скапливаются в верхней части реле и вытесняют масло. Вследствие понижения уровня масла верхний поплавок опускается, вращаясь вокруг оси, ртуть в его колбочке переливается, замыкает ртутные контакты и приводит в действие предупредительную сигнализацию. При опускании нижнего поплавка замыкаются ртутные контакты, вызывающие отключение трансформатора.

При коротком замыкании в трансформаторе процесс газообразования протекает интенсивно, под действием газов масло выбрасывается в сторону расширителя, оба поплавка опрокидываются, и трансформатор мгновенно отключается.

Пробивные предохранители служат для защиты от пробоя обмоток ВН на обмотки НН. Устанавливают их на крышке бака и подсоединяют к нулевому вводу НН, а при напряжении 690 В – к линейному вводу.

При пробое изоляции между обмотками ВН и НН промежутки между контактами, в котором проложены тонкие слюдяные пластины с отверстиями, пробивается, и вторичная обмотка оказывается соединенной с землей.

Для заземления трансформаторов служит специальный заземляющий контакт с резьбой (не менее М12), расположенный в доступном месте нижней части бака со стороны обмотки НН и обозначенный четкой несмывающейся надписью «Земля» или знаком заземления. Поверхность заземляющего контакта должна быть гладкой и зачищенной; заземление осуществляется подсоединением стальной шины с сечением не менее 40×4 мм.

Температура обмоток трансформаторов не должна превышать 160°C . Так как измерить непосредственно температуру обмоток весьма сложно, обычно измеряют температуру масла в баке, которая зависит от нагрузки трансформатора и температуры окружающей среды.

По нормам максимальная температура верхних слоев масла не должна превышать 95°C , но практически она даже в жаркие дни не превышает 70°C , однако при одной и той же нагрузке температура масла летом выше, чем зимой.

Для измерения температуры масла на трансформаторах устанавливаются *ртутные термометры* со шкалой от 0 до 150°C или *термометрические сигнализаторы* (ТС) со шкалой от 0 до 100°C . Последние снабжены двумя передвижными контактами, которые можно устанавливать на любую температуру в пределах шкалы. Первый контакт, включенный в сигнальную цепь, при определенной температуре масла подает сигнал, а в случае дальнейшего ее повышения второй контакт, соединенный с реле, отключает трансформатор. На трансформаторах мощностью от 6300 кВ·А устанавливаются *термометры сопротивления*.

Термосифонный фильтр (рис. 13.12) предназначен для поддержания изоляционных свойств масла и, следовательно, продления срока его службы. Он представляет собой цилиндрический аппарат, заполненный активным материалом (поглотителем продуктов старения масла). Фильтр присоединяют к баку трансформатора двумя патрубками и промежуточными плоскими кранами. Работа фильтра основана на термосифонном принципе: более нагретое масло верхних слоев, проходя через охлаждающее устройство, опускается вниз. Термосифонный фильтр подсоединен параллельно радиаторам, следовательно, масло проходит через него сверху вниз и непрерывно очищается. Такие фильтры устанавливаются на трансформаторах мощностью от 160 кВ·А.

Для сушки и очистки увлажненного и загрязненного воздуха, поступающего в расширитель при температурных колебаниях масла, все трансформаторы снабжаются *воздухоочистительным фильтром*.

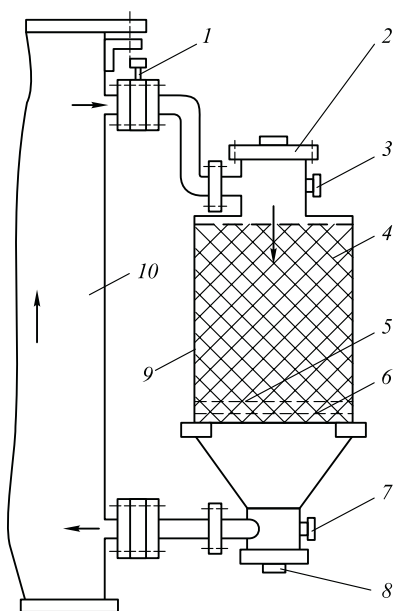


Рис. 13.12. Термосифонный фильтр:

1 – радиаторный кран; 2 – загрузочный люк; 3 – пробка с отверстием для выпуска воздуха; 4 – силикагель; 5 – сетка; 6 – дно с отверстиями; 7 – пробка для отбора пробы масла; 8 – пробка для слива масла; 9 – корпус фильтра; 10 – стенка бака трансформатора

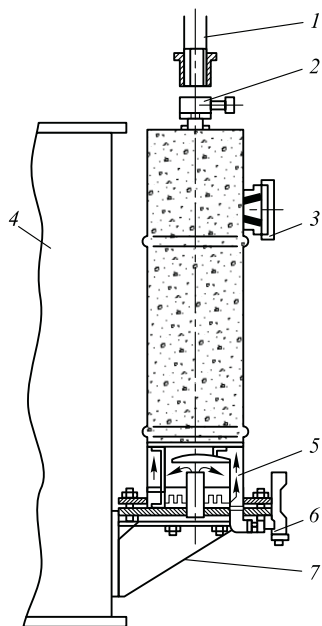


Рис. 13.13. Воздухоочистительный фильтр:

1 – дыхательная трубка расширителя; 2 – соединительная муфта; 3 – смотровое окно; 4 – бак трансформатора; 5 – масляный затвор; 6 – указатель уровня масла в затворе; 7 – кронштейн

ром – воздухоосушителем (рис. 13.13), размещенным на дыхательной трубке 1 расширителя. Воздухоосушитель представляет собой цилиндр, заполненный силикагелем. В нижней части цилиндра располагается масляный затвор 5 для очистки засасываемого воздуха, а в верхней – патрон с индикаторным силикагелем, который при увлажнении меняет свою окраску с голубой на розовую.

Особенности конструкции сухих трансформаторов. Масляный трансформатор взрыво- и пожароопасен, поэтому, когда недопустимо их применение, используют сухие трансформаторы или трансформаторы с негорючим наполнителем (совтолом, пиранолом, кварцевым песком). Сухие трансформаторы можно устанавливать непосредственно в цехах промышленных предприятий без устройства специальных трансформаторных камер.

Силовые трехфазные сухие трансформаторы (рис. 13.14) в защищенном исполнении выпускаются мощностью от 160 до 1600 кВ·А

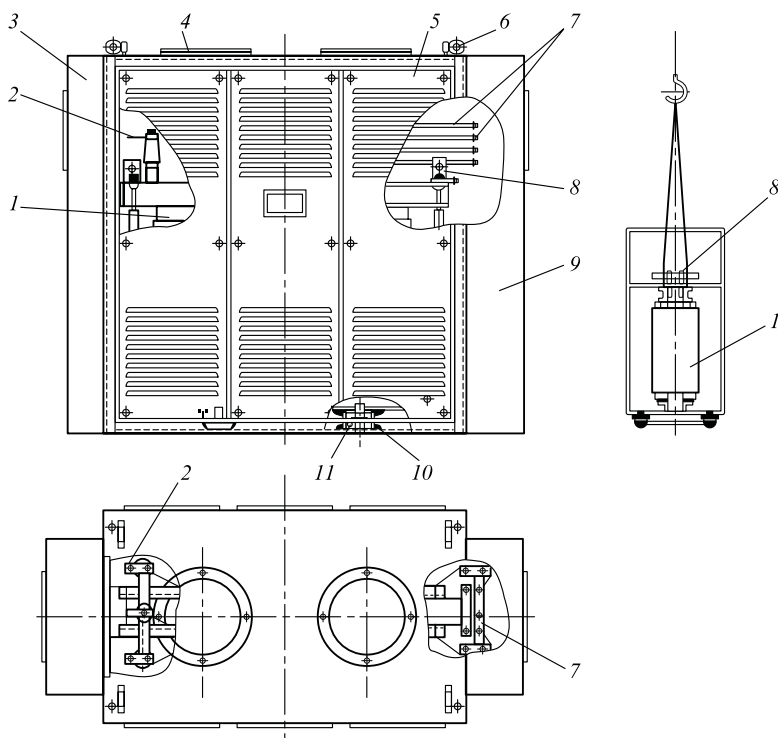


Рис. 13.14. Силовой трехфазный сухой трансформатор:

1 – активная часть; 2 – ввод ВН; 3, 9 – соответственно коробки вводов ВН и НН; 4 – крышка люка; 5 – кожух; 6, 8 – соответственно кольцо и пластина для подъема трансформатора; 7 – шина; 10 – тележка; 11 – каток

с обмотками, рассчитанными на высокое напряжение 6 (10) кВ и низкое напряжение 0,23; 0,4 и 0,69 кВ. ГОСТ 14074–76 предусматривает также выпуск сухих трансформаторов мощностью менее 160 кВ·А (25, 40, 66, 100 кВ·А).

Сухой трансформатор состоит из защитного кожуха и активной части, связанной с крышкой. Обмотки его выполнены из медного провода, изолированного стеклопряжей, пропитаны глифталевым лаком и покрыты эмалью. Кожухи таких трансформаторов изготавливаются разборными, из листовой стали, прямоугольной формы. В их стенках имеются вентиляционные жалюзи для охлаждения обмоток и магнитопровода.

Обмотки ВН имеют дополнительные ответвления для изменения коэффициента трансформации относительно номинального на $\pm 5\%$ со ступенями по 2,5%. Переключения производятся только после отключения обмоток ВН и НН от сети. Переключающее устройство представляет собой гетинаксовую панель с зажимами, прикрепленную угольниками к верхней ярмовой балке. К ней подводятся дополнительные ответвления; переключения производятся специальными переключками.

Сухие трансформаторы изготавливаются с вводами ВН, расположенными слева или справа.

Сухие трансформаторы мощностью 160, 250 и 400 кВ·А снабжаются только опорной рамой-салазками, а трансформаторы мощностью 630, 1000 и 1600 кВ·А – тележкой с катками, которые можно переставлять для продольного и поперечного передвижений.

Обозначение трансформаторов

В обозначении трансформаторов условно буквами отражается их конструкция, а также основные электрические параметры.

Буквы обозначают: первая – число фаз (О – однофазный, Т – трехфазный), вторая или две – вид охлаждения (М – естественное масляное, С – сухое без масла, Д – дутьевое, Ц – циркуляционное, ДЦ – принудительное циркуляционное с дутьем), третья – число обмоток (Т – трехобмоточный).

Буква Н, расположенная далее, указывает на наличие устройства для регулирования под нагрузкой, а вторая буква Н означает, что трансформатор заполнен негорючим жидким диэлектриком.

Кроме того, для трансформаторов с напряжением от 110 кВ применяют некоторые дополнительные обозначения: Г – грозоупорное исполнение, В – со встроенными трансформаторами тока на вводах ВН и др. Для автотрансформаторов, которые в отличие от трансформаторов имеют одну обмотку, сначала указывают букву А.

Первая цифра, стоящая после буквенного обозначения трансформатора, показывает номинальную мощность (кВ·А), вторая – номинальное напряжение обмотки ВН (кВ); в последнее время добавляют еще две цифры, означающие год разработки трансформатора данной конструкции. Например, марка трансформатора ТМ-1000/10–63 расшифровывается так: трехфазный, с естественным масляным охлаждением, двухобмоточный, мощность 1000 кВ·А, напряжение обмотки ВН 10 кВ, конструкция 1963 г.

Распределение трансформаторов по габаритам

Трансформаторы условно в зависимости от мощности и класса изоляции обмоток подразделяются на семь групп – габаритов (табл. 13.1).

Основными техническими данными, характеризующими трансформатор, являются номинальные мощность (кВ·А) и напряжение обмоток ВН и НН (кВ), группа соединения обмоток, номинальные токи обмоток (А) и напряжение короткого замыкания $U_{к.з}$ (%).

Таблица 13.1

Характеристика силовых масляных трансформаторов

Габарит	Напряжение, кВ	Мощность, кВ·А
I	6...10	16, 25, 40, 63, 100
II	До 35	160, 250, 400, 630
III	До 35	1000, 1600, 2500, 4000, 6300
IV	До 35	10 000, 16 000, 25 000, 32 000, 40 000, 63 000, 80 000
	110	2500, 63 000, 10 000, 16 000, 25 000, 32 000, 40 000, 63 000, 80 000
	150...220	До 40 000
V	110	10 000...40 000
	150...220	63 000...320 000
VI	150 и 220	От 400 000
	350 и 500	Любая
VII	От 750	»

Трехфазные силовые трансформаторы изготавливают следующих мощностей: 10, 16, 25, 40, 63 кВ·А, а также с десятикратно увеличенной мощностью, т.е. 100, 160, 250, 400, 630 кВ·А и т.д.

Схемы трансформаторов и группы соединения их обмоток показаны на рис. 13.15.

Группу соединений определяют углом сдвига вектора вторичного линейного напряжения относительно вектора первичного линейного напряжения. Для удобства принято пользоваться часовым обозначением угла сдвига векторов. При любой схеме соединения обмоток угол сдвига может быть кратным только 30° , поэтому окружность (360°) делится на 12 равных частей. При этом угол сдвига отсчитывается только по часовой стрелке, т.е. группе соединения 1 соответствует сдвиг между векторами вторичного и первичного напряжений 30° , группе 6 – 180° и т.д. Группе 0 соответствует группа 12, т.е. угол сдвига между векторами в этом случае равен нулю.

Холостым ходом, или холостой работой, трансформатора называют режим, при котором его вторичная обмотка разомкнута, а на зажимы первичной – подано напряжение. Ток холостого хода составляет 3,5... 10 % от тока номинальной нагрузки трансформатора.

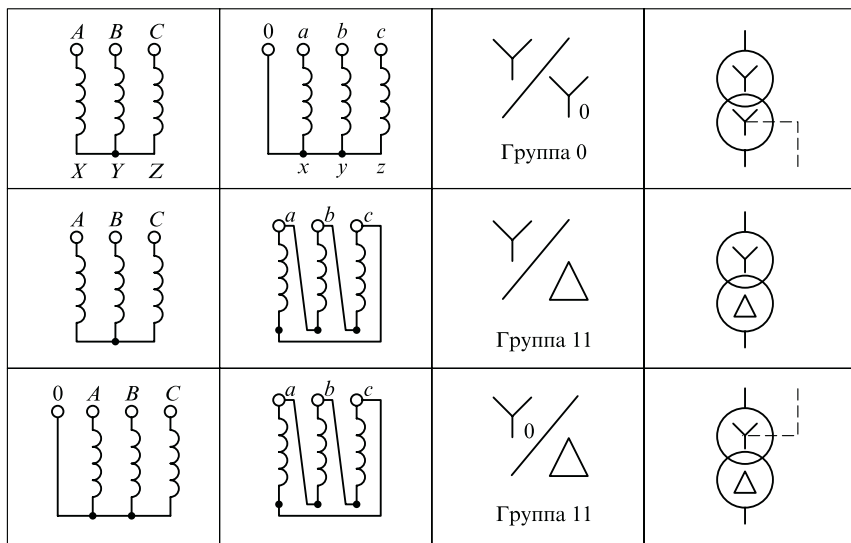


Рис. 13.15. Схемы и группы соединения обмоток трехфазных двухобмоточных трансформаторов:

Y – звездой; Δ – треугольником; Y/ – звездой с выводом нейтрали; над чертой – соединение обмоток ВН; под чертой – НН; 11 – угловое смещение векторов линейных напряжений обмоток ВН и НН в 330° ($30^\circ \times 11$)

Номинальной мощностью трансформатора называют условную расчетную мощность, которую трансформатор, установленный фактически на открытом воздухе, может, не прерываясь, отдавать в течение всего срока службы при номинальных температурных условиях (выбираются из расчета максимальной температуры окружающего воздуха 35 °С и среднегодовой 5 °С).

Напряжение короткого замыкания $U_{к.з}$ характеризует индуктивное сопротивление обмотки и измеряется в процентах от номинального. Оно показывает, какое напряжение нужно подать на обмотку ВН, чтобы в короткозамкнутой обмотке НН проходил ток, равный номинальному току этой обмотки. Например, если $U_{к.з}$ равно 5,5 %, а номинальное напряжение обмотки ВН 10 кВ, то для получения в короткозамкнутой обмотке НН номинального тока надо подать на обмотку ВН 550 В (5,5 % от 10 кВ).

Для отечественных трансформаторов $U_{к.з}$ составляет от 5,5 до 7,5 %. Напряжение короткого замыкания характеризует распределение нагрузок между трансформаторами при их *параллельной работе*. Если у включенных на параллельную работу трансформаторов $U_{к.з}$ равны, нагрузка распределяется между ними пропорционально их мощности, а при одинаковых мощностях трансформаторов, включенных на параллельную работу, нагрузка распределяется между ними обратно пропорционально $U_{к.з}$. Напряжение указывают на паспортных табличках, укрепленных на кожухе трансформатора.

Условия параллельной работы трансформаторов следующие:
 равенство номинальных первичных и вторичных напряжений;
 тождественность групп соединения обмоток;
 равенство напряжений короткого замыкания.

Рекомендуемое для параллельно соединенных трансформаторов отношение максимальной и минимальной мощностей 3:1.

Нагрузка между двумя параллельно работающими трансформаторами должна распределяться согласно выражению

$$\frac{S_1}{S_2} = \left(\frac{S_{1\text{НОМ}}}{S_{2\text{НОМ}}} \right) \left(\frac{U_{2к.з}}{U_{1к.з}} \right),$$

где S_1, S_2 – полные мощности двух параллельно работающих трансформаторов; $S_{1\text{НОМ}}, S_{2\text{НОМ}}$ – номинальные мощности этих же трансформаторов; $U_{1к.з}, U_{2к.з}$ – напряжения короткого замыкания этих же трансформаторов.

Вопросы для самоконтроля

- I. 1. Для чего предназначены силовые трансформаторы?
2. Какие обмотки напряжения имеют трансформаторы?

3. Поясните процесс преобразования напряжения в трансформаторах.
4. Что представляют собой трансформаторы масляные и сухие?
- II. 1. Каковы основные элементы силового трехфазного трансформатора?
2. Что представляет собой активная часть трансформатора?
3. Какие трансформаторные обмотки вы знаете?
4. Поясните процесс передачи электроэнергии между обмотками трансформатора.
- III. 1. Из какого материала изготавливают изоляторы?
2. Каковы назначение и конструкция расширителя?
3. Для чего служат переключающие устройства трансформатора?
4. Каково назначение газового реле в трансформаторе?
5. Что такое электрический пробой изоляции?
6. Что такое тепловой пробой изоляции?
7. Каково назначение воздухоочистительного фильтра?
8. Поясните особенности конструкции сухих силовых трансформаторов.
9. Какие схемы и группы соединений обмоток трехфазных трансформаторов вы знаете?
10. Дайте определения холостого хода, номинальной мощности, напряжения и короткого замыкания.

13.3. Монтаж силовых трансформаторов

Технология монтажа силовых трансформаторов предусматривает следующую последовательность работ:

- приемка монтажной площадки или помещения для монтажа;
- приемка трансформатора в монтаж, проверка герметичности;
- предварительная оценка состояния изоляции;
- ревизия трансформатора (в случае необходимости);
- подготовка узлов и деталей трансформатора;
- подготовка к контрольному прогреву, подсушке и сушке; сушка трансформатора (при необходимости после предварительной оценки состояния изоляции);
- заливка трансформатора и пропитка изоляции маслом после сушки;
- проверка изоляционных характеристик после заливки масла, окончательная сборка и монтаж трансформатора и всех узлов, перекатка его на место установки;
- испытание и наладка, включение трансформатора.

Погрузка, транспортировка и выгрузка трансформаторов

На стадии подготовки предприятие-заказчик должно поставить на монтажную площадку необходимое подъемно-транспортное, таке-лажное, инвентарное оборудование, обеспечить наличие элек-

троэнергии, материалов, инструментов и приспособлений, а также готовность фундаментов с рельсовыми путями.

Поскольку трансформаторы имеют большие массы, в их монтаже значительное место занимают такелажные работы.

Трансформаторы I... III габаритов перевозят полностью собранными и залитыми маслом до нормального уровня, за исключением трансформаторов мощностью от 2600 кВ·А, которые транспортируют с демонтированными радиаторами. Перевозку трансформаторов осуществляют, как правило, железнодорожным или автомобильным транспортом соответствующей грузоподъемности (автомоби́нами, тракторными прицепами и др.); на шоссейных или грунтовых дорогах допускается применять специальные сани, конструкция которых должна соответствовать нормам на перевозку, схемам погрузки и способам крепления на безрельсовом транспорте.

Перевозка трансформаторов волоком или на металлических листах запрещается.

Выгрузку трансформаторов производят подъемными кранами. Сняв все распорки, упоры и растяжки, укрепляющие трансформатор на платформе, его поднимают за четыре крюка, приваренных к стенам бака, а небольшой трансформатор — за подъемные рамы на крышке.

Стропы для подъема трансформаторов подбирают такой длины, чтобы угол расхождения их ветвей не превышал 60° , а угол наклона к вертикали — 30° . Увеличение угла расхождения стропов и наклона к вертикали вызывает усиление натяжения. При невозможности выполнения этого условия применяют траверсу.

В местах соприкосновения стропов с острыми краями груза необходимо подкладывать прокладки для предохранения тросов от перетирания. Последние не должны касаться выступающих частей трансформатора (вентилей, радиаторов, вводов, выхлопной трубы и др.). Сначала делают пробный подъем трансформатора на высоту до 200 мм, затем опускают его на место и, если не обнаружено никаких отклонений, приступают к разгрузке.

Перед началом разгрузки необходимо убедиться, что масса разгружаемого трансформатора соответствует допустимой нагрузке крана, а также испытать его тормозные устройства. При отсутствии крана трансформаторы выгружают с помощью лебедок и домкратов.

После выгрузки и транспортировки трансформатор надо подготовить к монтажу или длительному хранению. Соблюдение условий доставки и хранения трансформаторов обеспечивает возможность их включения без предварительной сушки.

Трансформатор принимает заказчик вместе с представителем транспортирующей организации. При внешнем осмотре проверяют надежность его крепления на платформе, наличие и исправ-

ность комплектующих приборов и изделий по накладной поставщика и ведомости демонтажа, отсутствие вмятин на баке, радиаторах, расширителе, выхлопной трубе, герметичность уплотнений, целость сварных швов и фарфоровых вводов, а также сохранность пломб на всех краях для масла. Результаты приемки оформляются актом.

Трансформаторы, транспортируемые с завода с установленными расширителями и заполненные маслом, хранят как резервные, подготовленные к эксплуатации: проверив уровень масла в расширителе, при необходимости доливают его; периодически, открыв пробку грязевика расширителя, выпускают скопившиеся там осадки; проверяют электрическую прочность масла и при необходимости очищают его.

На трансформаторах, транспортируемых заполненными маслом ниже уровня крышки (от 100 до 200 мм), но с демонтированными расширителями, необходимо установить расширитель не позднее чем через 6 мес. после отправки с завода-изготовителя и долить чистое сухое масло.

Проверяют также нет ли примесей в масле, залитом и находящемся в баке трансформатора.

Если срок хранения трансформатора превышает 6 мес., устанавливают расширитель временно и доливают в трансформатор масла, при этом монтируют воздухоосушитель, через который полость расширителя будет сообщаться с окружающим воздухом. В период хранения следует также контролировать уровень масла в расширителе и при необходимости доливать его. При хранении трансформатора более года надо не реже одного раза в 3 мес. производить испытание пробы масла на электрическую прочность (пробой).

Герметичность уплотнений проверяют перед началом монтажа или перед доливкой масла. Если трансформатор транспортировался с расширителем и заполненный маслом, то о герметичности его уплотнений можно судить по отметкам маслоуказателя.

До проверки герметичности не разрешается подтягивать уплотняющие болты. Герметичность трансформаторов, транспортировавшихся с маслом, но без расширителя, проверяют по давлению масла в течение 3 ч, для чего устанавливают на крышке трубу высотой 1,5 м и диаметром 1...1,5" с резьбой и уплотняющей гайкой на нижнем конце и воронкой на верхнем. Трансформатор считают герметичным, если при проверке не наблюдалось течи в местах, расположенных выше уровня масла. Допускается также проверка путем создания в баке избыточного давления 15 кПа. В этом случае трансформатор считается герметичным, если за 3 ч давление понижается не более чем на 2 кПа.

Радиаторы должны храниться под навесом. Надо помнить, что внутреннее ржавление устранить невозможно, поэтому необходи-

мо проследить за надежностью уплотнения их торцов заглушками с резиновыми прокладками.

Расширитель, поступивший отдельно, при невозможности немедленной его установки на трансформатор следует освободить от остатков масла, промыть сухим маслом и тщательно уплотнить все его пробки и заглушки. Вспомогательную аппаратуру (газовое реле, термометры, оборудование для охлаждающего устройства, запасной изоляционный материал) хранят в закрытом сухом месте в заводской упаковке.

Выхлопную трубу, каретку с катками и другие детали, транспортируемые без специальной упаковки, можно хранить на деревянных настилах под навесом, защищающим их от прямого попадания осадков.

При приемке в монтаж трансформаторы тщательно осматривают. Проверяют крепления, целостность сварных швов, отсутствие течи масла из бака, комплектность деталей (соответствие заводским упаковочным документам, спецификациям и техническим условиям на поставку). Осматривают и проверяют состояние радиаторов, вводов, расширителей, вспомогательных деталей и др. Убеждаются в отсутствии поломок, повреждений, заводских дефектов, а также в сохранности отделки и окраски, наличии пломб на масляных кранах. Поверхности фарфоровых деталей должны быть полностью покрыты глазурью, не иметь трещин и отбитых краев.

Приемка трансформатора в монтаж оформляется соответствующим актом. Одновременно заказчик получает техническую документацию завода-изготовителя: паспорт, протоколы испытаний, ведомость демонтажа и др.

Ревизия трансформаторов

Для силовых трансформаторов на напряжение до 35 кВ ревизия активной части не предусматривается при условии соблюдения требований, изложенных в ГОСТе и инструкции по их транспортировке, хранению, монтажу и вводу в эксплуатацию.

Условиями монтажа трансформатора без ревизии являются отсутствие внешних повреждений (по результатам осмотра) и внутренних дефектов (по данным измерений в процессе приемки).

Решение о монтаже без ревизии принимает монтажная организация на основании анализа документов, составленных в процессе транспортировки, разгрузки, хранения и приемки трансформатора. Решение оформляется протоколом, составленным с участием представителей заказчика и пусконаладочной организации. При обнаружении нарушений требований инструкций (ОДХ 458003–70 и РТМ 16.687000–73) или повреждений и дефектов трансформатора производят ревизию его активной части.

Ревизия трансформатора заключается в его вскрытии, осмотре, проверке, устранении обнаруженных неисправностей и выполнении герметизации активной части. Если во время осмотра вскрытого трансформатора будут обнаружены дефекты, вопрос о способе проведения ревизии решается на месте монтажа с учетом конструкции трансформатора и характера дефекта.

Если внутрь трансформатора попали какие-либо металлические детали, необходимо поднять активную часть и полностью слить масло из бака. Поэтому при работах, связанных со вскрытием трансформатора, надо осторожно обращаться с гайками, болтами, шайбами, шплинтами и другими деталями, а ручной инструмент привязывать. Упавшие в бак и не извлеченные оттуда металлические детали могут привести к аварии.

Если необходимо выполнить сушку изоляции трансформатора, ревизию проводят после ее окончания. Рассматриваемые трансформаторы очень редко подвергаются ревизии, но при необходимости ее выполняют не электромонтажники, а специализированная организация или электромонтеры-эксплуатационники в соответствии с инструкцией.

При вскрытии трансформатора для ревизии его активная часть контактирует с окружающим воздухом, т.е. увлажняется, поэтому время ревизии ограничивается (табл. 13.2).

В зависимости от условий монтажа ревизия может производиться в любых помещениях или на открытом воздухе. В обоих случаях должны быть исключены условия, при которых возможна конденсация влаги, содержащейся в воздухе, на частях трансформатора. Для этого температура его активной части должна быть всегда выше температуры окружающей среды.

Ревизию в помещении с температурой 20 °С и выше при относительной влажности воздуха до 65 % производят без прогрева активной части. В этом случае трансформатор выдерживают в помещении до вскрытия в течение времени, необходимого для выравнивания температур. При температуре воздуха в помещении 0...20 °С

Таблица 13.2

Допустимая продолжительность пребывания активной части трансформатора на открытом воздухе, при минусовой температуре

Мощность трансформатора, кВ·А	Напряжение трансформатора, кВ	Относительная влажность воздуха, %			Продолжительность ревизии, ч
		до 65	65...80	более 80	
До 6300	До 35 кВ	24	16	12	12
От 10 000	От 35 кВ	16	12	8	8
Любая	От 110 кВ	16	12	8	8

перед ревизией активную часть прогревают до температуры, превышающей на 10°C и более температуру воздуха. Если же в помещении температура менее 0°C , независимо от влажности воздуха перед началом ревизии активную часть прогревают до температуры, превышающей температуру воздуха не менее чем на 20°C . В случае, когда в помещении относительная влажность воздуха более 80% , в течение всего времени ревизии должен быть обеспечен подогрев активной части с превышением любой температуры окружающего воздуха не менее чем на 10°C . Температура активной части измеряется на верхнем ярме магнитопровода.

Вне помещения при температуре 20°C и выше и относительной влажности воздуха до 65% ревизия может проводиться без подогрева активной части, а при относительной влажности воздуха $65\ldots 80\%$ – с предварительным ее подогревом до значений, превышающих окружающую температуру не менее чем на 10°C . При температуре от 0 до 20°C и влажности воздуха до 80% должен быть обеспечен постоянный подогрев активной части до температуры, превышающей окружающую не менее чем на 10°C . При отрицательных температурах независимо от влажности воздуха перед началом работ активную часть прогревают до установившегося превышения значений окружающей температуры не менее чем на 20°C . При влажности более 80% независимо от температуры воздуха обеспечивают постоянный подогрев активной части до температуры, превышающей окружающую не менее чем на 10°C .

Обязательным условием проведения ревизии трансформаторов вне помещения является ясная сухая устойчивая погода. Температура и влажность воздуха контролируют каждый час.

Объем и последовательность работ при ревизии трансформаторов

1. Установить трансформатор по уровню, выверая горизонтальность рамы бака по разьему.
2. Снять заглушки на крышке и стенках бака (болты при снятии заглушек отпускают равномерно по всему периметру разьема).
3. Снять заглушку с временными вводами (если они были установлены для предварительного измерения характеристик изоляции).
4. Удалить цилиндры маслонаполненных вводов, закрепленных на заглушках (снятые цилиндры хранить в масле или герметичной упаковке).
5. Снять транспортные крепления активной части к баку, ослабить распорные винты, если они предусмотрены конструкцией трансформатора.
6. Снять приводы и изоляционные валы переключателей, если они препятствуют подъему активной части трансформатора или

съемной части бака. Промаркировать валы и приводы (снятые валы хранить в масле или в герметичной упаковке).

7. Проверить крепление отводов. Отсоединить отводы от вводов, контакторов, переключателей и других деталей, которые препятствуют подъему активной части трансформатора или съемной части бака. Подвязывать их так, чтобы они не мешали подъему активной части на бак, если он укреплен.

8. Отсоединить заземление активной части на бак, если оно препятствует ее подъему или подъему съемной части бака.

9. Снять крышку, поднять активную часть трансформатора или снять съемную часть бака (при снятии крышки или съемной части бака отпускать болты равномерно по всему периметру разъема). Подъем производить в строгом соответствии с указаниями габаритного чертежа, при этом следить за тем, чтобы между баком и активной частью был зазор по всему периметру.

Подъем с перекосом запрещается.

10. Установить активную часть на деревянных подкладках, выложенных горизонтально по уровню.

Запрещается производить работы, если активная часть трансформатора или съемная часть бака находится на весу.

11. Установить временные стеллажи для обеспечения удобных и безопасных условий при ревизии активной части и проведении работ на съемной части бака.

Использование в качестве опор при работах на активной части отводов, деревянных креплений, обмоток и других изоляционных деталей трансформатора не допускается.

12. Снять транспортные крепления отводов, руководствуясь указаниями чертежей.

13. Определить отношение $\Delta C/C$ с помощью приборов ЕВ-3 или ПКВ-7.

14. Проверить затяжку доступных стяжных шпилек ярм, креплений отводов, барьеров, переключателей и других элементов активной части. Замеченные ослабления устранить, подтянув гайки.

15. Проверить затяжку винтов и домкратов осевой прессовки обмоток.

На время затяжки домкратов внутренних обмоток в случае необходимости разрешается вывернуть мешающие прессующие винты наружных обмоток. Эти винты затянуть при прессовке наружных обмоток. Подтягивание винтов и домкратов производить равномерно по всей окружности. Затянуть контргайки.

16. Проверить затяжку, подтянуть разъемные соединения отводов и затянуть контргайки.

17. Осмотреть изоляцию доступных частей обмоток, отводов, переключателей, цилиндров, установки вводов и других изоляционных элементов. Замеченные повреждения устранить.

18. Осмотреть состояние доступных контактных поверхностей переключателя.

19. Проверить схему заземления активной части в соответствии с чертежом и измерить сопротивление изоляции:

стяжных шпилек бандажей и ярм относительно активной части и ярмовых балок;

прессующих колец относительно активной стали и ярмовых балок;

ярмовых балок относительно активной стали;

электростатических экранов относительно обмоток и активной стали (если они предусмотрены конструкцией).

Проверив исправность цепи между заземляющими шинами экранов, установить на место и закрепить заземление экранов.

20. Определить отношение $\Delta C/C$ в конце ревизии перед опусканием активной части или установкой съемной части на бак. Приращения значений $\Delta C/C$, полученных в конце и начале ревизии (приведенные к одинаковой температуре), не должны превышать, указанных в технических условиях.

21. Промыть активную часть струей горячего трансформаторного масла, которое должно соответствовать всем предъявляемым требованиям.

22. Удалить остатки масла со дна бака. Промыть и очистить доступные внутренние части бака.

23. Параллельно с работами на активной части рекомендуется на съемной части бака или на баке произвести следующие работы:

установить патрубки вводов ВН. При уплотнении разъемов подтянуть болты одновременно по всему периметру;

собрать и закрепить на вводах ВН или установках трансформаторов тока бакелитовые цилиндры;

установить на бак краны для системы охлаждения, а на краны — заглушки;

подготовить к подключению масловакуумную систему.

24. Спустить активную часть в бак, установить крышку или поставить на место съемную часть бака.

25. Восстановить заземление активной части на бак (если это предусмотрено конструкцией) и схему отводов.

26. Произвести герметизацию разъемов крышки или съемной части. Резиновые прокладки уплотнений рекомендуется предварительно приклеить резиновым клеем к раме разъема. При разделке стыков прокладок их концы на длине 60...70 мм следует срезать на нет. Середину стыка расположить напротив одного из болтов. При уплотнении разъемов подтягивать или отпускать болты необходимо одновременно по всему периметру (даже при разной плотности по разьему). Затяжка считается нормальной, если прокладка сжата на $2/3$ первоначальной толщины.

27. Установить и уплотнить карманы вводов высокого напряжения.

28. Установить на бак и закрепить трансформаторы тока.

29. Установить и закрепить вводы ВН, подсоединить отводы к вводам так, чтобы конус изоляции отвода вошел в экран ввода. Установить наклонные вводы с помощью специальной траверсы и стропов различной длины, приняв необходимые меры по предотвращению их опрокидывания.

30. Установить коробки вводов НН и сами вводы НН, подсоединить к ним отводы. Установку вводов НН и подсоединение к ним отводов производить после заливки трансформатора маслом до уровня верхних ярмовых балок.

31. Установить пофазно изоляционные валы с приводом переключателей в соответствии с маркировкой. Закрепить привод переключателя и выполнить его герметизацию. Проверить по таблице, приведенной в чертеже отводов, правильность всех операций. Особое внимание обратить на согласование положений привода и переключателя.

32. Установить на люки и крышки постоянные заглушки и уплотнить их.

33. Подготовить трансформатор к вакуумированию. Установить на бак задвижки, краны и временный маслоуказатель, подсоединить трубопроводы временной масловакуумной системы.

34. Произвести вакуумирование и заливку масла (при установленных вводах или усиленных заглушках на патрубках, карманах, коробках входов, а также при снятых расширителе и выхлопной трубе).

Рассмотрим подробнее процесс ревизии силового трансформатора.

Для проведения ревизии трансформатор устанавливают в горизонтальное положение, проверяют его герметичность и берут пробу масла на сокращенный анализ, а затем сливают его (начало ревизии). В процессе разборки снимают приводы переключателей напряжения, отключают подводы цепей от контакторов, ослабляют транспортные крепления, отключают обмотки от вводов и отсоединяют цепь заземления активной части на бак. Снимают крышку и вынимают активную часть или снимают колокол в трансформаторах с нижним разъемом бака.

Для подъема активной части применяют лебедки ручные или с электроприводом, блоки, тали с червячной передачей и универсальные, облегченные и многоветвевые стропы. У всех подъемных устройств и приспособлений перед началом работ необходимо проверить грузоподъемность и исправность тормозных устройств. В стропах не должно быть порванных проволок, сильно проржавевших мест, «барашков» и др. Приспособления для крепления строп к ак-

тивной части предусмотрены конструкцией трансформатора в зависимости от его мощности.

Началом подъема активной части трансформатора считается момент вскрытия крышки бака или любого смотрового люка. Кратковременное вскрытие какой-либо заглушки, например для установки термометра, не учитывается при определении продолжительности осмотра.

После проверки правильности строповки и работы тормозных устройств поднимают активную часть на 100...200 мм, выдерживают ее в течение нескольких минут и снова опускают в бак. Затем снова поднимают ее на 200...300 мм выше уровня бака и подставляют противень для сбора масла.

Поднятую активную часть перемещают в сторону от бака и опускают на выкладку из шпал или досок, рассчитанную на полную ее массу.

При ревизии активной части проверяют состояние изоляционных прокладок, плотность сборки стали магнитопровода, затяжку всех болтовых креплений, состояние и крепление обеих обмоток, отсутствие смещений и деформаций, надежность соединений, состояние изоляторов, действие переключателя. Одновременно с устранением обнаруженных неисправностей (подпрессовкой, подтяжкой болтов и гаек и др.) производят необходимые измерения.

Дефектом бака является течь масла. Места просачивания следует помечать мелом на баке, заполненном разогретым маслом. Как показывает практика, единственным надежным средством устранения течи является заваривание бака. Попытки применения различных клеев и замазок не дали положительных результатов. Проверка бака производится при слитом масле. Сварка выполняется на промытом баке. Заваренные места закрашивают мелом, а с другой стороны смачивают керосином. Если керосин проступает на меловой обмазке, выполненная сварка не пригодна.

После ремонта бака очищают его раму от ржавчины и остатков старых уплотнений. Поврежденные прокладки заменяют новыми из маслоупорной резины или других видов уплотнителей. Резиновые прокладки устанавливают на резиновом клее по протертой бензином поверхности. Пробковые, клингеритовые и другие прокладки устанавливают на любом маслостойком лаке.

Внутреннюю поверхность и дно бака очищают от грязи и промывают сухим трансформаторным маслом. Радиаторные краны осматривают, очищают и плотно закрывают. В подготовленный бак плавно опускают активную часть, строго соблюдая горизонтальность положения ее на стропях (при обнаружении загрязнения обмоток активную часть предварительно промывают сухим трансформаторным маслом).

После фиксации в баке активной части присоединяют концы обмоток трансформатора к вводам и электрической цепи, ранее отключенным от контакторов, в соответствии с маркировкой. Восстанавливают цепь заземления активной части на бак. Вынимают из баков привод устройства регулирования напряжений и валы, хранящиеся во время ревизии в масле, и устанавливают их на трансформаторе по заводским рискам, нанесенным на их конусных дисках. Проверяют работу контакторов. Снимают циклограмму переключающего устройства и заливают бак контакторов сухим маслом с пробивным напряжением не менее 30 кВ. Проверив качество резиновой прокладки в разъеме бака, устанавливают крышку трансформатора и крышки всех люков, открытых при ревизии, обеспечивая их герметичность затяжкой резьбовых соединений на прокладках.

В заключение ревизии трансформатор заливают маслом. Заливку трансформатора, рассчитанного на напряжение до 35 кВ, производят без создания вакуума маслом с температурой не ниже 1 °С и при температуре активной части превышающей температуру масла.

Транспортируемые отдельно расширители, выхлопные трубы и радиаторы испытывают и промывают на месте монтажа только в случае обнаружения повреждений или нарушения герметизации. Радиаторы промывают трансформаторным маслом и испытывают давлением масла в трубе, равной по высоте расстоянию от нижней точки крепления радиатора до верхней точки маслорасширителя плюс 0,5 м. Продолжительность испытания 30 мин. При появлении течи дефектное место заваривают автогеном, и испытание повторяют. После испытаний радиаторы промывают подогретым до 40... 50 °С трансформаторным маслом с помощью центрифуги (сепаратора) или фильтр-пресса до исчезновения следов грязи на его фильтровальной бумаге. Фланцы радиаторов закрывают заглушками на прокладках. Для проверки сварных соединений маслоуказателя и расширителя сливают через грязевик имеющиеся в нем остатки масла и промывают его внутреннюю поверхность сухим и чистым маслом. Пробки и масломерное стекло прополаскивают в масле. Проверяют наличие контрольных полос, соответствующих уровням масла при 35, 15 и 35 °С. Внутреннюю полость расширителя очищают от ржавчины и тщательно промывают сухим маслом.

Чистку расширителя трансформаторов последних конструкций производят через съемную боковую крышку. Затем проверяют исправность стеклянной мембраны, выхлопной трубы, уплотнения, надежность мест сварки. Неисправную мембрану заменяют новой, вырезанной из стекла толщиной 2,5... 4 мм. Внутреннюю поверхность выхлопной трубы очищают от пыли и ржавчины. С нижнего

ее фланца удаляют старые уплотнения и проверяют пробку для выпуска воздуха, находящуюся под верхним фланцем. После этого испытывают герметичность трубы, заполняя ее трансформаторным маслом в течение 3 ч.

Очистка и сушка трансформаторного масла

От качества трансформаторного масла зависят надежность и длительность работы трансформатора. Сравнив пробивную прочность масла при выпуске трансформатора с завода со значениями, полученными перед включением его в работу, можно определить степень увлажнения трансформатора.

Важное значение имеют и другие характеристики масла. Снижение температуры вспышки и увеличение кислотного числа указывают на разложение масла в результате чрезмерного местного нагрева трансформатора. Постоянное окисление масла обусловливается повышенной температурой (до 80...90 °С) трансформатора при эксплуатации, воздействием прямых солнечных лучей, химических веществ, входящих в лаковую изоляцию, влаги и металлов (особенно меди).

Вода, не только снижает электрическую прочность масла, но и ускоряет процессы его окисления и разрушения изоляции, особенно хлопчатобумажной.

Трансформаторное масло должно удовлетворять ряду требований: хорошо отводить тепло от нагретых частей трансформатора, иметь высокие теплоемкость и теплопроводность, а также малую вязкость; не содержать кислот серы, поскольку даже небольшое количество этих веществ действует разрушающе на изоляцию обмоток; обладать высокой электрической прочностью, т.е. не содержать воды, которая резко ее снижает. Температура воспламенения масла должна быть значительно выше рабочей температуры трансформатора (обычно 180 °С).

Трансформаторное масло подвержено старению, т.е. со временем изоляционные свойства масла ухудшаются, поэтому его периодически необходимо очищать от посторонних веществ, а через определенное время менять.

Образующиеся при старении твердые смолообразные примеси могут быть не растворимыми и растворимыми в горячем масле. Выпадая в виде осадка на обмотках и других частях трансформатора, они затрудняют теплоотвод от нагретых частей, а растворяясь в масле, значительно ухудшают его электрическую прочность. В процессе старения масла в нем также образуются кислоты и влага, которые резко снижают уровень изоляции в трансформаторах.

Применяют три метода испытания трансформаторного масла: полный химический анализ, сокращенный анализ и определение

только электрической прочности. Трансформаторное масло, имеющееся у предприятия-заказчика и предназначенное для заливки или доливки в трансформатор, подвергают полному химическому анализу, а масло из баков трансформаторов, прибывающих с завода-изготовителя, – сокращенному. Масло, не отвечающее нормам при испытании на пробу, подвергают сушке.

Перед включением трансформатора под напряжение из бака вновь отбирают пробу масла для сокращенного анализа, заключающегося в определении электрической прочности, температуры вспышки, кислотного числа и реакции водной вытяжки или содержания взвешенного угля и механических примесей.

Полный анализ проводится по всем показателям в соответствии ГОСТ 10121–76.

Для отбора проб масла в трансформаторах предусмотрены соответствующие краны и пробки.

Пробу необходимо отбирать с большей тщательностью, так как грязь, волокна, пыль и влага, попавшие при этом в масло, могут привести к искажению результатов измерения и неправильному заключению о его состоянии.

Условия отбора проб масла из трансформаторов приведены в табл. 13.3.

С целью удаления вредных примесей и влаги масло подвергают очистке и сушке с помощью центрифуги (сепаратора) и фильтр-пресса. Характеристики способов и операций по очистке и сушке масла приведены в табл. 13.4.

Барабан сепаратора, предназначенный для пурификации, имеет верхнюю тарелку с горловиной и нижнюю тарелку с подводящими отверстиями, а барабан сепаратора, предназначенный для кларификации, – верхнюю тарелку без горловины и нижнюю тарелку без подводящих отверстий, при этом производительность последнего в среднем на 25...30 % выше, а следовательно, он имеет преимущественное применение при очистке трансформаторного масла.

При механической очистке масла (центрифугами и фильтр-прессами) удаляются продукты, находящиеся в масле только в нерастворенном виде – вода, уголь, механические примеси. Воздух же, находящийся в масле, ускоряет процесс его старения, поэтому лучше применять вакуумные центрифуги.

Рекомендации по выбору маслоочистительного аппарата и температуры подогрева масла в зависимости от наличия в нем примесей приведены в табл. 13.5.

Очистку масла, содержащего значительное количество влаги (сырого), следует вести сначала способом пурификации, а затем способом кларификации или фильтр-прессом. При последовательном включении центрифуги и фильтр-пресса температура входящего масла указывается для центрифуги.

Для сушки масла в монтажных условиях применяют передвижные мастерские на базе автоприцепа, укомплектованные сепаратором и другим необходимым оборудованием.

Сушка и очистка масла центрифугой или фильтр-прессом — длительный и трудоемкий процесс, например сушка емкости с маслом в 45...50 т затягивается до семи суток.

Необходимость в сушке трансформатора может возникнуть только при нарушенных правилах его транспортирования, хранения и монтажа.

Таблица 13.3

Условия отбора проб масла

Операция	Технологические указания
Подбор посуды	Взять стеклянную банку с широким горлом и притертой пробкой или стеклянную и удобную бутылку с корковой пробкой, обернутой пергаментной бумагой. Емкость посуды должна быть не менее 0,5 л при испытании на электрическую прочность, 0,7...0,8 л — для сокращенного анализа и 1,5 л — для полного химического анализа
Подготовка посуды	Промыть с мылом и щелочным раствором, просушить посуду в течение 2 ч при температуре 90 °С и закрыть пробками. Сделать наклейки с маркировкой (номер, дата отбора, аппарат и др.) При повторном использовании бутылок обязательно каждый раз менять пробки
Температурные условия для отбора посуды	Летом в сухую погоду, зимой — в морозную, без осадков. Температура посуды для отбора пробы не должна отличаться от температуры заливаемого масла более чем на 3...5 °С. Отбор пробы производится при температуре масла не ниже +5 °С
Подготовка к отбору пробы	Обтереть чистой тряпкой кран от пыли и грязи. Спустить в ведро 3...5 л масла. Вторично спустить немного масла для промывки крана. Промыть два раза посуду маслом из бака трансформатора
Отбор масла на пробу из трансформатора	Производить из нижнего бокового крана или специального крана-пробки. Из трансформаторов, транспортируемых без масла, — через пробку в дне бака. После отбора масла посуду немедленно закрыть пробкой. Для транспортировки пробки залить парафином или сургучом. Стеклянную посуду, внесенную в холодное время с улицы в помещение, вскрывать после того, как она нагреется до температуры помещения

Способы сушки и очистки трансформаторного масла

Способ	Характеристика способа	Область применения
Центрифугирование (сепарация) в зависимости от характера загрязнения масла:	В барабане центрифуги под действием центробежной силы масло разделяется на несколько слоев: по стенкам — наиболее тяжелый слой загрязнений, далее — более легкие слои воды и масла, а в центре — наиболее легкие жидкость или воздух	Очистка масла, содержащего значительное количество загрязнений и воды
осветление (кларификация)	Центрифуга используется с барабаном-кларификатором для отделения от масла механических примесей и воды, при этом продукты очистки собираются в грязевике барабана	Очистка масла от шлака, угля и воды, содержащейся в нем в небольшом количестве (0,3...0,4 %), не требующем отвода
очистка (пурификация)	Центрифуга используется с барабаном-пурификатором, при этом загрязненное масло, содержащее 3 % и более воды, рассматривается как смесь двух жидкостей с различным удельным весом, которые можно отделить друг от друга	Очистка масла от воды с ее непрерывным отводом
Сепарация с помощью центрифуги открытого типа (без вакуума)	Удаление наиболее опасной примеси масла — воды в виде осадка или эмульсии (т. е. находящейся во взвешенном состоянии). Но масло при этом значительно насыщается воздухом — окисляется	Удаление влаги, находящейся в масле во взвешенном состоянии
Использование вакуумного сепаратора	Более глубокая и полная сушка трансформаторного масла, удаление из него влаги и воздуха, а также сушка масел, обладающих гигроскопичностью	Удаление из масла растворенных в нем влаги и воздуха

Окончание табл. 13.4

Способ	Характеристика способа	Область применения
Использование определенного температурного режима при сепарации	С повышением температуры масла взвешенная в нем влага удаляется легче и производительнее, чем при нормальной температуре. Производительность центрифуги повышается, но при этом возрастает растворимость влаги в масле. Нагрев следует производить в пределах 40...60 °С	Удаление из масла влаги и воздуха
Фильтрация масла фильтр-прессами	Очистка масла происходит в результате продавливания его через фильтровальную бумагу (картон), которая не только задерживает загрязнения, но и впитывает воду. Листы картона нарезают, пробивают в них отверстия и сушат в сушильном шкафу в течение 24 ч при 80...85 °С. Просушенный картон опускают в бак, заполненный сухим трансформаторным маслом	Очистка масла с незначительным количеством воды и загрязнений

Таблица 13.5

Рекомендации по выбору аппарата для очистки масла и температуры его подогрева

Примеси, содержащиеся в масле	Тип аппарата для очистки масла	Температура подогрева масла, °С
Уголь	ФП	45...50
Растворимый шлам, выпадающий в осадок при понижении температуры	Ц-кл	29...35
Вода	Ц-кл или ФП	35...45
Уголь и шлам нерастворимый	Последовательно Ц-кл и ФП	35...45
Уголь и вода	Ц-кл или ФП	50...55
Вода и шлам нерастворимый	Ц-кл или ФП, последовательно Ц-кл и ФП	30...35
Уголь, вода и шлам	Ц-кл и ФП	30...35

Примечание: ФП – фильтр-пресс; Ц-кл – центрифуга с барабаном-кла-рификатором.

Контроль состояния изоляции трансформатора

Допустимость включения трансформаторов без сушки определяется результатами комплекса испытаний и измерений с учетом условий, в которых он находился до начала монтажа и в процессе его выполнения.

Условия включения трансформаторов без сушки и необходимость сушки их активной части регламентируются Инструкцией по контролю изоляции трансформаторов перед вводом в эксплуатацию, а также Инструкцией транспортирования, хранения, монтажа и ввода в эксплуатацию силовых трансформаторов на напряжение до 35 кВ включительно без ревизии их активных частей.

Краткая характеристика методов контроля влажности. Существуют следующие методы оценки степени увлажнения главной изоляции трансформаторов, залитых маслом:

измерение 15 и 60-секундного сопротивления изоляции обмоток (R_{15} и R_{60}) и нахождение коэффициента абсорбции;

измерение тангенса угла диэлектрических потерь обмоток;

измерение емкостей обмоток при частоте тока 2 и 50 Гц и определение отношения C_2/C_{50} (метод «емкость – частота»);

определение отношения $\Delta C/C$ обмоток в начале и конце осмотра, в случае если при монтаже производился осмотр активной части трансформатора без масла (метод «емкость – время»);

измерение емкостей холодных и нагретых обмоток и определение их отношения $C_{гор}/C_{хол}$, если по условиям монтажа необходимо подогреть трансформатор в масле (метод «емкость – температура»).

Коэффициент абсорбции определяется зависимостью сопротивления изоляции обмоток от времени приложения напряжения. Измерив мегомметром сопротивление изоляции обмоток через 15 и 60 с после подачи напряжения, можно найти коэффициент абсорбции, равный отношению R_{60}/R_{15} . Если при температуре 10... 30 °С отношение R_{60}/R_{15} равно 1,3, коэффициент абсорбции соответствует норме.

Тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg } \delta$ характеризует общее состояние изоляции, являясь показателем ее увлажнения и потерь в ней.

Отношение активной мощности, потребляемой изоляцией при подаче напряжения, к реактивной называется тангенсом угла диэлектрических потерь и измеряется в процентах.

Значение $\text{tg } \delta$ обмоток трансформатора с напряжением до 35 кВ и мощностью менее 2500 кВ·А не должно превышать 1,5 % при 10 °С; 2 % – при 20 °С; 2,6 % – при 30 °С и 8 % – при 70 °С.

Если к отрезку металлического проводника сначала подключить постоянное напряжение, а затем – переменное с равным действующим

значением, то потери энергии в том и другом случае будут одинаковы, т.е. $P_{\sim} = P_{-}$.

Потери же энергии в диэлектрике при переменном напряжении будут во много раз больше потерь энергии при постоянном напряжении, т.е. $P_{\sim} \gg P_{-}$.

Диэлектрическими потерями называют энергию, рассеиваемую в единицу времени в диэлектрике при воздействии на него электрического поля и вызывающую его нагрев.

Активная мощность, Вт, теряемая в диэлектрике при постоянном напряжении U , В, определяется по формуле $P = UI$, где I – ток проводимости через диэлектрик, А.

Активная мощность, Вт, теряемая в диэлектрике, при переменном напряжении, В, определяется по формуле

$$P_a = U^2 2\pi f C \operatorname{tg} \delta,$$

где f – частота тока, Гц; C – емкость диэлектрика (изоляции), Ф; δ – угол диэлектрических потерь.

Из формулы видно, что при заданных напряжениях U , частоте тока f и емкости диэлектрика C активные потери в нем зависят от значения $\operatorname{tg} \delta$.

Углом диэлектрических потерь называется угол, дополняющий до 90° угол сдвига фаз φ между током и напряжением в емкостной цепи (рис. 13.16). В случае идеального диэлектрика вектор тока в такой цепи будет определенно опережать вектор напряжения на угол 90° ; при этом угол δ будет равен нулю. Чем больше рассеиваемая в диэлектрике мощность, переходящая в тепло, тем меньше угол сдвига фаз φ и тем больше угол диэлектрических потерь δ , а следовательно, и его функция $\operatorname{tg} \delta$.

У жидких и твердых диэлектриков высшего класса $\operatorname{tg} \delta = (2 \dots 6) \cdot 10^{-4}$, у остальных $\operatorname{tg} \delta = 0,002 \dots 0,05$.

Таким образом, $\operatorname{tg} \delta$ определяет потери энергии в диэлектриках.

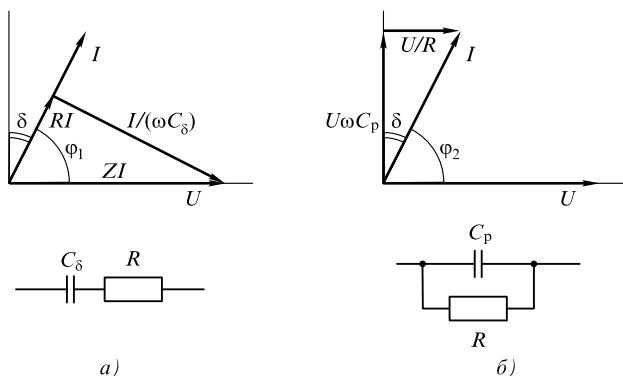


Рис. 13.16. Векторные диаграммы и эквивалентные схемы – последовательная (а) и параллельная (б), для определения потерь диэлектрика

Метод «емкость – частота» основан на зависимости емкости обмоток от частоты проходящего по ним тока при неизменной температуре.

Специальным прибором контроля влажности (ПКВ-7 или ПКВ-13) при температуре 10...30 °С измеряют емкость обмоток при частоте тока 2 Гц (C_2) и 50 Гц (C_{50}).

Отношение C_2/C_{50} должно быть не более 1,1 при 10 °С; 1,2 – при 20 °С и 1,3 – при 30 °С.

Метод «емкость – время» основан на определении относительного прироста емкости испытуемой обмотки $\Delta C/C$ во времени при одной и той же температуре, что позволяет обнаружить даже незначительное увлажнение изоляции трансформатора.

Метод «емкость – температура» основан на изменении диэлектрической постоянной изоляции, а следовательно, и емкости обмоток в зависимости от температуры.

Влияние температуры на диэлектрическую постоянную увлажненной изоляции проявляется сильнее, чем сухой. Максимально допустимое значение отношения $C_{\text{гор}}/C_{\text{хол}}$ обмоток в масле составляет 1,1.

Измерение параметров изоляции производят при ее температуре не ниже 10 °С и не ранее чем через 12 ч после окончания заливки бака трансформатора маслом.

Включение трансформаторов без сушки. Допустимость включения трансформатора без сушки определяется следующими критериями.

1. Уровень масла в трансформаторе в пределах отметок маслоуказателя.

2. Уровень масла ниже отметок маслоуказателя, но обмотки и переключатель напряжения покрыты маслом.

3. Герметичность трансформатора испытана избыточным давлением столба масла высотой 1,5 м в течение 3 ч.

4. Пробивное напряжение масла не ниже 25 кВ для трансформаторов с напряжением до 15 кВ и не ниже 30 кВ для трансформаторов напряжением 15...35 кВ.

5. Снижение пробивного напряжения на 5 кВ (см. п. 4).

6. Коэффициент абсорбции $R_{60}/R_{15} \geq 1,3$ при температуре 10...30 °С.

7. Сопротивление R_{60} соответствует паспортным нормам, $R_{60}/R_{15} \geq 1,3$ при температуре 10...30 °С.

8. Сопротивление R_{60} соответствует паспортным нормам или $R_{60} \geq R_{\text{пер}}$ ($R_{\text{пер}}$ – заводское значение R_{60} , пересчитанное к монтажным условиям).

9. Отношение емкостей обмоток C_2/C_{50} соответствует нормам.

10. Тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg } \delta$ соответствует нормам (измеряется с помощью моста МД-16).

Варианты сочетания критериев для определения возможности включения трансформаторов различных групп в эксплуатацию без сушки

Группа трансформатора	Мощность трансформатора, кВ·А	Варианты сочетания критериев
I	До 100	1,4; 2,4; 2,10; 1,5,9; 1,5,11
	100...1000	1,4,6; 2,4,6,9; 2,4,6,10; 1,5,6,9; 1,5,6,10; 1,4,9; 1,4,10
II	1600...6300	1,4,7; 2,4,7,9; 2,4,7,10; 1,5,7,9; 1,5,7,10; 1,4,9; 1,4,10
III	10 000 и более	3,4,8,9; 3,4,8,11

11. Значение $\operatorname{tg} \delta$ соответствует нормам или $\operatorname{tg} \delta \leq 1,3 \operatorname{tg} \delta_{\text{пер}}$ ($\operatorname{tg} \delta_{\text{пер}}$ – заводское значение, пересчитанное к монтажным условиям).

Приведенные критерии получают по специально разработанным методикам в соответствии с нормами испытания электрооборудования.

В зависимости от условий транспортировки и хранения, а также от мощности и напряжения трансформаторы подразделяются на пять групп:

I группа – трансформаторы мощностью до 1000 кВ·А, с напряжением до 35 кВ включительно, транспортируемые с маслом и расширителем;

II группа – трансформаторы мощностью от 1600 до 6300 кВ·А, с напряжением до 35 кВ включительно, транспортируемые с маслом и расширителем;

III группа – трансформаторы мощностью 10000 кВ·А и выше, с напряжением до 35 кВ включительно, транспортируемые с маслом без расширителя.

К IV и V группам относятся трансформаторы с напряжением 110 кВ и выше и здесь не рассматриваются.

Допустимость включения трансформатора без сушки определяется различным сочетанием приведенных выше критериев (табл. 13.6).

Контрольный прогрев, контрольная подсушка и сушка трансформаторов

Трансформаторы любой мощности подвергаются контрольному прогреву в следующих случаях:

если имеются признаки увлажнения масла, с которым прибыл трансформатор, или время хранения на монтаже без доливки масла превышает время, указанное в инструкции (но не более 7 мес.);

если время пребывания активной части трансформатора на воздухе превышает время, определенное инструкцией (но не более чем вдвое);

если характеристики изоляции не соответствуют нормам.

Контрольный прогрев трансформатора обычно осуществляют за счет потерь в обмотках при постоянном токе или индукционных потерь в стали бака.

Более экономичным является метод нагрева обмоток постоянным током, так как в этом случае нет необходимости наматывать поверх бака индукционную обмотку и потребление электроэнергии резко уменьшается.

Дополнительный нагрев возможен от электронагревательных приборов закрытого типа, размещаемых под дном бака. Мощность электронагревателей выбирают из расчета 1...2 кВт при атмосферном давлении на 1 м² от поверхности дна бака.

Контрольный прогрев производят при атмосферном давлении в собственном баке, заполненном маслом, за счет тепла в обмотках, выделяемого при прохождении по ним постоянного тока.

Трансформатор с помощью постоянного тока нагревают до тех пор, пока температура верхних слоев масла не превысит наибольшую из температур, указанных в его паспорте, на 10 °С, а при нагреве его за счет индукционных потерь в баке – на 20 °С. Во всех случаях в режиме контрольного прогрева температура верхних слоев масла не должна превышать 75 °С.

Целью контрольного прогрева является улучшение характеристик изоляции до уровня, удовлетворяющего условиям включения без сушки.

Если по результатам измерения после прогрева эта цель не достигнута, производят контрольную подсушку. Также ее производят, если срок хранения трансформатора без доливки масла более 7 мес., но менее одного года.

Контрольная подсушка отличается от контрольного прогрева тем, что в баке трансформатора создают разрежение, равное 46 кПа, а верхние слои масла нагревают до 80 °С.

Для обеспечения возможности создания вакуума в баке, заполненном маслом, последнее сливают до уровня примерно на 150 мм ниже крышки.

Оптимальное время режима подсушки после достижения верхними слоями масла температуры 80 °С составляет 36 ч для трансформаторов мощностью до 80 000 кВ·А и 54 ч – для трансформаторов большей мощности. Через каждые 12 ч подсушки для выравнивания температуры и влажности масло прокачивают че-

рез трансформаторы в течение 4 ч. Для прокачивания применяют шестеренчатые масляные насосы, имеющие производительность не менее $4\text{ м}^3/\text{ч}$.

Когда характеристики изоляции достигнут нормы, подсушка прекращается (но не раньше чем через 24 ч после достижения температуры 80°C). Схема подсушки трансформатора показана на рис. 13.17.

Если контрольная подсушка не дает положительных результатов, трансформатор подвергают сушке.

Сушку трансформаторов любых мощностей обязательно производят в следующих случаях:

- наличие следов воды на активной части или баке;
- превышение нормированной продолжительности пребывания активной части на воздухе более чем вдвое;
- хранение трансформатора без доливки масла более одного года;
- несоответствии характеристик изоляции нормам после контрольной подсушки.

Наиболее распространенными являются следующие способы сушки:

- в собственном баке индукционным нагревом;
- в собственном баке нагревом токами нулевой последовательности (для трансформаторов мощностью $100 \dots 400 \text{ кВ}\cdot\text{А}$);
- нагревом бака инфракрасным излучением;
- в стационарном сушильном шкафу при максимальном вакууме;
- специальной камере (шкафу) без вакуума.

Сушку производят в одном из трех режимов:

- с естественной вентиляцией;
- принудительной вентиляцией;
- в вакууме с подсосом воздуха.

Допустимое разрежение зависит от конструкции бака и напряжения трансформатора.

При сушке в волнистых баках или в баках с установленными радиаторами допустимое разрежение – 200 мм рт. ст. (27 кПа), а при сушке в гладких баках – 350 мм рт. ст. (4 кПа).

Наиболее широко применяется сушка активной части трансформатора за счет индукционных потерь в кожухе, возникающих при нагреве последнего вихревыми токами, образующимися в результате воздействия переменного магнитного потока. При изменении

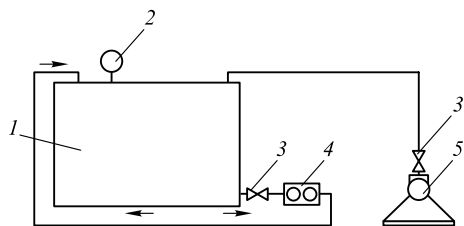


Рис. 13.17. Схема подсушки трансформатора: 1 – бак трансформатора; 2 – вакуумметр; 3 – кран; 4, 5 – соответственно масляный и вакуумный насосы; стрелками обозначено движение масла

магнитного потока с помощью специальной намагничивающей обмотки, наматываемой на кожух и питаемой переменным током, вихревые токи нагревают кожух, а следовательно, через воздушную прослойку нагревается и активная часть.

Перед сушкой масло из бака трансформатора необходимо полностью слить.

Для обеспечения равномерности нагрева обмотку располагают по нижней и верхней частям бака, оставляя около $1/4$ его высоты свободной. В нижней части бака укладывают 60...65 % от общего числа витков обмотки. Нагрев регулируют подбором числа витков обмотки.

Расчеты сечения провода, числа витков намагничивающей обмотки, а также мощности, необходимой для нагрева трансформатора, приведены в соответствующих справочниках.

Для устранения отставания нагрева нижней части бака от верхней дополнительно подогревают дно бака трансформатора воздуходувкой или с помощью закрытых электропечей. Теплоизоляция бака создает благоприятные условия для ускорения сушки и экономии электроэнергии. Ее обычно выполняют двухслойной из асбестовых листов толщиной 4...5 мм, а крепят шпагатом или киперной лентой (но не проволокой). Крышку утепляют во избежание конденсации на ней влаги. Для контроля температуры устанавливают термпары в средней части обмотки и термометры на баке.

Надежность уплотнений проверяют путем плавного увеличения разрежения. Затем производят пробный нагрев трансформатора. Примерно в течение часа на разных ступенях регулировки сопоставляют результаты измерения токов с расчетными данными и наблюдают за скоростью нагрева бака. Если результаты пробного нагрева удовлетворительны, трансформатор считают готовым к сушке.

Сушка трансформатора за счет индукционных потерь начинается с разогрева, при котором необходимо обеспечить плавный рост температуры кожуха (регулировкой числа витков). Продолжительность разогрева кожуха трансформаторов средней мощности колеблется в пределах 12...15 ч.

Необходимо тщательно контролировать температурный режим сушки, не допуская увеличения температуры обмоток более 105°C и кожуха более 120°C . Сушка производится под вакуумом.

Первым показателем окончания сушки является установившееся (в течение 6 ч) сопротивление обмоток при постоянных разрежении и температуре обмоток.

Второй показатель — исчезновение или незначительное выделение конденсата. После окончания сушки и снижения температуры обмоток трансформатора до $75...80^{\circ}\text{C}$ его бак заполняют вы-

сушенным маслом под вакуумом (при отсутствии контакта с воздухом) через нижний кран. Трансформаторы на напряжение до 35 кВ включительно разрешается заливать без вакуума при температуре масла не ниже 10 °С. В процессе сушки и заливки трансформатора маслом температуру нагрева бака и активной части регулируют периодически включением и отключением питания намагничивающей обмотки.

Схема сушки трансформатора за счет индукционных потерь приведена на рис. 13.18.

Сушка трансформатора инфракрасными излучениями выполняется в тепляках или закрытых камерах.

Электромагнитные волны, вызывающие большой нагрев пластинки и находящиеся за красным спектром, где глаз уже не обнаруживает света, называются инфракрасными. Их испускает любое нагретое тело даже в том случае, когда оно не светится. Например, нагретая печь или батареи отопления в квартире испускают инфракрасные волны, вызывающие заметное нагревание окружающих тел. Поэтому инфракрасные волны часто называют тепловыми.

Длина не воспринимаемой глазом инфракрасной волны превышает длину волны красного света. Максимум энергии излучения электрической дуги и лампочки накаливания приходится на инфракрасные лучи.

Рекомендуется инфракрасный обогрев сопровождать обдувом подогретым воздухом. При этом необходимо следить за равномерным обогревом всех сторон активной части.

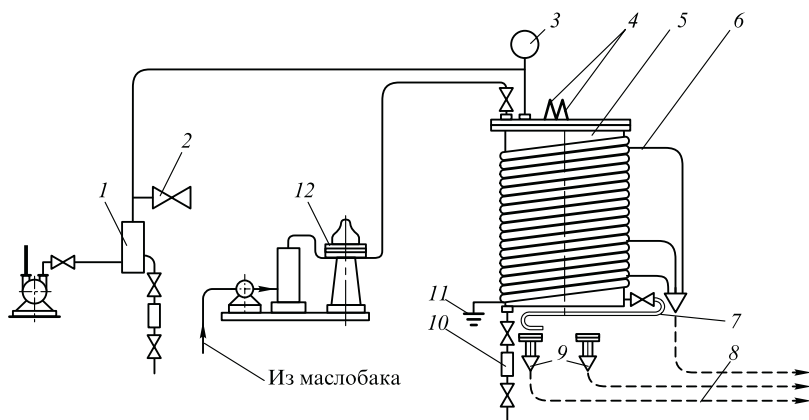


Рис. 13.18. Схема сушки трансформатора за счет индукционных потерь:
 1 – вакуумная установка; 2 – кран для регулирования разряжения; 3 – вакуумметр; 4 – временные вводы для измерения; 5 – трансформатор; 6 – намагничивающая обмотка; 7 – труба для продувки горячим воздухом; 8 – питающие кабели; 9 – электрическая печь; 10 – отстойник для слива масла; 11 – заземление бака; 12 – сепаратор (центрифуга)

Сушка в тепляке горячим воздухом от воздуходувки, являющаяся длительным и устаревшим способом удаления влаги из обмоток, все еще широко применяется вследствие своей простоты и возможности использования общеупотребительной оснастки. После того как с активной части стечет масло, ее помещают в камеру, выполняемую из отдельных щитов.

Устройство утепления из войлока, стружек, бумаги, опилок и горючих материалов не допускается.

Нагрев производится змеевиками, размещенными в камере, через которые пропускается пар под низким давлением, или воздуходувками для отсоса паров, выделяющихся из сердечника при сушке. Вверху камеры устанавливается вытяжная труба высотой 0,5 м с задвижкой. В обмотки вставляют три или четыре термометра, также помещают термометры на стенках и крышке камеры.

Выбор способа сушки зависит от многих обстоятельств: степени увлажнения трансформатора и его размеров; наличия источников нагрева, оборудования, приспособлений и т. д. Однако во всех случаях выбор должен определяться временем сушки и расходом электроэнергии.

По окончании сушки трансформатора его бак заполняют маслом. Трансформаторы с напряжением до 35 кВ включительно заливают без вакуума маслом, имеющим температуру не ниже +10 °С. При этом температура активной части трансформатора должна быть выше температуры масла. Трансформаторы с напряжением 110 кВ и выше заливаются под вакуумом, на который рассчитана их конструкция: при напряжении 110... 150 кВ – 350 мм рт. ст. (47 кПа), при напряжении 220... 500 кВ остаточное давление не более 10 мм рт. ст. (1,3 кПа).

Подготовка и заливка трансформаторов маслом производится в следующем порядке:

1. Присоединяют трубы вакуум-насоса в линии подачи масла к соответствующим патрубкам и фланцам на крышке бака.

2. Для создания одинакового вакуума соединяют штуцер расширителей маслonaполненных вводов с баком трансформатора.

3. На баке устанавливают временной измеритель уровня масла для контроля скорости заливки.

4. На крышке устанавливают вакуумметр или прибор ВСБ-1 для измерения остаточного давления в баке, обеспечивающие точность контроля вакуума и остаточного давления.

5. Закрыв вентиль маслопровода на крышке бака, открывают там же вентиль вакуум-провода и равномерно, ступенями по 100 мм рт. ст. (13,3 кПа), через каждые 15 мин создают разрежение в баке (до значений, указанных ранее), после чего закрывают вентиль на крышке бака и останавливают вакуум-насос.

Проверяют через 1 ч. показание вакуумметра или прибора для измерения остаточного давления: натекание не должно превышать 20 мм рт. ст. (2,7 кПа).

6 После проверки герметичности активную часть выдерживают в баке под вакуумом (трансформаторов с напряжением 110... 150 кВ в течение 2 ч, а с напряжением 220... 500 кВ в течение 20 ч).

7. Включают вакуум-насос, открывают вентиль маслопровода на крышке и начинают заполнение бака трансформаторным маслом, которое должно быть проверено на электрическую прочность и tg δ .

Заливку масла в бак производят со скоростью не более 3 т/ч. Температура заливаемого масла должна быть: для трансформаторов с напряжением 220... 500 кВ – не ниже 45 °С, а с напряжением 110... 150 кВ – не ниже 10 °С. Температуру и скорость поступления масла в бак контролируют в процессе всей заливки.

8. При уровне заливки на 150... 200 мм ниже крышки подачу масла прекращают, отключают систему заливки и пропитывают изоляцию под вакуумом: трансформаторов с напряжением 110... 150 кВ в течение 6 ч, а с напряжением 220... 500 кВ в течение 10 ч.

9. Постепенно подавая воздух через силикагелевый воздухоосушитель, снимают разрежение и пропитывают изоляцию при атмосферном давлении: трансформаторов с напряжением 110... 150 кВ в течение 3 ч, а с напряжением 220... 500 кВ в течение 5 ч.

Сборка и установка трансформаторов

Окончательная сборка трансформатора производится после заливки его маслом в следующем порядке:

1. Устанавливают постоянные вводы (перед заливкой трансформатора маслом, если не производилась сушка изоляции и не были установлены временные вводы для вакуумирования и замеров сопротивления изоляции во время сушки).

2. Монтируют систему охлаждения (монтаж циркуляционной системы охлаждения типа Ц и выносной системы охлаждения типа ДЦ выполняют после установки трансформатора на фундамент).

3. Устанавливают на бак расширитель и выхлопную трубу.

4. Устанавливают газовое реле и сигнальные манометрические термометры.

5. Устанавливают термосифонные фильтры. Присоединяют к расширителю воздухоосушитель и трубопровод для доливки масла.

6. Монтируют силовые и контрольные кабели в соответствии в чертежами.

7. Устанавливают газоотводящие трубопроводы.

8. Доливают в трансформатор масло и заполняют маслом системы охлаждения.

9. Перекачивают и устанавливают на фундамент.

7. Наворачивают и уплотняют контактный зажим, закрывают и уплотняют люки, уплотняют пробки в отверстиях выпуска воздуха.

8. Устанавливают съемные вводы, уплотнив их резиновыми прокладками, пропускают отводы и закрепляют их; обеспечив надлежащее уплотнение, устанавливают контактный зажим.

Монтаж прямотрубных радиаторов и вентиляторов, расширителя и выхлопной трубы. Монтаж прямотрубных радиаторов и вентиляторов производят в следующем порядке:

1. Устанавливают на трансформатор кронштейны для крепления вентиляторов и обдува радиатора, производят ревизию электродвигателя и крыльчатки, устанавливают радиаторы с вентиляторами, как показано на рис. 13.20.

2. Снимают заглушки с радиаторных кранов и проверяют, не просачивается ли масло, очищают фланцы радиаторных кранов, проверяют уплотняющие прокладки (из маслостойкой резины толщиной 10 мм), в случае необходимости их заменяют.

Промывку и испытание радиатора выполняют лишь при обнаружении повреждений или при нарушении герметизации.

3. Поднимают прямотрубный радиатор, подготовленный к установке и испытанный, автомобильным краном К-32 (грузоподъемность 3 т) за приваренную в верхней части скобу, устанавливают его на шпильки верхнего радиаторного крана и навинчивают крепящие гайки на несколько витков резьбы.

Аналогично устанавливают радиатор на шпильки нижнего радиаторного крана.

4. После установки радиатора на шпильки верхнего и нижнего радиаторных кранов равномерно затягивают гайки, обеспечив также равномерное уплотнение.

Установив таким образом несколько радиаторов, расположенных под расширителем, монтируют сам расширитель и соединительный трубопровод с газовым реле.

Монтаж начинают с крепления на крышке трансформатора двух кронштей-

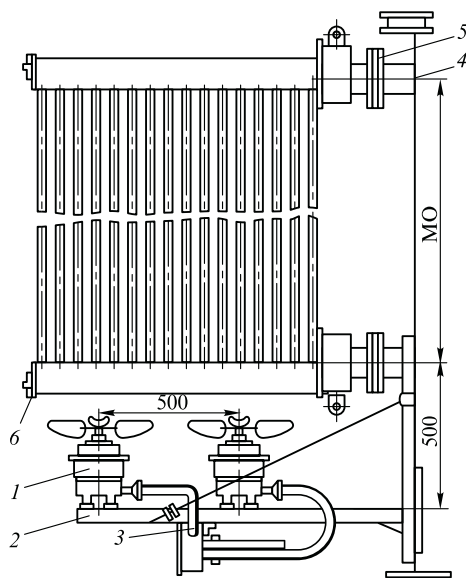


Рис. 13.20. Установка радиаторов и вентиляторов:

1 – вентилятор; 2 – радиатор; 3 – радиаторный кран; 4 – кронштейн; 5 – распределительная коробка; 6 – бак трансформатора

нов, на которых устанавливают расширитель без крепления. Затем, удалив из соединительного патрубка промежуточное звено между маслорасширителем и баком трансформатора, на его место на клингеритовых прокладках, покрытых глифталевым или бакелитовым лаком, устанавливают газовое реле, предварительно проверенное в лаборатории.

Располагаться реле должно строго горизонтально. Маслопровод между расширителем и баком трансформатора должен иметь уклон в сторону бака не менее 2° .

После установки газового реле, выверки и закрепления маслопровода закрепляют расширитель хомутами.

В смонтированном корпусе газового реле закрепляют поплавковую систему так, чтобы стрелка на ее крышке указывала направление движения масла от бака трансформатора к расширителю.

Реле уровня масла устанавливают на фланце дна расширителя на уплотняющей прокладке. Его действие проверяют при испытании расширителя на герметичность (маслом) с помощью лампы, которая гаснет при превышении установленного уровня масла, после чего ее отсоединяют и подключают контрольный кабель через сальник в коробке выводов. Расширитель заливают маслом. Затем устанавливают остальные радиаторы. При этом ранее установленные радиаторы через нижний кран при открытой пробке для выпуска воздуха заполняются маслом из расширителя. После появления масла из воздуховыпускного отверстия его герметически закрывают пробкой и открывают верхний кран радиатора.

Под каждым радиатором на кронштейнах монтируют по два вентилятора. Устанавливают магистральные и распределительные коробки и прокладывают по стенке бака кабель марки АВРГ в металлорукаве, закрепляя его скобами. Затем (при автоматическом управлении вентиляторами) монтируют шкаф управления типа ШД-2.

После монтажа электропитания вентиляторов измеряют сопротивление изоляции всех электрических цепей (норма 0,5 МОм при $10 \dots 30^\circ\text{C}$), проверяют вращение валов электродвигателей и нет ли биений крыльчаток вентиляторов. Подключив электродвигатели к трехфазной сети, проверяют правильность направления вращения крыльчаток (против часовой стрелки, если смотреть со стороны крыльчатки).

Выхлопную трубу подсоединяют вместо заглушки, находящейся на крышке трансформатора, закрепляют на новой уплотняющей прокладке и затягивают равномерно на все болты. Для обеспечения большей устойчивости трубу скрепляют с расширителем или крышкой трансформатора специальной планкой. Термометрический сигнализатор монтируют на специальной пластине, приваренной к стенке бака.

После монтажа системы охлаждения устанавливают **термосифонные и воздухоосушительные фильтры**.

Монтаж термосифонного фильтра производится в следующем порядке:

1. Разобрать фильтр и фильтрующее устройство, промыть сухим трансформаторным маслом и вновь собрать.

2. Установить фильтр на баке трансформатора аналогично установке радиатора.

3. Засыпать в фильтр через люк заранее подготовленный сухой просеянный силикагель марки КСК и промыть его сухим чистым трансформаторным маслом.

4. Заполнить фильтр маслом из бака трансформатора при незначительно открытом нижнем радиаторном кране и открытой пробке для выпуска воздуха на верхнем патрубке.

5. При появлении масла в отверстии для пробки закрыть радиаторный кран и дать отстояться маслу в фильтре в течение 1,5 ч, после чего выпустить немного масла из отстойника.

6. Открыть оба радиаторных крана, заполнить фильтр маслом полностью, открыть пробку для выпуска воздуха и долить масло в расширитель до нормального уровня.

Порядок монтажа воздухоосушительного фильтра следующий:

1. Разобрать, очистить и просушить его; заполнить патрон индикаторным силикагелем, установить стекло в смотровом окне;

2. Засыпать в цилиндр предварительно просушенный и просеянный силикагель марки КСМ так, чтобы под крышкой оставалось свободное пространство (15...25) мм;

3. Привести в рабочее состояние гидравлический затвор, т. е. залить через патрубок чистое сухое масло до отметки нормального уровня;

4. Установить фильтр и присоединить его к трансформатору через дыхательное отверстие расширителя.

Доливку масла в трансформатор и заполнение маслом системы охлаждения производят в следующем порядке:

1. Через верхнюю дыхательную пробку или через специальный трубопровод расширителя доливают в трансформатор масло до уровня максимальной отметки маслоуказателя со скоростью не более 4 т/ч. Характеристики масла должны соответствовать нормам (если доливается масло другой марки, необходимо проводить испытание их на смешиваемость).

2. Открывают нижние задвижки охладителей или плоские краны радиаторов и выворачивают воздуховыпускные пробки в их верхних частях, а также в верхних частях коробок выводов 6...35 кВ, установок трансформаторов тока, патрубков вводов, термосифонных фильтров, адсорберов и др.

3. После появления масла в отверстиях воздуховыпускных пробок последние вворачивают на место и уплотняют. Открывают верхние задвижки или плоские краны охладителей и радиаторов.

4. Доливают масло до отметки маслоуказателя, соответствующей температуре масла внутри бака.

Если в пробе масла, взятого из трансформатора, обнаруживаются увлажненность или загрязненность (механические примеси, повышенная кислотность), то производят перезарядку фильтра, т. е. его разбирают, очищают внутреннюю поверхность от грязи, шлама и промывают чистым сухим маслом; при необходимости заменяют сорбент.

В качестве сорбента в термосифонных фильтрах могут использоваться дробленый или гранулированный крупнопористый силикагель марки КСК и активная окись алюминия марки А-1 с зернами размером 2...7 мм. Количество сорбента и объем термосифонного фильтра должны определяться из следующей нормы: 1 % от полной массы масла в трансформаторе.

Для зарядки воздухоосушительных фильтров применяется сухой крупный мелкопористый силикагель марки КСМ с зернами размером от 0,2 до 7 мм, пропитанный раствором хлористого кальция. Индикаторный силикагель дополнительно пропитывается раствором хлористого кобальта.

Сорбенты, поставляемые в негерметичной упаковке (ящиках, бумажных мешках), перед засыпкой в фильтры необходимо просушивать прокаливанием при температуре 140 °С в течение 8 ч или при 300 °С в течение 2 ч. Индикаторный силикагель следует сушить при температуре 100...120 °С в течение 15...20 ч и, если сушка производится в металлической таре, дно и стенки ее должны быть выложены картоном для полного исключения соприкосновения индикаторного силикагеля с металлом.

Приготовление раствора для пропитки и пропитка силикагеля должны производиться в резиновых перчатках и под вытяжным колпаком. Просушенные сорбенты во избежание повторного увлажнения необходимо хранить в герметической таре в сухом месте.

Сорбенты, поставляемые в исправной герметичной железной таре (в железных запаянных барабанах), можно применять без сушки, но вскрытие тары должно производиться непосредственно перед засыпкой их в фильтры.

Установка трансформатора на фундамент. После сборки трансформатор поднимают на шпальную выкладку высотой 0,7 м, подводят под него каретки, устанавливают их шкворнями в отверстия балок, приваренных к днищу бака, и крепят к балке четырьмя болтами каждую, затягивая их до полного прилегания пластин кареток к балкам, но не до отказа. Трансформатор поднимают со шпальной выкладки и убирают ее. Затем его опускают катками кареток

на железнодорожный путь подстанции и окончательно затягивают резьбовые крепления кареток.

Перекатку трансформаторов на фундамент производят по рельсовому пути на собственных каретках, закрепив тросы за специальные приспособления на баке. Перекачивают его, используя электролебедки или тракторы и полиспасты, плавно, без рывков, со скоростью не более 8 м/мин. При этом направление тяговых усилий должно совпадать с направлением движения.

Изменение направления перекатки производится следующим образом:

- приподнимают трансформатор гидравлическими домкратами;
- выворачивают болты, крепящие каретки к пластинам на донных балках, и разворачивают каретки. При этом реборды катков устанавливают в соответствии с габаритным чертежом;

- опускают трансформатор на каретки и крепят каретки к баку болтами;

- не снимая собственных катков, устанавливают трансформатор на фундамент.

Трансформатор перемещают до фундамента, напротив которого в рельсовом пути устанавливают крестовину. Трансформатор устанавливают на пути так, чтобы центр каждой из четырех кареток располагался над пересечением рельсов. Домкратами приподнимают его с одной стороны над рельсами, чтобы была возможность повернуть две каретки. Установив страховочные упоры, поворачивают его вокруг шкворней на 90° и снова закрепляют две каретки. Опустив эти каретки уже на рельсовый путь фундамента, так же поворачивают две каретки с противоположной стороны трансформатора.

По правилам монтажа трансформатор должен находиться в таком положении, чтобы уклон его крышки обеспечивал надежную работу газового реле.

При размещении расширителя на узкой стороне трансформатора уклон должен составлять 1 % (или 1°), а при расположении его на широкой стороне – $1,5^\circ$. Для создания уклона под катки кареток со стороны расширителя подкладывают стальные прокладки, толщина которых $b = cl$, где $c = 0,01$ или $0,015$ – относительное значение нормированного уклона; l – расстояние между шкворнями соседних кареток в направлении уклона, мм. В любом случае толщина подкладок под каждым катком должна быть не менее 10 мм, а длина – не менее 150 мм. Катки на рельсах фиксируют упорами, а бак трансформатора заземляют. После этого к выводам трансформатора присоединяют внешние цепи.

Ошиновку трансформатора выполняют так, чтобы не создавать механических напряжений в фарфоре и других деталях вводов. Для ошиновки применяют алюминиевые кабели и шины, которые

подсоединяют к медным шпилькам вводов трансформаторов через медно-алюминиевые наконечники или переходные пластины. Используют также переходные пластины, изготовленные из листового лакированного алюминия.

У трансформаторов небольшой мощности перемычка между вводами низкого напряжения и распределительным щитом обычно выполняется проводами марок АПРТО или ПРТО, которые прокладывают по стальной полосе, прикрепляемой болтами к крышке бака трансформатора.

Испытание и наладка трансформатора. Испытание трансформаторов на маслоплотность производится до установки воздухоосушительного фильтра путем создания избыточного давления столба масла высотой 0,6 м над максимальным рабочим уровнем масла в расширителе в течение 3 ч. При этом температура масла в баке трансформатора должна быть выше нуля. Трансформатор считается маслоплотным, если при испытаниях не наблюдалось течи масла из разъемов и соединений его бака.

При подготовке трансформатора к включению необходимо:

1. Выполнить наладку системы охлаждения.
2. Наладить работу газовой защиты, для чего проверить:
 - правильность установки газового реле, верхний кран на крышке которого должен быть расположен не менее чем на 50 мм ниже минимально возможного уровня масла в расширителе;
 - соответствие установленной в газовом реле сменной лопатки уставке, обеспечивающей срабатывание реле;
 - несрабатывание газового реле при пуске и остановке циркуляционных насосов при всех возможных в эксплуатации комбинациях переключения вентилей в системе маслопровода;
 - сопротивление изоляции цепей газового реле мегомметром на 500 В.
3. Проверить и наладить работу реле уровня масла, контакты которого при снижении уровня масла в расширителе ниже допустимого должны замкнуться, а при заполнении расширителя – разомкнуться.
4. Проверить работу и установить в рабочее положение стрелки манометрических термометров.

Замыкание цепей и срабатывание сигнализирующей и отключающей аппаратуры проверяют переводя стрелки манометрических термометров вручную. Установка стрелок в рабочее положение производится на основании указаний предприятия-изготовителя.

5. Проверить вторичные цепи встроенных трансформаторов тока и работу токовой защиты.

Вторичные цепи трансформаторов тока должны быть подсоединены к приборам или защитным реле. Вторичные обмотки транс-

форматоров тока, не участвующие в работе, должны быть закорочены. Сопротивление изоляции вторичных цепей проверяется мегомметром на 1000 В (сопротивление изоляции не нормируется). Защитные реле должны срабатывать от тока.

Далее переходят к пробному включению трансформатора.

Подготовка к пробному включению. Перед включением трансформатора на номинальное напряжение необходимо:

1. Убедиться в исправности всех защит (газовой, максимальной токовой, дифференциальной и др.). Контакты газовой реле при первом включении соединить на отключение масляного выключателя.

2. Проверить действие и блокировку механизмов включения и отключения масляных (или воздушных) выключателей.

3. Проверить работу переключающего устройства регулирования напряжения под нагрузкой (РПН) с приводом и правильность положения всех указателей.

4. Проверить работу установки охлаждения трансформаторов, правильность положения всех радиаторных кранов и задвижек, а также крана, соединяющего бак и расширитель, и задвижек систем принудительной циркуляции масла (все необходимые краны и задвижки должны быть открыты).

5. Проверить уровень масла в расширителе и маслонаполненных вводах, состояние всех уплотнений, а также наличие и состояние маслоуказательных стекол на расширителе и вводах и стеклянной диафрагмы на выхлопной трубе.

6. Проверить состояние фарфоровых изоляторов вводов (отсутствие повреждений, пыли, краски, грязи) и надежность контактов в ошиновке и проводах.

7. Проверить заземление трансформатора.

8. Открыть пробки для выпуска воздуха (на вводах, переходных фланцах и люках) и выпустить воздух, попавший в трансформатор.

9. Удалить посторонние предметы с крышки трансформатора и убедиться в отсутствии закороток.

Если между окончанием монтажа и включением трансформатора прошло более 3 мес. (что недопустимо), необходимо дополнительно:

взять пробу масла при температуре не ниже $+5^{\circ}\text{C}$ и провести его испытание;

измерить сопротивление изоляции обмоток и проверить отношение R_{60}/R_{15} ;

измерить сопротивление постоянному току обмотки при рабочем положении переключателя.

Включение трансформатора. Трансформатор включают под напряжение только с задействованными защитами, чтобы в случае

неисправности он мог отключиться. Включение допускается не ранее чем через 12 ч после последней доливки масла. Сигнальные контакты газового реле устанавливают на отключение трансформатора, а максимальную токовую защиту – с нулевой выдержкой времени.

Трансформатор включают с номинальным напряжением на холостой ход не менее чем на 30 мин для прослушивания и наблюдения за его состоянием. Нормальная работа трансформатора сопровождается ровным звуком (без резкого гудения, повышенного местного шума, треска). При прослушивании трансформатора на холостом ходу разрешается включать выносную систему охлаждения типа ДЦ при отключенной основной системе охлаждения. При этом температура верхних слоев масла не должна превышать 75 °С.

Трансформатор следует отключить в следующих случаях:

при повышенном (либо неравномерном) шуме или треске внутри него;

ненормально возрастающей температуре масла, выбросе масла из расширителя или разрыве диафрагмы выхлопной трубы;

течи масла, вызывающей резкое снижение уровня масла в расширителе;

отсутствии масла в расширителях маслонеполненных вводов;

появлении трещин и сколов на изоляторах вводов и при наличии на них признаков дугового перекрытия, а также при появлении других явных признаков нарушения его нормальной работы.

После снятия напряжения устанавливают рабочую уставку максимальной токовой защиты и производят 3...5 включений трансформатора на полное номинальное напряжение для проверки настройки защиты от бросков намагничивающего тока.

При удовлетворительных результатах пробного включения трансформатор можно включить под нагрузку и сдать в эксплуатацию. Через 10 дней, а затем через месяц после включения трансформатор под нагрузку, необходимо взять пробы масла и испытать их.

Вопросы для самоконтроля

- I. 1. Что проверяется при внешнем осмотре трансформатора?
2. Каковы основные требования, предъявляемые к трансформаторному маслу?
3. Что такое старение масла?
4. Какие вы знаете методы контроля влажности изоляции?
5. Что такое диэлектрические потери в изоляции?
6. Какими методами осуществляется контрольный прогрев?
7. Как монтируются маслонеполненные вводы и радиаторы трансформатора?

- II. 1. Каковы условия монтажа трансформатора без ревизии?
 2. Каковы условия отбора проб масла?
 3. Как определяется влажность изоляции методом «емкость—частота»?
 4. Как контролируется влажность изоляции методом «емкость—температура»?
 5. Поясните принцип сушки за счет индукционных потерь в кожухе?
 6. Как монтируется расширитель трансформатора?
- III. 1. Каким образом заливают масло в трансформаторы до 35 кВ?
 2. Какие аппараты применяют для очистки трансформаторного масла?
 3. Назовите условия включения трансформаторов без сушки?
 4. Какова последовательность заливки трансформаторного масла?
 5. Как монтируются термосифонные и воздухоосушительные фильтры трансформатора?
 6. Как произвести подготовку трансформатора к пробному включению?

13.4. Трансформаторы тока

Устройство и схемы включения трансформаторов тока

Трансформаторы тока применяются для измерения больших токов, когда невозможно непосредственное включение измерительных приборов в контролируемые цепи. Использование трансформаторов тока позволяет устанавливать измерительные приборы на любом расстоянии от контролируемых цепей, концентрируя их в одном месте — на щите или пульте управления.

Трансформатор тока состоит из замкнутого магнитопровода, набранного из тонких литых листов электротехнической стали, и двух обмоток — первичной и вторичной.

Первичная обмотка трансформатора тока включается последовательно в линию (рис. 13.21), а его вторичная обмотка замыкается непосредственно на амперметр и цепи тока других измерительных приборов, которые тоже соединяются между собой последовательно, так как ток в них должен быть один и тот же.

Суммарное сопротивление амперметра и цепей тока измерительных приборов относительно мало (обычно меньше 1 Ом), поэтому трансформатор тока работает в условиях, близких к условиям короткого замыкания силового трансформатора.

Изменение тока в первичной обмотке трансформатора вызывает изменение тока в его вторичной обмотке, при этом вторичный ток пропорционален первичному.

Соотношение между токами и витками обмоток трансформатора тока имеет вид

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = K_{т.т.},$$

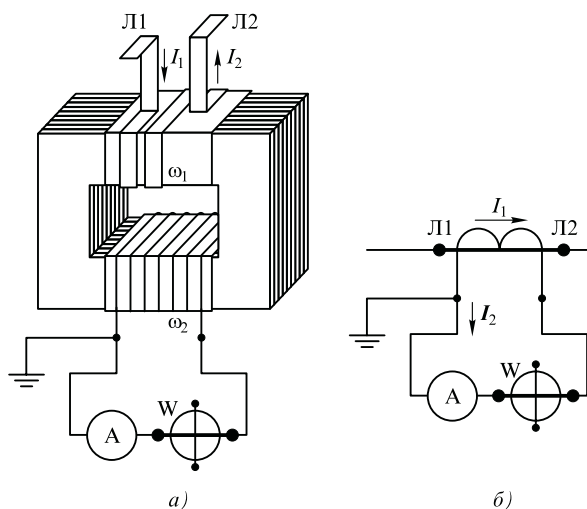


Рис. 13.21. Устройство, схема включения трансформатора тока (а) и его обозначение (б)

где I_1 , I_2 — соответственно первичный и вторичный токи; ω_1 , ω_2 — соответственно число витков первичной и вторичной обмоток; $K_{т.т}$ — коэффициент трансформации.

При этом магнитный поток, создаваемый током вторичной обмотки, направлен против магнитного потока, создаваемого током первичной обмотки, т. е. при их сложении образуется очень малый поток, замыкающийся в стали сердечника трансформатора. Когда же поток во вторичной обмотке отсутствует, например при обрыве ее цепи, в магнитопроводе трансформатора тока действует полный магнитный поток, создаваемый током первичной обмотки, т. е. весь первичный ток оказывается намагничивающим $I_1\omega_1 = I_1\omega_1$. Нормально $I_1\omega_1$ составляет примерно 0,5 % от $I_1\omega_1$. Многократное же увеличение намагничивающей силы, вызывающее очень большое возрастание магнитного потока (ограниченное насыщением сердечника), определяет потери в стали приблизительно пропорциональные его квадрату, т. е. сильное нагревание стали сердечника, опасное для целостности изоляции, которое в итоге может привести к короткому замыканию на землю высокого напряжения.

Кроме того, увеличение магнитного потока при размыкании вторичной цепи вызывает появление во вторичной обмотке ЭДС E_2 порядка сотен вольт и до 1,5 кВ в трансформаторах, рассчитанных на большие токи. Следовательно, возникает опасность для жизни человека. Поэтому, если необходимо отключить измерительные и защитные приборы при включенном трансформаторе тока, концы его вторичной обмотки замыкают накоротко.

Вторичный номинальный ток во всех трансформаторах тока составляет 5 А (в некоторых специальных случаях — 1 А).

В целях безопасности один зажим вторичной обмотки и стальной кожух трансформатора тока заземляются.

Особенности работы трансформатора тока определяют-ся тем, что у него независимой величиной является не первичное напряжение, а первичный ток I_1 , который в большинстве случаев во много раз больше вторичного тока I_2 , поэтому число витков первичной обмотки ω_1 должно быть во много раз меньше числа витков вторичной обмотки ω_2 . Для больших токов первичная обмотка выполняется в виде провода, продетого в окно стального сердечника (рис. 13.22).

Напряжение на зажимах первичной обмотки трансформатора тока во много раз меньше его вторичного напряжения (так как $\omega_2 > \omega_1$), а следовательно, если его вторичное напряжение несколько вольт, то первичное часто составляет порядка сотых долей вольта.

Увеличение сопротивления вторичной цепи трансформаторов тока почти не влияет на первичный ток I_1 , а вызывает лишь увеличение намагничивающей силы $I_1\omega_1$ и уменьшение $I_2\omega_2$, так как чем больше сопротивление вторичной цепи, тем больше должны быть ЭДС E_2 и магнитный поток, ее наводящий. Но чем больше E_2 , тем больше нарушается основное условие точной работы трансформатора тока: $I_1\omega_1 \ll I_2\omega_2$. Поэтому в трансформаторах тока должно указываться максимально допустимое сопротивление в цепи вторичной обмотки, обеспечивающее допустимые погрешности, т. е. это сопротивление тем меньше, чем выше точность трансформатора тока.

Точность измерений зависит от погрешности (ошибки) самих измерительных трансформаторов и присоединяемых к ним приборов.

Погрешности измерений трансформаторов тока разделяются на погрешности по коэффициенту трансформации, т. е. по напряжению или току, и угловые.

Погрешность по коэффициенту трансформации влияет на вторичные напряжения или токи при заданных первичных величинах. От нее зависит правильность показаний приборов, подсоединенных ко вторичной обмотке измерительных трансформаторов.

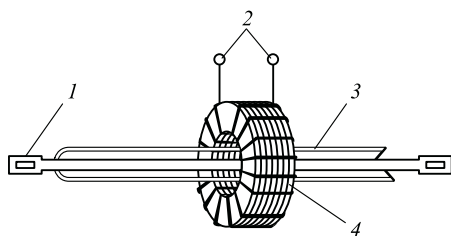


Рис. 13.22. Проходной трансформатор тока:

1 — первичная обмотка; 2 — зажимы вторичной обмотки; 3 — изолирующий цилиндр; 4 — сердечник

Угловая погрешность, влияющая только на показания приборов ваттметрового типа (ваттметры, фазометры, счетчики, реле мощности), определяется: постоянными факторами, зависящими от конструктивных параметров трансформатора (электрического сопротивления обмоток, магнитного сопротивления магнитопровода и др.), и переменными факторами, зависящими от эксплуатационных условий, т. е. от параметров нагрузки вторичной обмотки трансформатора.

Погрешности измерительного трансформатора определяют его класс точности, т. е. классам точности 0,2; 0,5; 1; 3; 10 соответствуют определенные значения допустимых погрешностей (в процентах) при номинальных токах. В промышленных установках используются преимущественно трансформаторы тока классов точности 0,5; 1; 3, для включения измерительных приборов служат трансформаторы классов точности 0,5 и 1, а трансформаторы третьего класса точности обычно применяются для включения приборов релейной защиты и простейших измерительных приборов (щитовых вольтметров, амперметров). При включении приборов через измерительные трансформаторы возникает погрешность, обычно не превышающая 1 % от измеряемой величины.

Трансформаторы тока выбирают по следующим параметрам: номинальному напряжению, рабочему току, классу точности вторичной обмотки, а также значениям термической и динамической устойчивости при прохождении токов короткого замыкания.

Трансформаторы тока в распределительных устройствах обеспечивают:

расширение пределов измерительных приборов с токовыми обмотками (амперметров, ваттметров, счетчиков);

питание токовых обмоток реле, а в некоторых случаях обмоток отключающих устройств приводов силовых выключателей;

отделение вторичных цепей от первичных.

Последний фактор имеет особое значение, так как определяет безопасность обслуживающего персонала. Вторичные обмотки трансформаторов тока и их корпуса, как правило, соединяют с землей.

Для правильного соединения нескольких трансформаторов тока в общую схему и присоединения к ним приборов необходимо знать их полярность, т. е. соответствуют ли начало и конец первичной обмотки началу и концу вторичной обмотки, для чего их маркируют: начало первичной обмотки, включаемой в линию, обозначают Л1, а ее конец – Л2; начало и конец вторичной обмотки обозначают соответственно И1 и И2.

В зависимости от характера нагрузки, задач измерения и видов релейной защиты в линиях трехфазного тока измерительные трансформаторы устанавливают на одной, двух или трех фазах.

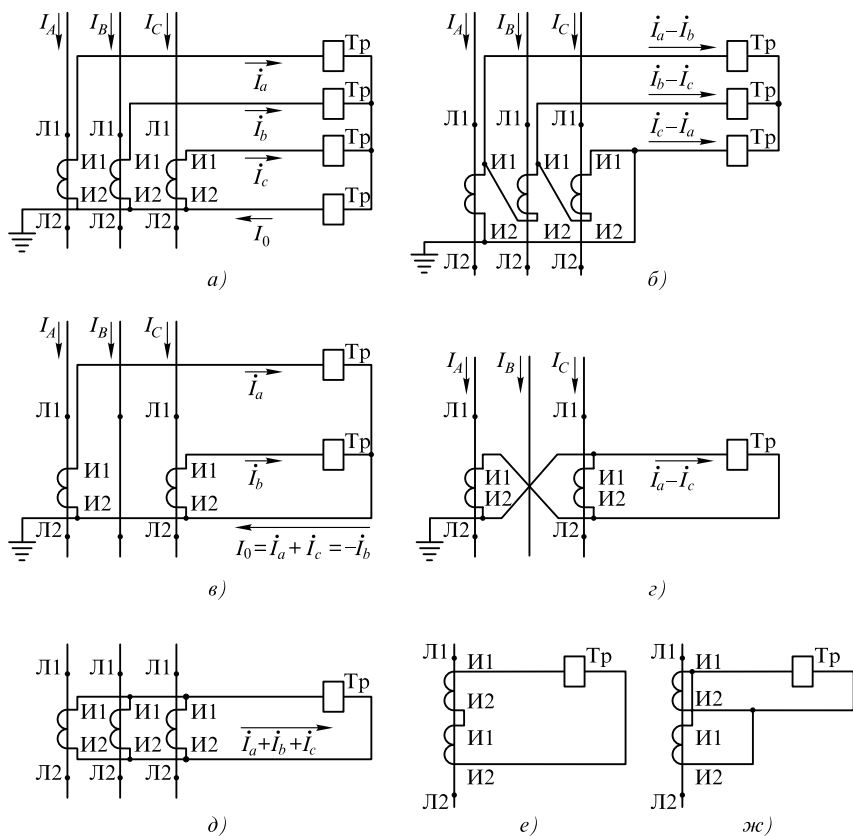


Рис. 13.23. Схемы соединения трансформаторов тока:

a – полная звезда; *б* – треугольник; *в* – неполная звезда; *г* – на разность токов; *д* – на сумму трех токов; *е* – последовательное соединение двух обмоток одной фазы; *ж* – параллельное соединение двух обмоток одной фазы

Различные схемы соединения трансформаторов тока приведены на рис. 13.23. Из них схемы полная звезда и треугольник применяются при необходимости контроля тока во всех трех фазах линии (например, в некоторых видах релейных защит); схема неполная звезда и схема на разность токов двух фаз – в сетях с изолированной нейтралью, а схема на сумму трех токов – в релейных защитах от замыканий на землю.

Если со вторичных обмоток двух трансформаторов одной фазы необходимо получить возможно большую мощность, применяется их последовательное соединение, а параллельное соединение тех же обмоток позволяет увеличить ток во вторичной цепи.

Конструкции трансформаторов тока

По конструкции трансформаторы тока подразделяют на опорные, проходные, шинные, встроенные, разъемные и втулочные.

В зависимости от числа витков первичной обмотки различают одно- и многovitковые трансформаторы тока, а также с одной вторичной обмоткой или несколькими. При монтаже РУ на напряжение 6... 10 кВ применяют трансформаторы тока с литой и фарфоровой изоляцией, а при напряжениях до 1 кВ – с литой, хлопчатобумажной и фарфоровой.

Одновитковые трансформаторы тока (рис. 13.24, *а*) конструктивно проще, имеют меньшие размеры, дешевле и более устойчивы при коротких замыканиях, чем многovitковые. Существенным их недостатком является невысокая точность при измерении малых токов. Применяются они для внутренней установки на первичные токи от 400 до 6000 А.

В основном многovitковые трансформаторы с одним сердечником (рис. 13.24, *б*) применяются для внутренней установки на номинальные первичные токи от 5 до 600 А и для наружной установки на токи от 1000 до 2000 А.

В многovitковых трансформаторах тока с двумя сердечниками каждый из сердечников имеет свою вторичную обмотку, а первичная обмотка у них общая (рис. 13.24, *в*), т. е. получается как бы вдвоенный трансформатор тока. Каждая вторичная обмотка такого трансформатора рассчитана на определенную номинальную нагрузку, при которой он будет работать в пределах своего класса точности. Обычно одну из вторичных обмоток используют для включения измерительных приборов, а другую – для реле защиты. При этом обмотки могут быть одинаковых или разных классов точности.

В некоторых случаях трансформаторы тока (на 110 кВ и выше) изготавливают с тремя и четырьмя сердечниками.

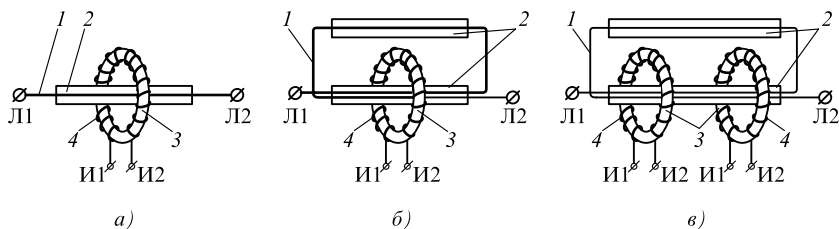


Рис. 13.24. Принципиальные схемы трансформаторов тока:

а – одновиткового; *б* – многovitкового с одним сердечником; *в* – многovitкового с двумя сердечниками; 1 – первичная обмотка; 2 – изоляция; 3 – сердечник; 4 – вторичная обмотка

Обозначение трансформаторов тока

Буквы в обозначении трансформаторов тока означают следующее: Т – трансформатор тока, П – проходной, О – одновитковый, М – многovitковый, Л – с литой изоляцией, Ф – с фарфоровой изоляцией. Также в обозначении могут быть цифры, определяющие номинальное напряжение. Отсутствие буквы П указывает на то, что трансформатор тока не проходной, а опорный. Может быть также указан класс точности, а при наличии двух сердечников под чертой указывают номинальный первичный ток. Кроме того, могут быть добавлены буквы, характеризующие исполнение трансформатора тока: нормальное (без дополнительных обозначений); усиленное по термической или динамической устойчивости (У); для дифференциальной защиты (Д); для защиты от замыканий на землю (З).

Трансформатор тока ТПЛ-10 (проходной с литой изоляцией), рассчитанный на номинальный ток до 400 А, применяется в КРУ внутренней установки. Он имеет один или два прямоугольных шихтованных сердечника 3 (рис. 13.25), на верхних стержнях которых расположены катушки вторичных обмоток 5 (одна или две). Первичную обмотку 7 изготавливают из изолированного провода (для малых токов) и шинной меди (для больших токов). Изоляция литой эпоксидной смолой выполнена между обмотками и от заземленных деталей.

Эпоксидные смолы – сиропобразные жидкости или твердые вещества желтой или светло-коричневой окраски широко применяются в электротехнике в качестве основы электроизоляционных заливочных

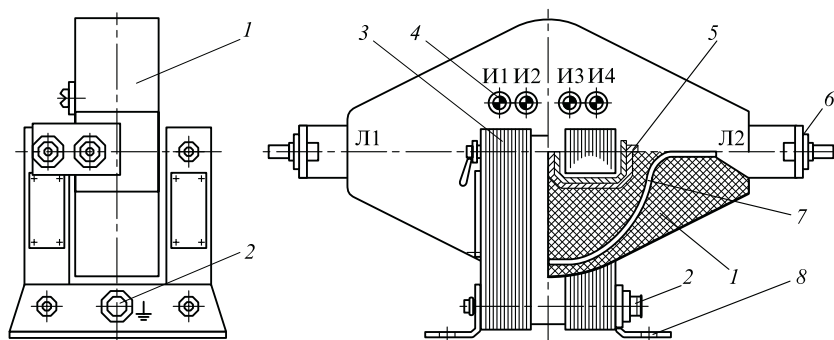


Рис. 13.25. Конструкция трансформатора тока ТПЛ-10:

1 – корпус; 2 – болт заземления; 3 – сердечник (магнитопровод); 4 – винт; 5, 7 – соответственно вторичная и первичная обмотки; 6 – контактные пластины; 8 – угольник

компаундов, а также в качестве клеящих лаков и клеев. Их достоинством является очень малая объемная усадка (0,6...1,0 %) при отвердевании. Кроме того, затвердевшие эпоксидные смолы обладают большой механической прочностью и стойкостью к воде.

Монолитный эпоксидный корпус 1 защищает обмотки от механических повреждений. В нижней части стержня магнитопровода прикреплены два стальных угольника δ , которые служат основанием трансформатора, имеющего опорно-проходную конструкцию.

Одновитковый трансформатор тока ТШЛ-0,5 называется шинным, поскольку в качестве первичной обмотки в нем используется токопроводящая шина (рис. 13.26). Применяется он в закрытых установках с напряжением до 0,66 кВ. Имеет О-образный магнитопровод, на стержнях которого выполнена вторичная обмотка. Выводы первичной обмотки (линейные) – медные пластины с отверстиями для болтовых соединений, расположение которых в корпусе зависит от типа трансформатора тока. Начало и конец вторичных обмоток (измерительных) соединяют с внешними цепями специальными контактными пластинами и винтами, расположенными на одной из сторон монолитного корпуса.

Трансформатор тока ТПЛМ-10 (проходной с литой изоляцией модернизированный) внутренней установки, рассчитанный на номинальный первичный ток до 400 А, применяют в шкафах комплектных распределительных устройств. Он состоит из одного или двух прямоугольных шихтованных сердечников с обмотками. Катушечная группа, залитая эпоксидным компаундом, представляет

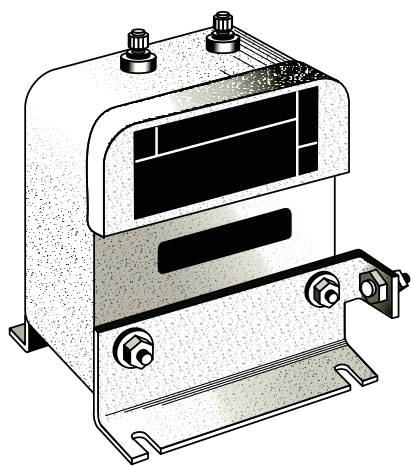


Рис. 13.26. Шинный трансформатор тока ТШЛ-0,5

собой монолитный изоляционный блок. Основанием трансформатора служат два стальных угольника, укрепленных на сердечнике. В горизонтальных полках угольников имеются четыре отверстия для крепления трансформатора. На вертикальной полке одного из угольников расположен болт заземления, обозначенный буквой З. На сердечнике установлена табличка с техническими данными трансформатора.

Трансформатор тока ТПЛУ-10 рассчитан на токи от 10 до 100 А и имеет усиленное исполнение по защите от токов короткого замыкания. Класс точности сердеч-

ника 0,5. Если в обозначении этого трансформатора есть буква Р, это означает, что сердечник допускает присоединение вторичной цепи для питания релейной защиты. Так же, как и трансформаторы тока ТПЛ-10, он имеет один или два прямоугольных сердечника из трансформаторной стали, на верхние стержни которых надета вторичная обмотка из изолированного провода. Поверх вторичной обмотки размещается первичная, которая на малые токи выполняется из изолированного провода, а на большие – из голый меди. В последнем случае межвитковой изоляцией служат полосы электрокартона.

Трансформаторы тока серии ТПОЛ (рис. 13.27), рассчитанные для работы в любом положении (горизонтальном, вертикальном, наклонном), устроены по тому же принципу, что и трансформаторы серии ТПЛ, но их первичная обмотка состоит из одного витка – стержня, к которому с обеих сторон присоединяются шины первичной цепи. Изоляцией между их первичной и вторичной обмотками и между первичной обмоткой и заземленными деталями служит также литая эпоксидная смола. Эпоксидный корпус образует сплошной изоляционный слой, который обеспечивает надежную защиту внутренних частей от механических повреждений. Трансформатор тока ТПОЛ-10 применяют на подстанциях и в РУ промышленных предприятий.

Трансформатор ТПФ-10 (проходной с фарфоровой изоляцией на напряжение 10 кВ) состоит из одного или двух сердечников 1 (рис. 13.28), охватывающих фарфоровые изоляторы 2. Вторичная обмотка 3, состоящая из одной или двух катушек, надета на стержень сердечника, а первичная обмотка 4, состоящая из нескольких витков круглого изолированного провода или ленточной меди, продета через отверстия изоляторов. Начало и конец первичных обмоток Л1 и Л2 приварены к медным контактным пластинам 5, выведенным наружу через прямоугольные отверстия в торцевых крышках 6 трансформатора. На фланце 8 укреплены изолированные колодки 9, на которые через изоляционные трубки (втулки) выведены начало и конец вторичных обмоток И1 и И2, а также

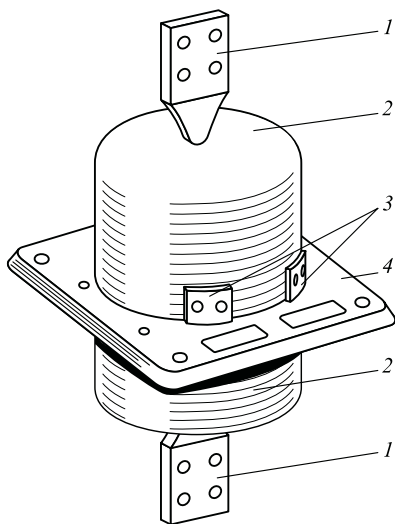


Рис. 13.27. Трансформатор тока серии ТПОЛ с литой изоляцией:

1 – выводы первичной обмотки; 2 – литой корпус; 3 – выводы вторичной обмотки; 4 – фланец

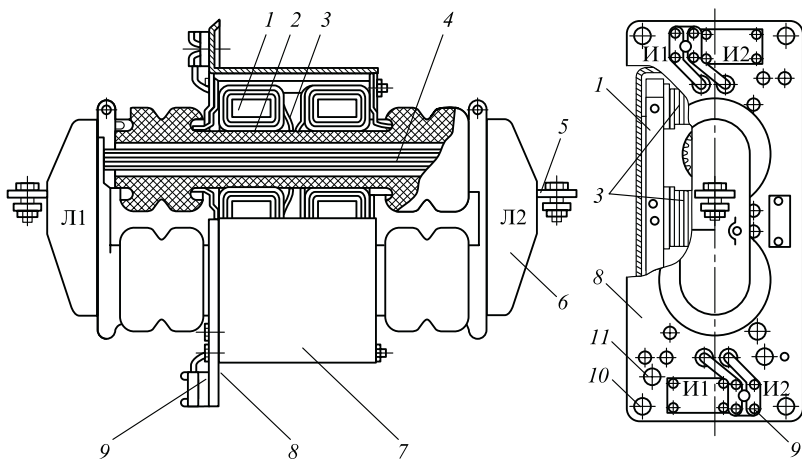


Рис. 13.28. Конструкция трансформатора тока ТПФ-10:

1 – сердечник; 2 – изолятор; 3, 4 – соответственно вторичная и первичная обмотки; 5 – контактная пластина; 6 – крышка; 7 – кожух; 8 – фланец; 9 – изолированная колодка; 10 – отверстие для крепления; 11 – болт заземления

болт заземления 11. По углам фланца расположены отверстия 10 для крепления трансформатора тока. От механических повреждений обмотки защищены прямоугольным кожухом 7. Габаритные размеры и масса трансформатора тока серии ТПФ-10 значительно больше, чем у трансформаторов серии ТПЛ.

В цепях с напряжением до 500 В для измерения тока и мощности, а также учета энергии применяют катушечные опорные трансформаторы тока простой конструкции, состоящие из магнитопровода, на который наложены две обмотки (первичная – для включения в измеряемую цепь и вторичная – для присоединения приборов).

Опорный катушечный трансформатор тока с фарфоровой изоляцией ТКФ-3 (рис. 13.29) применяют в закрытых установках с напряжением до 3 кВ. Катушка вторичной обмотки этого трансформатора, намотанная на каркас из пропитанного картона и расположенная внутри фарфорового изолятора 2, надета на магнитопровод 6. Катушка первичной обмотки трансформатора заложена в углубление изолятора и закрыта металлическим кожухом 3.

Для использования в наружных установках с напряжением 35 кВ и выше служат опорные трансформаторы тока в маслонаполненном фарфоровом корпусе серий ТФН, ТФНУ, ТФНД, ТФНДК (Н – наружный, У – усиленный, К – каскадный, Д – для дифференциальной защиты).

Трансформаторы тока серий ТФН, ТФНУ и ТФНД (рис. 13.30, а) выпускают на номинальные напряжения 35, 110 и 220 кВ и номинальные первичные токи до 2000 А.

Обмотки таких трансформаторов помещаются в фарфоровом корпусе 3, залитом трансформаторным маслом и укрепленном на металлическом основании 4. На верхнем торце фарфорового корпуса укреплен чугунный маслорасширитель 1 с маслоуказателем и зажимами 2 первичной обмотки.

Сердечник со вторичной обмоткой, укрепленный на основании, охватывается первичной обмоткой (в виде восьмерки). Концы вторичных обмоток выведены на зажимы, помещенные в чугунные герметичные коробки на основании трансформатора.

Трансформаторы тока серии ТФНКД (рис. 13.30, б) выпускают на номинальное напряжение до 500 кВ.

Для защиты линий от замыкания отдельных жил кабелей на землю выпускают трансформаторы тока серии ТЗР (для защиты от замыкания на землю, разъемный), имеющие разъемный магнитопровод, что позволяет надевать их на смонтированные трехфазные бронированные кабели диаметром не более 65 мм.

Такой трансформатор состоит из сердечника и ярма, набранных из отдельных полос электротехнической стали. На сердечнике размещается вторичная обмотка, концы которой выведены на изоляционную колодку.

Первичной обмоткой может служить кабель. Лапка трансформатора должна иметь болт диаметром 8 мм для присоединения заземляющей шины.

В нормальных условиях геометрическая сумма токов, проходящих по жилам кабеля, равна нулю или близка к нему, т. е. сердечник трансформатора почти не намагничивается, и во вторичной обмотке не образуется ЭДС, способная вызвать срабатывание присоединенного к ней реле.

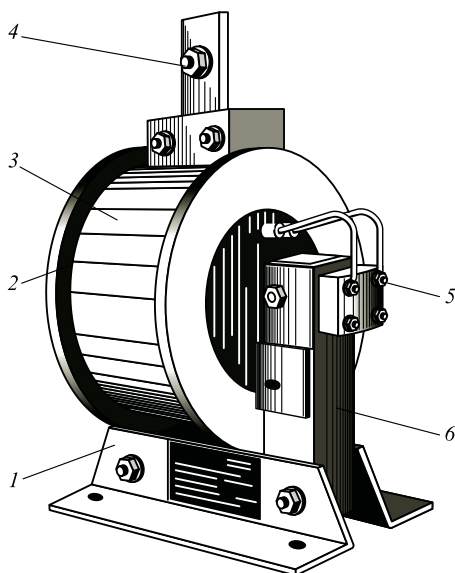


Рис. 13.29. Трансформатор тока ТКФ-3:

1 – установочный угольник; 2 – фарфоровый изолятор; 3 – защитный кожух; 4 – зажимы первичной обмотки; 5 – зажимы вторичной обмотки; 6 – магнитопровод

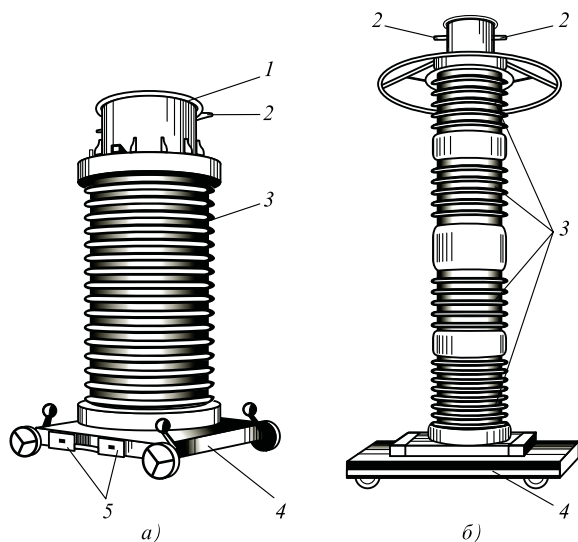


Рис. 13.30. Опорные трансформаторы тока для наружной установки:

a – ТФНД-220; *б* – ТФНКД-500; 1 – чугунный масло-расширитель (колпак); 2 – зажимы первичной обмотки; 3 – фарфоровый корпус; 4 – основание (тележка); 5 – зажимы вторичной обмотки

Если произойдет замыкание на землю одной из фаз защищаемой установки или участка сети либо нарушится равномерность загрузки по фазам, т. е. суммарный магнитный поток уже не будет равен нулю и вызовет ток во вторичной обмотке, замкнутся контакты в цепи сигнализации или отключится защита.

Выпускаются также другие трансформаторы аналогичного назначения, например с литой изоляцией серии ТЗЛ и хлопчатобумажной изоляцией серии ТЗ.

В схемах РУ и подстанций для питания отключающих обмоток приводов используются трансформаторы тока серии ТКБ с шихтованным сердечником, на боковых стержнях которого надеты первичная и вторичная обмотки.

Начала и концы обмоток выведены на щиток, укрепленный на верхней части магнитопровода.

Особенностями трансформаторов тока серии ТКБ являются быстрое насыщение железа и стабильность вторичного тока.

Для измерения силы тока и питания схем защиты в сетях с напряжением до 1 кВ применяются катушечные трансформаторы тока серии ТК с хлопчатобумажной изоляцией.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Для чего служат трансформаторы тока?
 2. Поясните конструкцию трансформатора тока.
 3. Какие измерительные трансформаторы вы знаете?
 4. Как включаются трансформаторы тока в цепь?
- II.
 1. Какие трансформаторы тока вы знаете?
 2. Какие могут быть погрешности у трансформаторов тока?
 3. По каким характеристикам выбирается трансформатор тока?
- III.
 1. Как различаются трансформаторы тока по конструкции?
 2. Как подразделяются трансформаторы тока по числу витков первичной обмотки?
 3. Как обозначаются трансформаторы тока?
 4. Какие схемы соединения трансформаторов тока вы знаете?
 5. Дайте характеристику трансформаторам тока серий ТПЛ-10, ТШЛ-0,5, ТПФ-10.
 6. В каких электроустановках и на какие напряжения применяются трансформаторы тока серий ТФН, ТФНУ, ТФНД?

13.5. Монтаж трансформаторов тока

Монтаж трансформаторов тока включает в себя ревизию и проверку их перед установкой и непосредственно установку.

Предварительно трансформаторы тока проверяют в монтажных мастерских. Там же, если необходимо, сушат их обмотки. Если сопротивление изоляции обмоток менее 1 МОм, для этого используют тепловоздуховку или сушильную камеру с температурой воздуха не выше 90 °С. Во время сушки сопротивление изоляции измеряют через каждые полчаса. Сушку трансформаторов с напряжением 1... 10 кВ можно считать законченной, когда сопротивление их изоляции будет не менее 10 МОм.

Ревизия трансформаторов. Подлежащие монтажу трансформаторы тока подвергают ревизии, проверяя комплектность аппарата и крепежных деталей, состояние фарфоровых частей и кожуха, целостность обмотки и колодки вторичных выводов, наличие обозначений выводов и паспортной таблички, правильность обозначений (полярность) выводов, состояние выводных стержней и резьбы на них, наличие и исправность гаек и шайб. Монтаж начинают с разметки по шаблону расположения отверстий и крепежных конструкций (плит, угольников) в месте установки трансформаторов, затем сверлят необходимые отверстия и устанавливают соответствующие конструкции.

Проверка трансформаторов перед установкой. Принимая для монтажа, трансформатор осматривают, чтобы убедиться в отсутствии повреждений отдельных частей, наличии обозначений выводов и паспортной таблички. Кроме того, обязательно проводят-

ся серия электрических испытаний в центральных мастерских или наладочными бригадами.

Так, по схеме, приведенной на рис. 13.31, *а*, проверяют вторичные обмотки трансформатора, чтобы убедиться в том, что они не имеют обрыва (в случае обрыва стрелка мегомметра при вращении его рукоятки показывает бесконечность). Проверить вторичные обмотки можно и с помощью малогабаритного моста Уитстона. В этом случае об обрыве свидетельствует бесконечно большое сопротивление, получаемое при измерении.

Состояние изоляции первичной и вторичной обмоток проверяют по схемам, показанным на рис. 13.32, *б*, *в*. Проверка ведется с помощью мегомметра, рассчитанного на напряжение 1000... 2500 В. Сопротивление изоляции не нормируется, но должно быть в первичной обмотке не менее 50 МОм, а во вторичных – не менее 10 МОм.

Окончательное решение о состоянии изоляции трансформатора тока принимается после испытания его повышенным напряжением промышленной частоты в течение 1 мин (вторичные обмотки – напряжением 2000 В, а первичные – напряжением, определяемым ГОСТом).

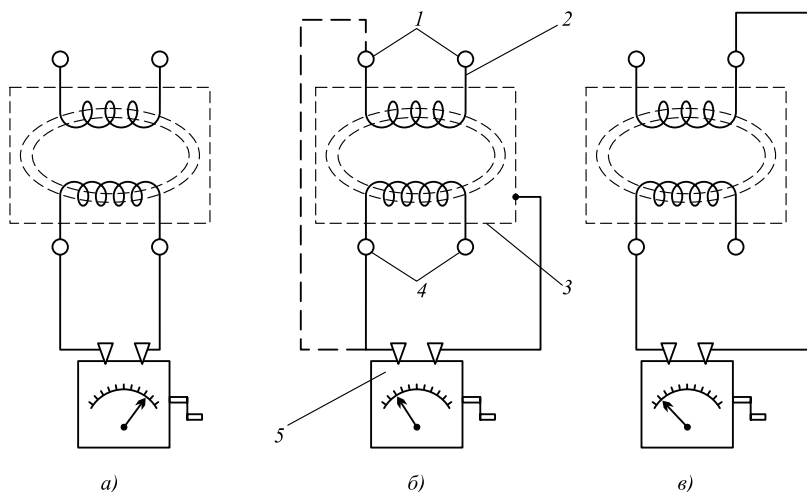


Рис. 13.31. Схемы для проверки трансформаторов тока:

а – отсутствия обрыва в цепи вторичной обмотки; *б* – сопротивления изоляции первичной (пунктир) и вторичной обмоток; *в* – сопротивления изоляции между первичной и вторичной обмотками; 1 – зажим первичной обмотки; 2 – первичная обмотка; 3 – корпус трансформатора; 4 – зажимы вторичной обмотки; 5 – мегомметр

Правильность маркировки выводов и соответствие их заводским обозначениям проверяют по схеме, приведенной на рис. 13.32, в которой используются гальванометр с нулем посередине шкалы и батарейка от карманного фонаря или портативная аккумуляторная батарея на 6... 12 В.

Если полярность обмоток правильная, стрелка прибора в момент замыкания цепи батареи должна отклониться вправо. Отклонение стрелки прибора влево указывает на то, что полярность вторичной обмотки обратна полярности, обозначенной в заводской маркировке.

Установка трансформаторов. Трансформаторы тока монтируют на конструкциях или проходных плитах, а также на стальных перегородках в камерах КРУ. Их поднимают на проектные места вручную за фланцы и укрепляют болтами, сначала без затяжки.

Основные вертикальные оси трансформаторов должны находиться в одной плоскости или располагаться симметрично по отношению к осям ближайших элементов установки, с которыми они в дальнейшем будут соединяться шинами. Выверку осуществляют перемещением в пределах зазоров отверстий на плите или конструкции. По окончании выверки постепенно и равномерно затягивают крепящие болты.

При монтаже трансформаторов тока необходимо выполнять следующие требования:

при установке в проемах стен и перекрытий между корпусом трансформатора и стеной необходимо оставлять по всему периметру зазор 2... 3 мм (в который затем закладывается лист толя) для обеспечения возможности его свободного демонтажа и предохранения корпуса от коррозии;

не следует устанавливать трансформаторы вплотную один к другому, поскольку это нарушает их охлаждение (между их корпусами должен оставаться просвет не менее 100 мм);

в горизонтальных перекрытиях и опорных конструкциях для удобства обслуживания трансформаторы тока нужно устанавливать так, чтобы их плиты с паспортной табличкой были обращены вверх

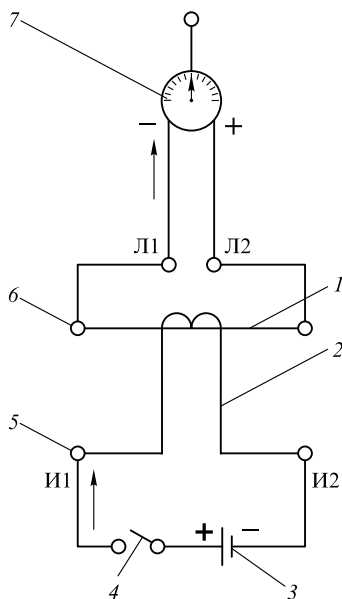


Рис. 13.32. Схема проверки полярности обмоток:

1 – первичная обмотка; 2 – вторичная обмотка; 3 – батарейка; 4 – рубильник; 5, 6 – зажимы обмоток; 7 – гальванометр

или в сторону коридора управления (при установке на вертикальных стенах ячеек);

при номинальном токе трансформатора более 1500 А обязательно принимать меры для предотвращения нагрева близко расположенных стальных деталей;

питающие шины высокого напряжения (например, подходящие от сборных шин) нужно присоединять к зажимам трансформатора с пометкой Л1 (начало обмотки), а отходящие шины — к зажимам Л2 (конец обмотки). В этом случае и зажимы вторичной обмотки с пометками И1 и И2 будут соответствовать началу и концу обмотки;

не допускать действия на токопроводящие стержни и изоляторы изгибающих усилий от присоединенных к зажимам трансформаторов шин и проводов.

Вторичные обмотки, не присоединенные к приборам, должны быть замкнуты накоротко и заземлены непосредственно на зажимы трансформатора. Установленный трансформатор тока также заземляют. Вторичную обмотку заземляют гибким медным проводом, присоединив его к болту заземления на корпусе трансформатора тока.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Что включает в себя монтаж трансформаторов тока?
 2. Что проверяют при ревизии трансформаторов тока?
 3. В чем заключается проверка трансформаторов тока перед установкой?
- II.
 1. Какие требования необходимо выполнять при монтаже трансформаторов тока?
 2. Как подключается трансформатор тока в цепь?
 3. Что при монтаже трансформаторов тока подлежит обязательному заземлению?
- III.
 1. Начертить и пояснить схемы, применяемые для проверки трансформаторов тока.
 2. Поясните схему проверки полярности обмоток.

13.6. Трансформаторы напряжения

Трансформаторы напряжения применяются для питания катушек напряжения электроизмерительных приборов, реле, цепей сигнализации, управления и автоматики. От обычного силового трансформатора они отличаются небольшой мощностью. Например, мощность наиболее распространенного трансформатора напряжения НОМ-10 составляет всего 720 В·А.

Устройство и схема трансформатора напряжения показаны на рис. 13.33. Его первичная обмотка, являющаяся вместе с тем об-

моткой высокого напряжения с большим числом витков, включается на измеряемое напряжение U_1 , а вторичная обмотка, являющаяся обмоткой низкого напряжения, замыкается на вольтметр и цепи напряжения других приборов. Обе обмотки концентрические. Обмотка ВН окружает обмотку НН так же, как в силовых трансформаторах. Все измерительные приборы соединяются между собой параллельно, чтобы в них было одно и то же вторичное напряжение трансформатора.

Сопротивление вольтметра и цепей напряжения измерительных приборов относительно велико (порядка тысяч Ом), т.е. трансформатор напряжения работает в условиях, близких к условиям холостого хода силового трансформатора. Следовательно, внутренние падения напряжения $I_1 Z_1$ и $I_2 Z_2$ в его обмотках относительно малы, и можно считать, что $U_1 = E_1$ и $U_2 = E_2$, а так как $E_1/E_2 = \omega_1/\omega_2 = K_T$, то напряжение $U_1 = K_T U_2$, т.е. вторичное напряжение связано с первичным постоянным соотношением, равным коэффициенту трансформации.

В цепи измерительного прибора вторичное напряжение трансформатора должно совпадать по фазе с первичным. Это достигается соединением обмоток трансформатора напряжения согласно группе 0. Таким образом, трансформатор напряжения передает во вторичную цепь пропорционально измененное значение первичного высокого напряжения и его фазу и позволяет на основании измеренного низкого напряжения U_2 определить высокое напряжение U_1 .

Правильная передача фазы важна не только для вольтметра или частотомера, но и для ваттметра и счетчика.

На шкале вольтметра, постоянно работающего с определенным трансформатором напряжения, наносят значения первичного напряжения. Соответственно ваттметры и счетчики, предназначенные для постоянной работы при известных коэффициентах трансформации измерительных трансформаторов, градуируются с учетом этих коэффициентов. Вторичное номинальное напряжение во всех трансформаторах напряжения имеет одно и то же стандартное значение — 100 В.

В целях безопасности обслуживающего персонала один зажим вторичной обмотки и стальной кожух трансформатора напряже-

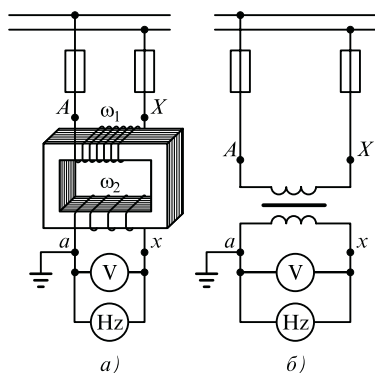


Рис. 13.33. Устройство трансформатора напряжения, нагруженного вольтметром и частотомером (а) и его условное обозначение (б)

ния должны быть заземлены. Тем самым предупреждается возникновение высокого напряжения между присоединенными к трансформатору измерительными приборами и землей при повреждении изоляции между обмотками.

Каждый трансформатор напряжения характеризуется двумя мощностями: номинальной и максимальной.

Номинальная мощность определяет перегрузку, т. е. предел нагрузки, при которой гарантируется работа трансформатора в установленном для него классе точности. Максимальная мощность определяет предел нагрузки трансформатора по допустимому нагреву его обмоток. При нагрузках выше номинальной мощности (и до максимальной) трансформатор напряжения выходит из своего класса точности. В этом случае он работает как силовой, т. е. используется для питания линий освещения, цепей сигнализации и др.

Трансформаторы напряжения различают по числу фаз – однофазные и трехфазные; числу обмоток – двухобмоточные и трехобмоточные; классу точности; способу охлаждения – с масляным охлаждением и естественным воздушным (сухие) и роду установки – внутренние и наружные.

В сетях, подстанциях и РУ промышленных предприятий применяют трансформаторы напряжения классов точности 1 и 3, а для учета электроэнергии – класса 0,5.

Буквы в обозначении трансформаторов напряжения означают: Н – напряжение, О – однофазный, М – масляный, С – сухой, К – залитый компаундом (в обозначении НОСК) или с компенсационной обмоткой (в обозначении НТМК), И – пятистержневой, Т – трехфазный (в обозначении НТМИ).

Цифры после букв указывают номинальное напряжение обмотки ВН. Выводы первичной обмотки ВН трехфазных трансформаторов маркируют буквами *A, B, C*, а вторичной обмотки НН – *a, b, c* и цифрой 0. В однофазных трансформаторах выводы соответственно обозначаются *A, X* и *a, x*.

Трансформаторы напряжения понижают ВН до 100 В, что необходимо для питания приборов и цепей вторичных устройств, а также релейной защиты от замыкания на землю.

В распределительных устройствах и подстанциях с напряжением 6...10 кВ применяют преимущественно трансформаторы НОМ-6-10, НТМИ-6-10 или НТМК-6-10.

Масляный трансформатор напряжения серии НОМ показан на рис. 13.34. Он состоит из бака 2, заполненного маслом, магнитопровода, обмоток 8 и выводов на крышке бака в виде проходных изоляторов 3 и 4. Магнитопровод однофазный, броневое типа. Обмотки намотаны на цилиндр из слоев электрокартона одна поверх другой. Обмотка ВН состоит из двух последовательно соединен-

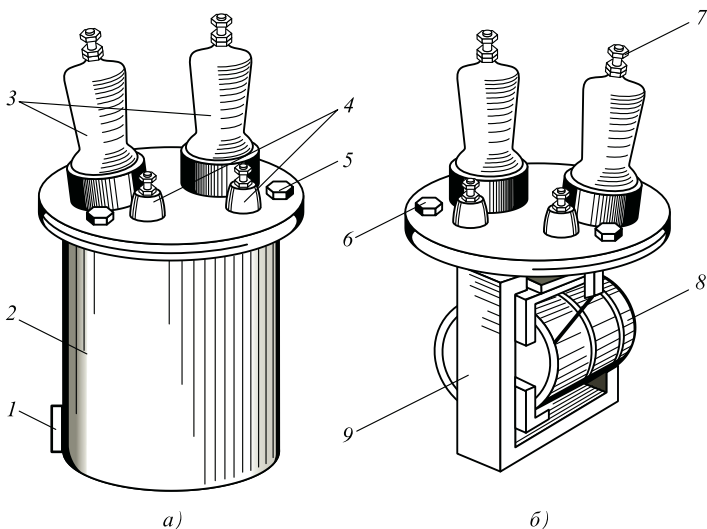


Рис. 13.34. Трансформатор напряжения серии НОМ:
а – общий вид; *б* – выемная часть; 1 – сливная пробка; 2 – бак;
 3, 4 – проходные изоляторы; 5 – болт заземления; 6 – винтовая
 пробка; 7 – контакт высоковольтного вывода; 8 – обмотки; 9 –
 сердечник

ных катушек и имеет два электростатических экрана для защиты от перенапряжения. На крышке смонтированы выводы первичного и вторичного напряжений, расположена пробка для доливки масла. На баке 2 закреплен болт 5 для заземления трансформатора.

Тепло, выделяемое трансформатором при работе, отводится заправляющим его маслом, которое, нагреваясь, расширяется. Масло не должно доходить до крышки, т. е. под крышкой должно быть небольшое воздушное пространство, связь которого с окружающей атмосферой осуществляется через неплотную резьбу пробки. При монтаже трансформатора из-под крышки удаляют кожаную уплотнительную шайбу, установленную заводом в целях предупреждения течи масла при транспортировке.

В трансформаторах напряжения тропического исполнения дополнительно устанавливается воздухоосушающий фильтр для очистки от влаги и промышленных загрязнений воздуха, поступающего при температурных колебаниях масла.

Схемы включения однофазных трансформаторов напряжения и присоединения к ним измерительных приборов приведены на рис. 13.35.

Два однофазных трансформатора напряжения (см. рис. 13.35, *а*) соединяются в открытый треугольник, если необходимо включить

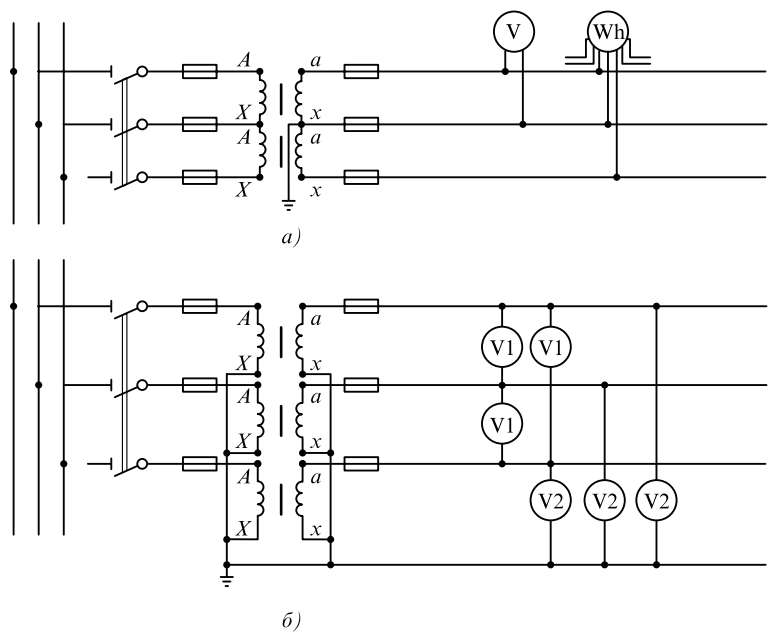


Рис. 13.35. Схемы включения однофазных трансформаторов напряжения: *а* – соединение двух однофазных трансформаторов в открытый треугольник; *б* – соединение трех однофазных трансформаторов в звезду; V1 – вольтметры линейного напряжения; V2 – вольтметры фазного напряжения

измерительные приборы и реле только на междуфазные либо только линейные напряжения. Три однофазных трансформатора напряжения (см. рис. 13.35, б) соединяются в звезду с глухим заземлением нейтрали обмоток, если необходимо включить измерительные приборы и реле и на междуфазные (вольтметры V1) и фазные (вольтметры V2) напряжения. Глухое заземление нейтрали обмотки высокого напряжения позволяет следить при помощи вольтметров V2 (или реле) за состоянием изоляции первичной сети. При нормальном состоянии изоляции вольтметры V2 показывают фазное напряжение. При полном (глухом) замыкании на землю одной из фаз стрелка вольтметра поврежденной фазы будет стоять на нуле, а два вольтметра исправных фаз будут показывать междуфазное напряжение.

Трехфазные трансформаторы напряжения с масляной изоляцией серий НТМК и НТМИ внутренней установки, предназначенные для питания различных приборов и одновременного контроля изоляции, на напряжение до 18 кВ, изготавливают трехстержневым и пятистержневым магнитопроводами.

Трансформатор НТМК-6 (рис. 13.36) повышенной точности служит для присоединения счетчиков, фазометров, реле мощности и других приборов с обмотками тока и напряжения.

Трансформатор НТМИ-10 (рис. 13.37) с пятистержневым магнитопроводом имеет три обмотки — одну первичную и две вторичные, уложенные на трех средних стержнях. Первичная обмотка и основная вторичная обмотка соединены в звезду. Нейтральные точки этих обмоток выведены на крышку трансформатора для заземления. К основной вторичной обмотке присоединяют цепи питания измерительных приборов, а к дополнительной — цепи контроля изоляции сети, реле замыкания на землю и приборы сигнализации. Дополнительная вторичная обмотка соединена в разомкнутый треугольник: ее начало и конец выведены на крышку трансформатора для присоединения приборов, контролирующих состояние изоляции (вольтметра или реле напряжения).

При нормальном состоянии сети напряжение на выводах обмотки разомкнутого треугольника равно нулю, так как равна нулю сумма электродвижущих сил, индуцируемых в дополнительных обмотках. При однополюсном замыкании в сети магнитный поток неповрежденных фаз, замкнувшись через крайние стержни магнитопровода, нарушит нулевое равенство индуцируемых ЭДС, и на выводах обмотки появится напряжение, вследствие чего через обмотку присоединенного вольтметра (или реле) потечет ток. Стрелка вольтметра отклонится от нулевого положения, а реле, сработав и замкнув контакты, включит сигнал, оповещающий о наличии замыкания в сети.

Схемы включения трансформаторов напряжения серий НТМК и НТМИ, а также схема включения измерительных приборов и реле для контроля изоляции во вторичные обмотки трансформатора серии НТМИ показаны на рис. 13.38.

Трансформаторы напряжения с литой изоляцией из эпоксидных смол лишены недостатков масляных трансформаторов, т. е. они

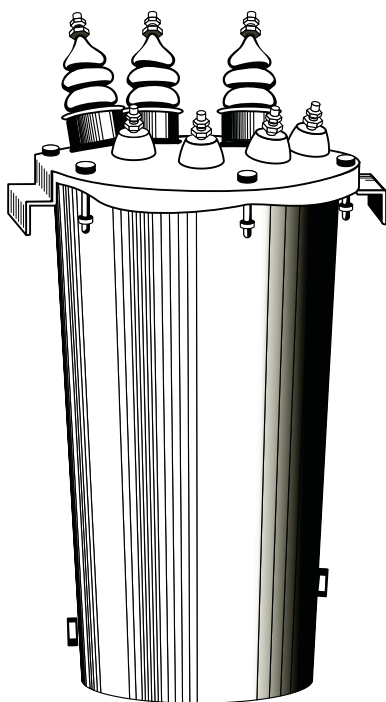


Рис. 13.36. Трансформатор напряжения НТМК-6

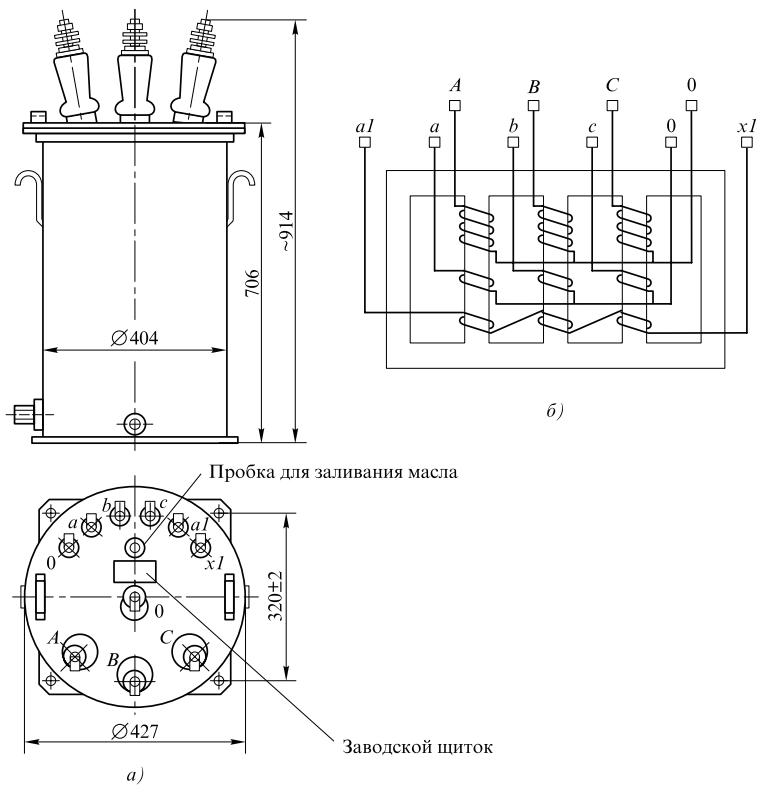


Рис. 13.37. Общий вид (а) и схема соединения обмоток (б) трехфазного пятистержневого трансформатора напряжения НТМИ-10

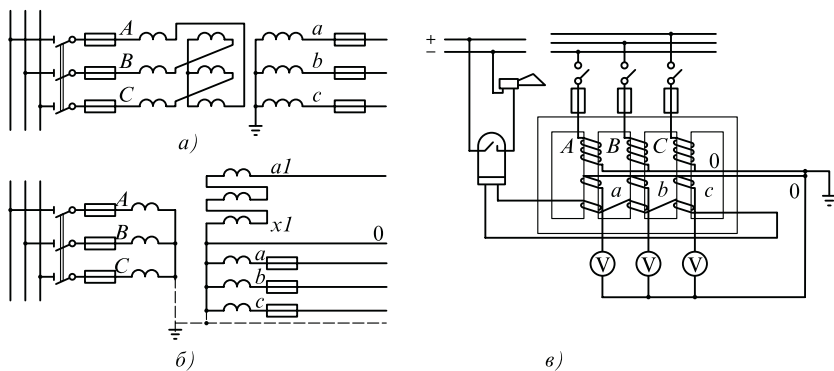


Рис. 13.38. Схемы включения трехфазных трансформаторов напряжения серий НТМК (а), НТМИ (б) и схема включения приборов и реле во вторичные цепи трансформатора серии НТМИ (в)

не требуют постоянного контроля и периодической замены масла; не имеют ограничений при монтаже в помещениях с повышенной пожарной опасностью, а также на передвижных установках; имеют меньшие массу и размеры.

Например, однофазный трансформатор напряжения НОЛ-11-06 (рис. 13.39) с литой изоляцией имеет магнитопровод броневого типа, на среднем стержне которого расположены обмотки, пропитанные эпоксидным компаундом. Концы первичной обмотки и соединяются с высоковольтными выводами в верхней части трансформатора, а концы вторичных обмоток подведены к контактным зажимам в нижней части. Магнитопровод и обмотки залиты эпоксидом в сплошной литой блок.

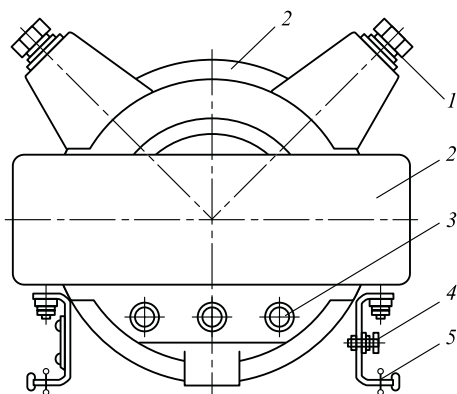


Рис. 13.39. Трансформатор напряжения НОЛ-11-06:

1 – контакт высоковольтного вывода; 2 – литой блок; 3 – контакт вывода вторичной обмотки; 4 – блок заземления; 5 – кронштейн

13.7. Монтаж трансформаторов напряжения

При монтаже трансформаторов напряжения необходимо выполнять следующее требования:

при установке трансформатора на двух угольниках для беспрепятственного доступа к спусковому крану передний угольник должен быть обращен ребром вниз;

маслоспускной кран и указатель уровня масла должны быть обращены в сторону коридора обслуживания. В пробках с дыхательными отверстиями следует удалить прокладки;

изоляционное расстояние (в свету) между головками изоляторов и расстояния между ними и осями фаз должны быть выдержаны в соответствии с проектным чертежом;

расстояния между кожухами трансформаторов для обеспечения нормального охлаждения должны быть не менее 100 мм (в свету);

к трехфазным трансформаторам серий НТМК и НТМИ шины ВН должны присоединяться следующим образом: желтая фаза к выводу *A*, зеленая – к выводу *B*, красная – к выводу *C* (вывод *X* заземляется); вывод ВН однофазного трансформатора серии НОМ с пометкой *A* присоединяется к любой из трех шин высокого напряжения (если устанавливают три однофазных трансформатора,

то все выводы, имеющие пометку X, соединяются общей шиной и заземляются);

корпуса трехфазных и однофазных трансформаторов напряжения должны присоединяться к заземляющей магистрали отдельными шинами. Первичные и вторичные обмотки трансформаторов напряжения должны закорачиваться на выводах и надежно заземляться на весь период монтажа.

Ревизия трансформаторов напряжения проводится аналогично ревизии трансформаторов тока.

Проверка трансформаторов перед монтажом. При внешнем осмотре трансформаторов напряжения устанавливают, целы ли фарфоровые выводы и их армировка, не поврежден ли бак, нет ли течи масла между баком и крышкой или из-под фланцев выводов. Кроме того, проверяют уровень масла, исправность маслоуказателя, наличие паспортной таблички.

Электрические испытания трансформаторов напряжения аналогичны электрическим испытаниям трансформаторов тока и заключаются в измерении сопротивления изоляции обмоток, определении полярности выводов высокого и низкого напряжений и коэффициента трансформации. Кроме того, так как трансформаторы напряжения являются маслонаполненными аппаратами, берут пробу масла для испытания его на электрическую прочность и химического анализа.

Изоляцию трансформатора напряжения проверяют мегомметром на 1000...2500 В. При этом замеряют сопротивление изоляции обмоток высокого и низкого напряжений по отношению к корпусу и между ними.

Требования к изоляции трансформаторов напряжения те же, что и к изоляции трансформаторов тока.

Для общей оценки состояния междувитковой изоляции обмоток и стали трансформаторы напряжения испытывают током промышленной частоты, измеряя ток холостого хода при номинальном напряжении и при напряжении в 1,3 раза больше номинального. Напряжение подают на вторичную обмотку. Под повышенным напряжением трансформатор выдерживают в течение 1 мин. Полученные значения сравнивают либо с данными заводских испытаний, либо с опытными данными, зафиксированными при испытании аналогичных трансформаторов напряжения.

При неудовлетворительных результатах измерения обмотки сушат тепловоздуховкой при температуре воздуха не выше 90 °С или током. При этом напряжение, подводимое к первичной обмотке, подбирают с таким расчетом, чтобы замкнутая накоротко цепь вторичной обмотки обтекалась током, составляющим 80...85 % длительно допустимого тока для трансформатора, подвергающегося сушке. Силу тока во вторичной обмотке контролируют ампермет-

ром. При сушке выводы трансформаторов напряжения должны быть замкнуты между собой и заземлены.

Полярность выводов проверяют аналогично проверке полярности выводов трансформаторов тока. Постоянный ток подводят к обмотке высокого напряжения, а гальванометр включают в обмотку низкого напряжения. При проверке полярности обмоток трехфазных трансформаторов напряжения источник тока присоединяют поочередно к зажимам ВН – *A* и *B*, *B* и *C*, *C* и *A*, а измерительный прибор присоединяют соответственно к зажимам НН – *a* и *b*, *b* и *c*, *c* и *a*, во всех трех случаях стрелка прибора должна отклониться вправо, что будет свидетельствовать о правильности маркировки. В противном случае необходимо перемаркировать зажимы.

Установка трансформаторов напряжения. Монтаж включает в себя три основные операции:

- установку опорной конструкции;
- подъем на рабочее место и установку трансформатора напряжения;
- присоединение заземления.

Опорные конструкции для трансформаторов напряжения могут быть разного исполнения. Поднимают трансформаторы вручную блоком или талью за кожух, но не за изоляторы. Во время установки зажимы первичной цепи (ВН) должны быть закорочены и заземлены, а провода вторичной цепи (НН) отсоединены, так как при случайном подключении к ним проводов осветительной или силовой сети на выводах первичной обмотки трансформатора появится высокое напряжение.

Вторичные обмотки трансформаторов напряжения присоединяют к проводникам вторичных цепей лишь по окончании всех монтажных работ, т. е. перед началом наладочных работ и после удаления монтажного персонала из помещения распределительного устройства. Это необходимо для того, чтобы не допустить случайной подачи на шины распределительного устройства высокого напряжения вследствие обратной трансформации. Устанавливать аппараты следует так, чтобы маслоспускной кран и указатель уровня масла были обращены в сторону коридора обслуживания.

Устанавливая трехфазные трансформаторы напряжения, следует учитывать, что при подключении к ним шин необходимо соблюдать общий порядок чередования фаз. В однофазных трансформаторах вывод, имеющий маркировку *X*, заземляют. Если устанавливают три однофазных трансформатора, все выводы *X* соединяют общей шиной и заземляют.

Когда устанавливают два трансформатора напряжения и соединяют их в открытый треугольник, рабочую фазу НН заземляют, если это предусмотрено проектом. Корпус каждого трансформатора присоединяют к заземляющему устройству отдельной шиной.

Перед включением трансформатора под напряжение вынимают картонную шайбу, заложённую под болт маслониливного отверстия, обеспечивая тем самым возможность свободного «дыхания» трансформатора во время работы.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Каково назначение трансформаторов напряжения?
 2. Каково устройство трансформаторов напряжения?
 3. Как трансформаторы напряжения включаются в цепь?
 4. Какие мощности характерны для трансформаторов напряжения?
- II.
 1. Дайте характеристики трансформаторам серий НОМ, НМТК, НТМН.
 2. Что служит охлаждающей средой в трансформаторах напряжения?
 3. Как различают трансформаторы напряжения по числу фаз, числу обмоток, классу точности, охлаждению, роду установки?
- III.
 1. Какие требования необходимо выполнять при монтаже трансформаторов напряжения?
 2. В чем заключается проверка трансформаторов напряжения перед монтажом?
 3. Поясните схемы включения двух однофазных трансформаторов в открытый треугольник и трех однофазных трансформаторов в звезду.
 4. Поясните схемы включения трехфазных трансформаторов напряжения серий НТМК и НТМИ.

Глава 14. МОНТАЖ КОМПЛЕКТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

14.1. Основные сведения о комплектных трансформаторных подстанциях на 6(10) кВ

Комплектная трансформаторная подстанция (КТП) состоит из трансформаторов и блоков (КРУ или КРУН и других элементов), поставляемых в собранном или полностью подготовленном для сборки виде.

В эксплуатации КТП надежны и безопасны, так как их конструкция исключает возможность случайного прикосновения к токоведущим частям. Ревизия и замена поврежденной коммутационной аппаратуры осуществляются быстро, без сложных демонтажных или монтажных работ и отключения прочих электроприемников, питаемых подстанцией.

Комплектные трансформаторные подстанции подразделяются: по мощности трансформаторов и их числу; первичному напряжению; расположению (одно- или двухрядные, магистральные); характеристике окружающей среды, для которой предназначены (например, для тропиков); виду установки (внутренняя и наружная); схеме подключения к линии (глухое подсоединение, подсоединение через разъединитель и предохранители, подсоединение через выключатель нагрузки ВМП-17).

Применяются они главным образом как понижающие трансформаторные подстанции для электроснабжения промышленных и коммунальных потребителей. Для электроснабжения промышленных предприятий используют КТП внутренней и наружной установки на напряжение до 10 кВ включительно мощностью от 160 до 2500 кВ·А.

Комплектные трансформаторные подстанции внутренней (КТП) и наружной (КТПН) установки состоят из блока ввода высокого напряжения 6 (10) кВ, силового трансформатора (одного или двух) и комплектного распределительного устройства низкого напряжения (0,4 кВ) с предусмотренной проектом защитно-коммутационной аппаратурой, приборами измерения, сигнализации и учета электроэнергии.

Высоковольтные блоки выполняются в виде короба со съемной дверью на лицевой стороне (для КТП мощностью до 630 кВ·А)

или шкафа из листовой стали с наружными (верхней и нижней) и внутренней (верхней сетчатой) дверями и комплектуются трехполюсными разъединителями с сетчатый ограждением и предохранителями типа ПК или без них. Сетчатая дверь шкафа имеет блокировку с приводом от разъединителя. Шкафные вводы высокого напряжения (для КТП мощностью 630...2500 кВ·А) комплектуются выключателем нагрузки ВНП-17 с ножами заземления и двумя приводами (к выключателю и ножам заземления). Между выключателем и сетчатой дверью имеется блокировка, не позволяющая включать выключатель при открытой сетчатой двери. В высоковольтном блоке размещается сухая разделка питающего кабеля.

Трансформаторы от высокого напряжения при холостом ходе или номинальной нагрузке отключаются выключателями нагрузки, а при перегрузке или коротком замыкании – предохранителями.

Силовые трансформаторы серии ТМЗ с боковыми вводами, применяющиеся в КТП, имеют герметичный бак повышенной прочности с азотной защитой, а также электроконтактные вакуумметры (для контроля внутреннего давления), реле давления, термосигнализаторы и термосифонные фильтры (в ТМЗ от 1 кВ). Наряду

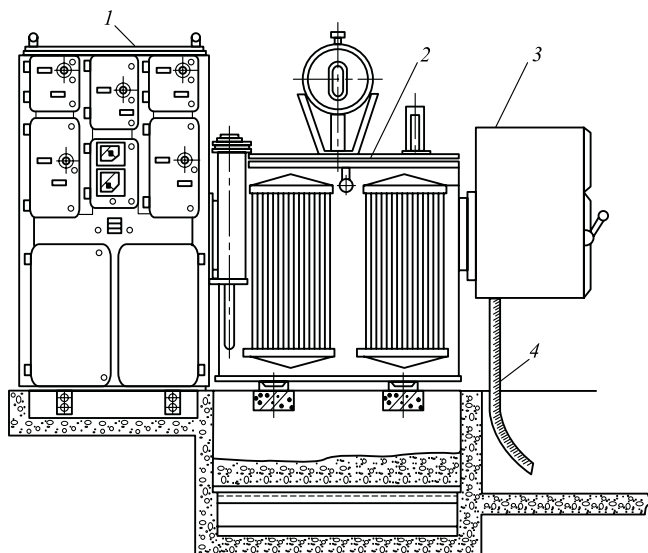


Рис. 14.1. Однотрансформаторная подстанция КТП 630/6-10/0,4:

1 – шкаф распределительного устройства НН; 2 – силовой трансформатор мощностью 630 кВ·А; 3 – шкаф ввода ВН (высоковольтный блок); 4 – высоковольтный кабель

с трансформаторами серии ТМЗ с естественным масляным охлаждением в КТП используют трансформаторы серии ТНЗ с совтоловым заполнением и сухие – со стекловолокнистой изоляцией.

Комплектное распределительное устройство на 0,4 кВ состоит из шкафа вводов и шкафов отходящих линий со встроенными выдвигными автоматами втычного исполнения, измерительными, защитными и сигнальными приборами и аппаратами. Двухтрансформаторные подстанции имеют дополнительно еще один шкаф ввода низкого напряжения и секционный шкаф. Каждый шкаф состоит из шинной и коммутационной частей, разделенных металлическими перегородками. Подстанции не имеют распределительных устройств высокого напряжения. Аппараты управления и защиты от высокого напряжения расположены в распределительных устройствах, к которым эти подстанции присоединяются кабелем.

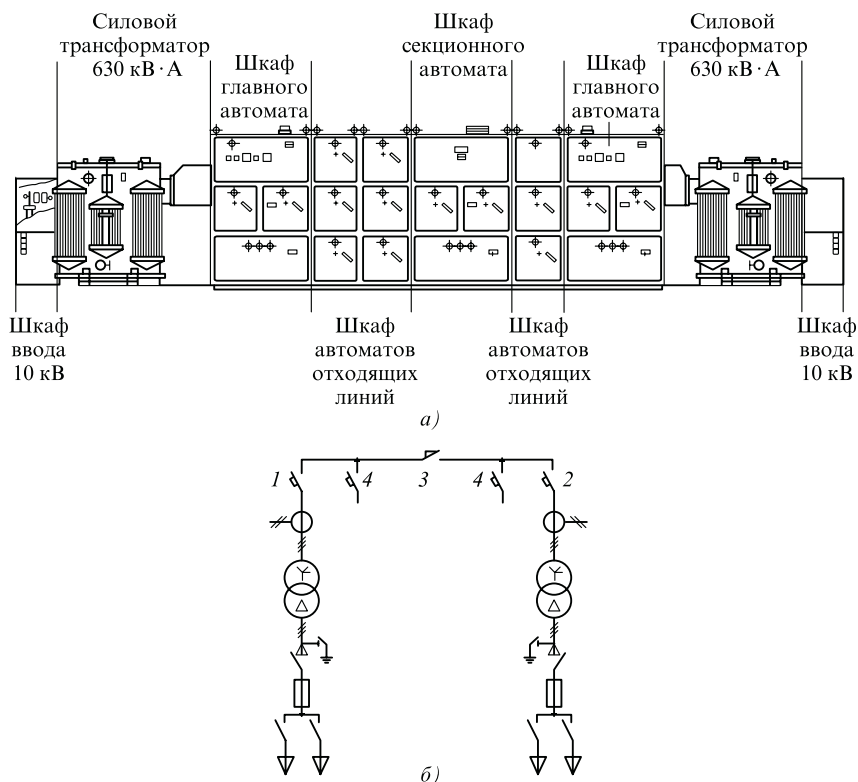


Рис. 14.2. Общий вид (а) и схема (б) комплектной трансформаторной подстанции КТП-630/10:

1, 2 – главные автоматы; 3 – секционный автомат; 4 – автоматы отходящих линий

На рис. 14.1 показан общий вид комплектной подстанции КТП-630/6-10/0,4, которая состоит из силового трансформатора 2, шкафа 3 ввода высокого напряжения и шкафа 1 распределительного устройства низкого напряжения.

Ввод высокого напряжения размещается в специальном стальном кожухе на баке трансформатора. Проходные изоляторы высокого напряжения входят внутрь кожуха из масляного бака. В кожухе могут также размещаться две концевые заделки силовых кабелей. Контактное устройство позволяет подключать две жилы кабелей к каждой фазе, что обеспечивает возможность соединения нескольких КТП цепочкой или в кольцо.

На крышке бака трансформатора установлены расширительный бачок с маслоуказателем уровня и воздухоосушителем и газовое реле. Противоположная узкая сторона масляного бака трансформатора соединяется кожухом с блоком распределительного устройства низкого напряжения. Внутри кожуха располагаются выводы низкого напряжения трансформатора, которые соединяются шинами с автоматическим воздушным выключателем (автоматом) его ввода.

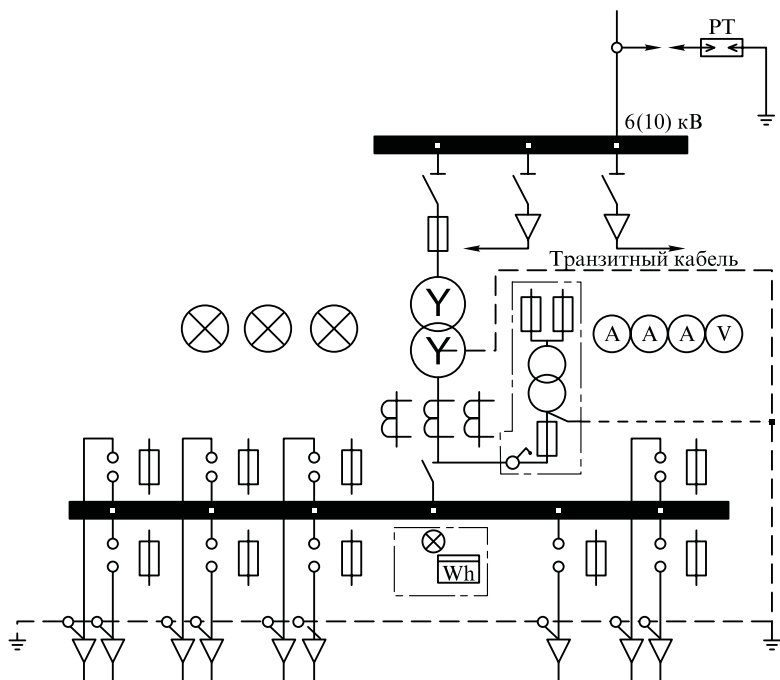


Рис. 14.3. Схема комплектной трансформаторной подстанции наружной установки

Блок распределительного устройства низкого напряжения смонтирован в стальном шкафу и состоит из вводного автомата, шести предохранителей (выключателей) на токи до 200 А и двух предохранителей (выключателей) на токи до 400 А. К предохранителям внутри шкафа присоединяются отходящие линии низкого напряжения.

КТП для внутренней установки с двумя трансформаторами мощностью по 630 кВ·А на напряжение 10/0,4 кВ и закрытыми шкафами показана на рис. 14.2. Шкафы выполнены из листовой стали и соединены между собой встык. В крайних шкафах ввода устанавливаются шины с двумя трехполюсными разъединителями для присоединения кабелей и выключатели нагрузки с предохранителями ВВПЗ-17, а за ними располагаются силовые трансформаторы. В следующих шкафах размещаются приборы, главные автоматы и автоматы отходящих линий и секционный автомат.

Секционный воздушный автомат 3 нормально отключен. При исчезновении напряжения, например на трансформаторе левой секции, отключается главный автомат 1 и включается секционный автомат 3, восстанавливая напряжение в секции.

Комплектные трансформаторные подстанции для наружной установки выпускаются промышленностью на высокие напряжения. Мощности их трансформаторов составляют 25... 1000 кВ·А при напряжении 6 (10) кВ и 630... 16000 кВ·А при напряжении 35 кВ.

КТПН могут быть также однотрансформаторного исполнения. Схема такой подстанции представлена на рис. 14.3.

14.2. Объемные подстанции

Новым техническим решением, обеспечивающим дальнейшее повышение уровня индустриализации монтажа, сокращение сроков сооружения объектов, улучшение качества строительства, является применение объемных подстанции на напряжение 6 (10) кВ одно- и двухтрансформаторного исполнения.

Строительная часть такой подстанции состоит из отдельных объемных блоков, изготавливаемых на заводе железобетонных изделий. Все необходимые отверстия и монтаж внутреннего оборудования подстанции выполняются также на заводе. Для крепления электрооборудования в блоки закладывают специальные металлические детали. Отдельные элементы (панели) подстанции соединяют между собой металлическими деталями с помощью сварки или болтов в объемные блоки.

Заводы поставляют подстанцию целиком или отдельными объемными секциями, которые собирают при монтаже. Объемные КТП снабжаются устройствами, обеспечивающими их вентиляцию, отопление, освещение и связь. Кроме того, в конструкции

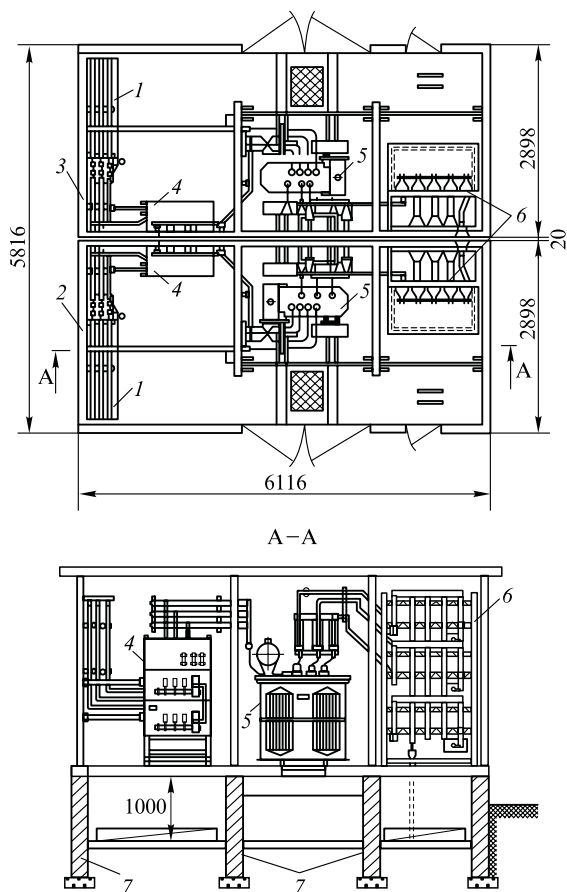


Рис. 14.4. Комплектная объемная трансформаторная подстанция с двумя трансформаторами мощностью по 400 кВ·А

1 – распределительное устройство на 0,4 кВ; 2, 3 – объемные блоки; 4 – контактная станция; 5 – силовой трансформатор; 6 – сборка 6 (10) кВ на 5 мест; 7 – фундамент

предусматриваются все присоединительные элементы, необходимые для подвода внешних коммуникаций. Строительные работы для таких подстанций, устанавливаемых на открытом воздухе, сводятся к планировке площадки или укладке фундамента ленточно-го типа из кирпича или железобетонных блоков.

Для подстанций, устанавливаемых внутри производственного корпуса, выполняют бетонную площадку, а объемные блоки изготавливают из железобетона или металла. В зависимости от числа

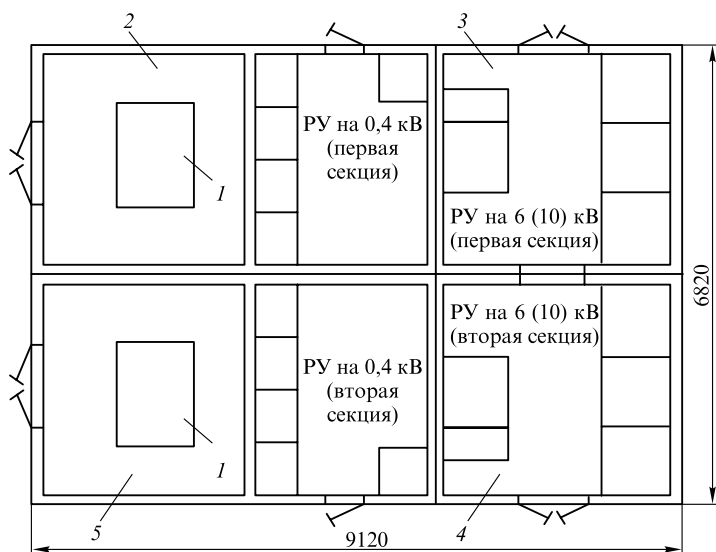


Рис. 14.5. План комплектной объемной трансформаторной подстанции на два трансформатора мощностью по 630 кВ·А:

I – трансформаторы; 2, 3, 4, 5 – железобетонные блоки

и мощности трансформаторов, числа и типа шкафов распределительных устройств высокого и низкого напряжений строительная часть такой подстанции может состоять из одного или нескольких объемных блоков, являющихся вполне законченными элементами, не требующими какой-либо доработки на месте установки.

Объемная подстанция на два трансформатора мощностью по 400 кВ·А представлена на рис. 14.4. Она состоит из двух объемных железобетонных блоков 2 и 4, изготавливаемых на заводе, и размещенных в них трансформаторов и распределительных устройств.

На рис. 14.5 представлен план подстанции на два трансформатора мощностью по 630 кВ·А. Она состоит из четырех железобетонных блоков 2, 4, 3 и 5, предназначенных для размещения распределительных устройств на напряжение 6 (10) или 0,4 кВ и силовых трансформаторов *I*. Распределительные устройства на 6...10 кВ собирают из камер КСО-366, а РУ на 0,4 кВ – из панелей ЩО-70. Каждый блок выполняется из вибропрокатных скорлуп толщиной 88 мм. Электрооборудование во всех блоках монтируется на заводе. Масса полностью смонтированного блока без трансформаторов составляет около 14 т. Наружные поверхности такой подстанции окрашивают, а двери делают стальными.

Перевозка каждого блока объемной подстанции осуществляется отдельно, их габаритные размеры допускают транспортировку

по железным и автомобильным дорогам. Приемка железобетонных объемных блоков в тех случаях, когда они доставляются строителями для монтажа электрооборудования в МЭЗ или непосредственно на место установки, заключается в проверке расположения закладных конструкций, кабельного подполья, маслосборной ямы, качества отделки потолков, стен, полов и кровли. Необходимым условием при приемке подстанций, состоящих из нескольких блоков, является проверка их сопрягаемости и комплектности деталей для их сборки.

Первые объемные КТП выполнялись только из железобетонных элементов и изготавливались вместе со строительной частью на железобетонном заводе, где производились также установка, ревизия и наладка смонтированного электрооборудования. Затем они доставлялись на трайлере к месту монтажа и устанавливались на заранее подготовленную площадку или фундамент. Для пуска такой подстанции необходимо было лишь присоединить внешние кабельные или воздушные линии.

Объемные трансформаторные подстанции из железобетонных панелей все чаще стали вытесняться подстанциями с металлическим каркасом, обшитым стальным оцинкованным гофрированным листом. Такая подстанция изготавливается также вне строительной площадки, т. е. на заводе или в монтажных мастерских в ней мон-

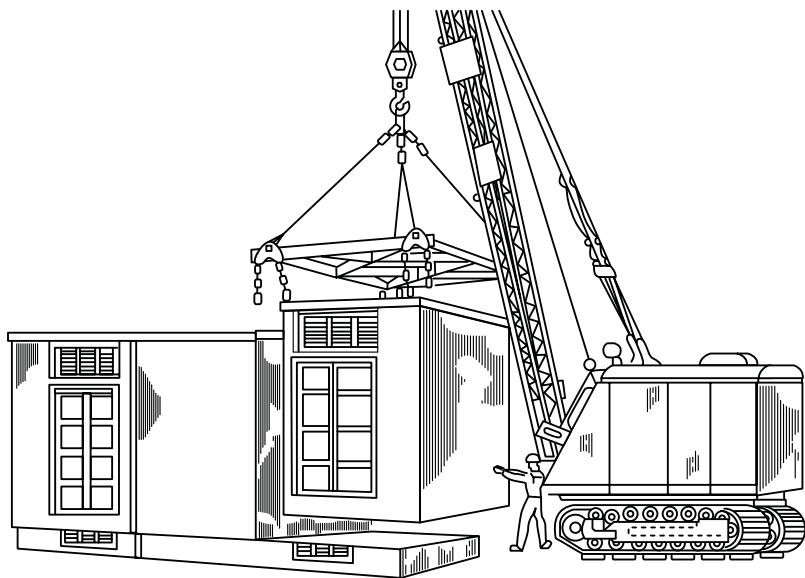


Рис. 14.6. Монтаж трансформаторной подстанции из объемных блоков на строительной площадке

тируется все электрооборудование (кроме трансформаторов) и в готовом виде она доставляется на объект и устанавливается на фундамент (рис. 14.6). Объемная металлическая подстанция дешевле и менее материалоемкая, чем подстанция из железобетонных панелей и тем более кирпичная. Масса такой подстанции без трансформатора не превышает 5 т.

14.3. Объемные электротехнические помещения

Индустриальные панельные электротехнические помещения (ИПЭП) предназначены для размещения в них щитов (распределительных, релейных, станций управления), комплектных трансформаторных подстанций, шкафов и камер распределительных устройств, преобразовательных агрегатов и другого электрооборудования.

Панельные электропомещения могут быть четырех исполнений: ИПЭП-1 шириной 3000 мм, ИПЭП-2 – 4000 мм, ИПЭП-3 – 5000 мм и ИПЭП-4 – 6000 мм. Длина таких помещений 4800 мм и более, а высота 3540 мм.

ИПЭП представляет собой пространственную сборно-разборную конструкцию (рис. 14.7), состоящую из стального каркаса *1* и трехслойных ограждающих стеновых *3* и кровельных *4* панелей из

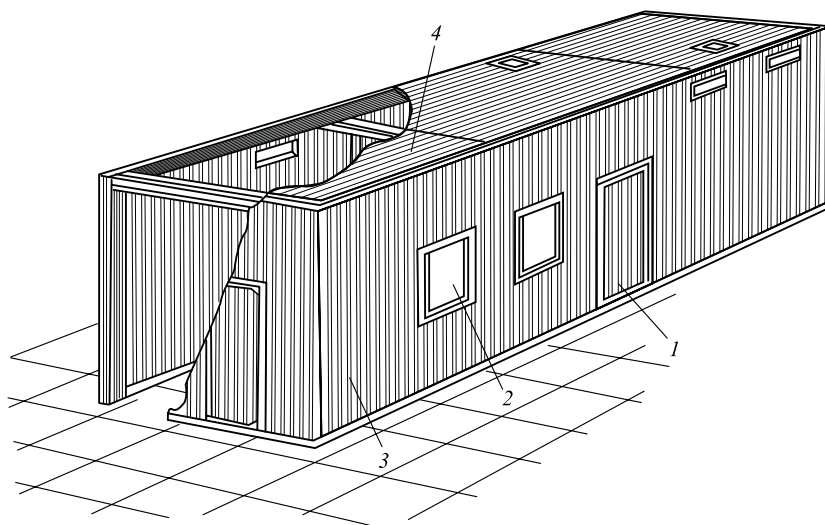


Рис. 14.7. Индустриальное панельное электротехническое помещение:
1 – каркас; *2* – окна; *3, 4* – соответственно стеновые и кровельные панели

стального оцинкованного листа с пенополиуретановым наполнителем, содержащим пламягасящие добавки. Каркас ИПЭП выполняется из гнутого швеллера в виде П-образных рам, соединяемых между собой в верхней части ригелями. Расстояние между стойками каркаса не более 3600 мм.

Ограждающие стеновые панели толщиной 60 мм выполняются глухими, с остекленным окном, дверью и проемами для электрических и сантехнических коммуникаций. Окна шириной 1000 мм и высотой 1200 мм находятся на высоте 1200 мм от пола. Проемы для ввода кабелей, шинопроводов и присоединения вентиляционных основных коробов шириной 1000 мм и высотой 400 мм располагаются в стеновых панелях на расстоянии 200 мм от низа перекрытия. Проемы для ввода кабелей и шинопроводов предусматриваются также по периметру кровельных панелей. Они могут располагаться в любом месте панели, а также по несколько проемов в одной панели. Все проемы закрываются заглушками из стального листа, в которых делают вырезы для прохода коммуникаций.

Панели могут быть унифицированными, что обеспечивает их взаимозаменяемость и облегчает установку. Панель с дверью можно устанавливать в любом месте по периметру помещения, кроме углов с боковых сторон и около стоек каркаса. Панели с проемами можно размещать в ряду не чаще чем через одну глухую панель.

Для установки навесного электрооборудования предусматривается специальная рамная конструкция шириной 2000 мм с тремя горизонтальными рейками, расположенными на высоте 800, 1400 и 1800 мм от пола. Рамная конструкция имеет отличительную окраску.

Помещения могут иметь подвесной потолок, используемый для размещения устройств освещения и вентиляции, при этом высота помещения должна быть не менее 3000 мм.

Собирают ИПЭП непосредственно на месте их установки на чистом бетонном полу без использования закладных элементов. К моменту сборки ИПЭП при необходимости вывода кабелей вниз в полу помещения должны быть подготовлены каналы для их подвода.

14.4. Монтаж комплектных трансформаторных подстанций

Монтаж КТП сводится к доставке собранных блоков или всей подстанции к месту размещения, подъему и установке их на фундамент.

В помещении или на площадке, где устанавливается КТП (КТПН), должны быть полностью закончены основные и отделочные строительные работы.

Кабельные каналы и проемы должны быть выполнены точно в соответствии с чертежами. Строительные работы по их устройству, включая покрытие плитами, должны быть закончены, а трубы для прохода кабеля — заложены в соответствии с проектом.

Способы доставки блоков КТП на место монтажа определяют конкретными условиями строительства данного объекта. Целесообразно обеспечивать доставку блоков на место с помощью кранов и автомобильного или железнодорожного транспорта без промежуточной выгрузки.

До начала монтажа обязательно проверяют закладные основания под трансформаторы. Они должны быть установлены по уровню и точно соответствовать чертежу проекта (отклонения от уровня не должны превышать 1 мм на 1 м длины и 5 мм на всю длину). Несущие поверхности обоих швеллеров должны быть в одной строго горизонтальной плоскости и выступать из чистого пола на 10 мм. Не менее чем в двух местах швеллеры необходимо присоединить к контуру заземления полосовой сталью 40×4 мм.

Монтаж КТП включает в себя следующие операции: доставку блоков оборудования на место, их установку на закладные основания, выверку по шнуру и отвесу, стягивание болтами, приварку к основанию, электрическое соединение блоков одного с другим или прокладку сборных шин, подключение кабелей, ревизию и регулировку аппаратов.

Погрузку и выгрузку блоков КТП и трансформаторов выполняют только с помощью подъемного крана грузоподъемностью 20 т. При строповке в местах изгибов стропов необходимо устанавливать надежные распорки, предохраняющие окраску оборудования от повреждения, особенно если блоки поставляются не в ящиках, а в обшивке. Блоки в помещении устанавливаются с помощью лебедок на катках, специальных тележек и приспособлений. Перед окончательной установкой на направляющие швеллеры блоки распаковывают.

При сборке подстанций соединяют выводы обмоток низкого напряжения трансформатора с распределительным устройством, устанавливая автоматы, монтируют заземление. Шины соединяют обычно с помощью сжимных плит. При этом контактные поверхности шин нельзя зачищать стальными щетками и наждачной шкуркой во избежание повреждения противокоррозионного покрытия, поэтому для их очистки используют чистую ткань, смоченную в бензине. Блоки устанавливают поочередно, предварительно сняв специальные заглушки, закрывающие выступающие концы шин, и подъемные скобы с опорных швеллеров. Проверяют совпадение вертикальных и горизонтальных осей втычных контактов и ножей, а также выдвижных автоматических выключателей низкого напряжения, определяют с помощью динамометра уси-

лие нажатия, которое у каждого втычного контакта должно быть 100 Н. Кроме того, проверяют совпадение осей симметрии подвижных и неподвижных вспомогательных контактов, которые должны иметь провал 1,5...2 мм. Для вкатывания и выкатывания автоматических выключателей применяют специальное устройство, поставляемое заводом.

Установку объемных комплектных трансформаторных подстанций проводят следующим образом. Роют котлован и строят из кирпича или железобетонных блоков фундамент. На фундаменте размещают блоки со смонтированным на заводе оборудованием, за исключением силовых трансформаторов, которые привозят отдельно и устанавливают позже.

После установки силовых трансформаторов выполняют работы по присоединению кабелей высокого и низкого напряжений к устройству внешнего контура заземления.

Монтаж завершается проверкой исправности проводок и приборов, надежности крепления болтовых соединений, исправности электрической изоляции, присоединением кабелей высокого напряжения к трансформаторам и кабелей отходящих линий, а также присоединением к сети заземления металлических частей конструкции.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Что представляет собой КТП?
 2. Как подразделяются КТП?
 3. Из каких элементов комплектуется КТП?
- II.
 1. Каковы основные характеристики КТП 630/6-10/0,4?
 2. Охарактеризуйте комплектную трансформаторную подстанцию наружной установки.
- III.
 1. Что представляет собой объемная подстанция?
 2. Каковы основные элементы объемной трансформаторной подстанции?
 3. Поясните последовательность монтажа трансформаторной подстанции из объемных элементов.
 4. Что представляет собой объемное электротехническое помещение?
 5. Какие требования предъявляются к строительным организациям перед монтажом подстанций?

Глава 15. МОНТАЖ КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

15.1. Конструкция комплектных РУ на 6 (10) кВ

Комплектные распределительные устройства внутренней (КРУ) и наружной (КРУН) установок предназначены для приема и распределения электрической энергии трехфазного переменного тока промышленной частоты и применяются на различных электростанциях, подстанциях энергосистем и промышленных предприятий, а также в электроснабжении сельскохозяйственных и других объектов.

Распределительные устройства набираются из отдельных шкафов со встроенными в них электрическими аппаратами, приборами измерения, релейной защиты, автоматики, сигнализации и управления.

Комплектные распределительные устройства на 6 (10) кВ по способу установки в них аппаратов и приборов могут быть двух типов: КСО – это устройства с камерами, в которых электрооборудование, аппараты и приборы смонтированы стационарно без выдвигаемых элементов с частичным ограждением, и КРУ – устройства на выкатной тележке с выдвигаемыми элементами и в шкафах, являющихся одновременно их сплошным защитным ограждением.

Преимущество КРУ заключается в возможности обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителя благодаря простоте замены вышедшего из строя аппарата, установленного на выдвигаемом элементе, резервным.

Шкафы КРУ бывают одностороннего (прислоненного типа) и двустороннего (свободно стоящие, т. е. с проходами около них с двух сторон) обслуживания. Камеры сборные КСО, подлежащие только одностороннему обслуживанию устанавливаются в электротехнических помещениях.

Комплектные распределительные устройства почти полностью вытеснили РУ старого типа, оборудование которых поставляется россыпью и собирается на месте монтажа.

КРУ и КСО изготавливают и собирают на заводах полностью со всей необходимой аппаратурой и оборудованием. Поэтому сокращаются и упрощаются проектные работы; упрощается сооружение строительной части; значительно уменьшаются трудозатраты, стоимость и длительность сооружения распределительных устройств. Надежность работы и безопасность эксплуатации электро-

установок, составленных из крупных блоков заводского изготовления, также значительно выше, чем установок, собранных из отдельных аппаратов, приборов и оборудования и конструктивно не приспособленных для компактного монтажа и взаимной блокировки.

Монтаж КРУ состоит из установки в подготовленном помещении готовых комплектных камер, соединения их между собой в определенных сочетаниях согласно проектным схемам и выполнения внешних соединений. Использование КРУ и КТП может служить образцом промышленных методов монтажа.

Выкатная часть у всех односторонних КРУ одинаковая, что очень удобно при эксплуатации, поскольку обеспечивает взаимозаменяемость, т. е., имея запасной выкатной элемент, можно быстро произвести ревизию, профилактический осмотр, а также при необходимости заменить электрооборудование (выключатель, трансформатор напряжения, разрядник) в любой камере.

КРУ и КСО выпускаются разных серий и типов, перечень их конструкций очень обширный, поэтому здесь рассматриваются только основные принципы их устройства.

КРУ, предназначенные для приема и распределения электроэнергии между отдельными присоединениями, выполняются в виде шкафов. Шкафы КРУ различных серий отличаются габаритными размерами, конструкцией, встраиваемой аппаратурой и ее техническими характеристиками, а также ошиновками и проводками вторичных цепей. Шкафы оборудуются встраиваемыми выключателями высокого напряжения, штепсельными разъединителями, трансформаторами тока или напряжения, предохранителями высокого напряжения, разрядниками, аппаратами релейной защиты, приборами учета и измерения электроэнергии.

Шкафы КРУ любого типа состоят из корпуса, выкатной части (тележки) и релейной камеры (шкафа). На тележках устанавливаются выключатели, трансформаторы напряжения и разрядники. Выкатная часть подсоединяется к неподвижной части камеры с помощью разъёмных (штепсельных) контактов. Сборные шины монтируются на малогабаритных опорных изоляторах.

Измерительные приборы и приборы управления, релейной защиты и сигнализации размещаются в верхней фасадной части релейной камеры, а измерительные трансформаторы тока и кабельные вводы — в задней неподвижной ее части.

Рассмотрим устройство шкафа КРУ серии К-ХП (рис. 15.1), состоящего из корпуса 4, выкатной тележки 3 и релейного шкафа 2. Корпус шкафа выполнен из стали, что обеспечивает необходимую прочность и ограничивает разрушения при возникновении коротких замыканий и выбросе газов. Конструктивное исполнение шкафов КРУ для одностороннего и двустороннего обслуживания одинаково.

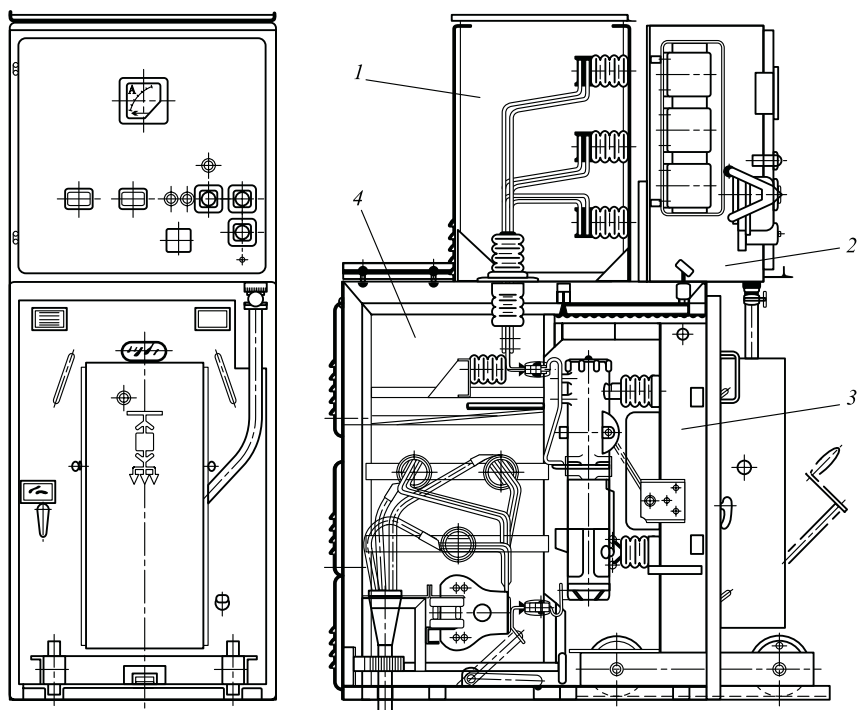


Рис. 15.1. Шкаф КРУ серии К-ХП с масляным выключателем:

1 – шинный отсек; 2 – релейный шкаф; 3 – выкатная тележка; 4 – корпус с аппаратурой

Корпус шкафа разделен металлическими перегородками на отсеки: шинный и шинных разъединителей, выкатной тележки, трансформаторов тока и кабельных заделок. В шинном отсеке, размещенном в верхней части шкафа, расположены сборные шины с отпайками, окрашенные в цвета, соответствующие фазировке. Для осмотра и ревизии сборных шин и изоляторов в шинном отсеке (при снятом напряжении) имеется съемная или откидывающаяся крышка. Под отсеком сборных шин располагаются шинные разъединители, которые отделяют аппараты от сборных шин в момент отсутствия токовой нагрузки и создают видимый разрыв цепи присоединения, позволяя оператору работать на отключенном аппарате.

Отсек выкатной тележки является основным. На выкатной тележке устанавливают оборудование, подлежащее ревизии без снятия напряжения со сборных шин подстанции, например масляные выключатели с приводами, разрядники, предохранители и др. Соединение аппаратов, смонтированных на тележке, со сборными

ми шинами и другими элементами схемы осуществляется штепсельными контактами втычного исполнения, играющими роль шинного и линейного разъединителей.

Выкатная тележка обычно может занимать три положения: рабочее, контрольное (испытательное) и ремонтное. Рабочим называется такое положение тележки в корпусе шкафа, когда цепи первичных и вторичных соединений включены в схему и обеспечивают нормальную работу шкафа. В контрольном положении тележки цепи первичных соединений отключены штепсельными разъединителями, а цепи вторичных соединений включены в схему и обеспечивают возможность опробования работы привода выключателя. В ремонтном положении тележка находится вне корпуса шкафа и все ее штепсельные контакты разомкнуты.

Выкатывание тележки из шкафа и вкатывание ее из ремонтного положения в контрольное осуществляется вручную с помощью ручек, укрепленных на передней стенке. Вкатывание тележки из контрольного положения в рабочее и выкатывание обратно выполняют с помощью рычажного механизма доводки.

Задняя стенка отсека может быть складывающейся или с отверстиями, закрывающимися шторками. При вкатывании тележки в шкаф отверстия автоматически открываются, а при выкатывании – шторки их снова закрывают. На боковых стенках укреплены отдельные части механизмов открывания и закрывания задней стенки, фиксации положения тележки и доводки, заземления, а также привод заземляющих разъединителей. В нижней части отсека расположены направляющие для колес тележки. Вверху и внизу задней части тележки закреплены подвижные контакты шинных и кабельных разъединяющих устройств, а также штепсельные разъемы цепей вторичных устройств.

Ошибочные операции персонала в КРУ автоматически блокируются. Конструкцией предусмотрена блокировка следующих действий:

- вкатывания тележки в рабочее положение при включенном выключателе;

- выкатывания тележки из рабочего положения при включенном выключателе;

- вкатывания тележки в рабочее положение при включенном заземлении (заземлителе);

- включения заземлителя в рабочем положении тележки;

- включения выключателя в промежуточных нефиксированных положениях тележки.

Первые две блокировки предотвращают включение и отключение рабочего тока контактами разъединителя, на что они не рассчитаны. Следующие две блокировки исключают короткое замыкание, а последняя – обеспечивает безопасность персонала.

Релейный шкаф представляет собой сварную металлическую конструкцию с дверью и съемной верхней крышкой. В нем размещаются приборы измерения и учета электроэнергии, аппараты управления, защиты и сигнализации. На задней его стенке может быть установлено до 15 реле, на переднем поясе — блинкеры, ключи управления и сигнальные лампы, а на двери — два счетчика и два измерительных прибора. К нижней части релейного шкафа прикрепляют наборные штепсельные контакты (неподвижную их часть) для связи с аппаратурой, размещенной на тележке, т. е. в нижнем отсеке размещаются неподвижные контакты разъединительного устройства, трансформаторы тока (в том числе нулевой последовательности), заземляющие ножи и кабельные заделки.

Все части оборудования, расположенного в отсеках шкафа, нормально не находящиеся под напряжением, но которые могут оказаться под напряжением из-за нарушения изоляции, заземляют на корпус шкафа, соединенный сваркой с закладными швеллерами, присоединенными к контуру заземления.

Для визуального осмотра аппаратуры высокого напряжения, установленной в шкафу, без снятия напряжения за сплошной двухстворчатой дверью имеется сетчатая дверь.

Камеры КРУ с электромагнитным выключателем типа ВЭМ-6 имеют существенные преимущества, которые определяются следующими достоинствами этого выключателя:

- повышенными электрическими параметрами электродинамической и термической стойкости;

- повышенной износоустойчивостью дугогасящей части;

- большим ресурсом работы без ревизии и ремонта.

КРУ с электромагнитными выключателями широко применяются на блочных тепловых и атомных электростанциях с энергоблоками мощностью 300, 500, 800, 1000 и 1200 МВт; плавучих электростанциях; подстанциях метрополитена и металлургических комбинатах, так как они пожаро- и взрывобезопасны, не требуют масла или другой дугогасящей среды, гарантируют низкий уровень коммутационных перенапряжений.

Комплектные распределительные устройства серии К-XXV с электромагнитными выключателями предназначены для приема и распределения электрической энергии на собственные нужды тепловых и атомных электростанций с электроблоками мощностью 300 МВт и выше, а также для использования на электроподстанциях с трансформаторами мощностью 63 МВ·А и выше.

Шкаф такого КРУ (рис. 15.2), состоящий из корпуса 1, выдвигного элемента 2 и релейного шкафа 3, имеет все современные блокировки, включая оперативные блокировки внешних присоединений выдвигного элемента и привода заземляющего разъединителя.

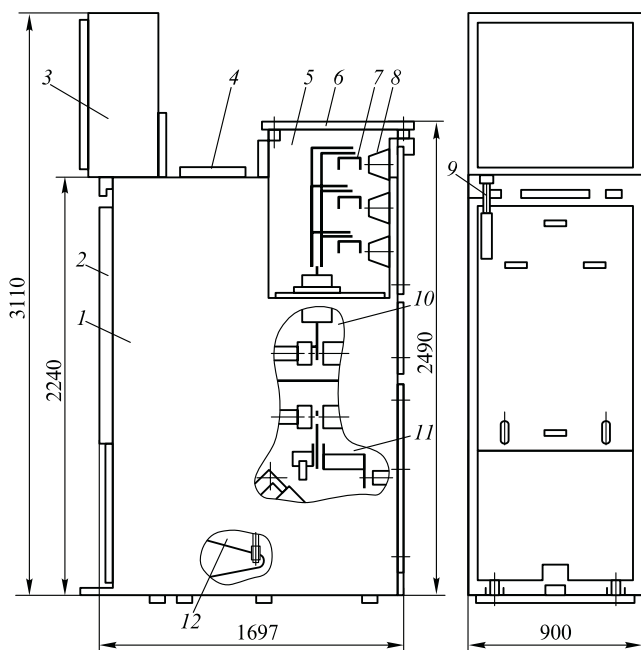


Рис. 15.2. Шкаф КРУ серии К-XXV отходящей линии с выключателем:

1 – корпус; 2 – выдвижной элемент; 3 – релейный шкаф; 4 – разгрузочный клапан; 5, 6 – соответственно отсек и крышка сборных шин; 7 – алюминиевая шина; 8 – опорный изолятор; 9 – гибкая связь; 10, 11 – соответственно отсеки шинных и линейных разъемных контактов главной части цепи; 12 – отсек выдвижного элемента

Корпус шкафа разделен на четыре отсека: отсек 5 сборных шин, отсеки 10 и 11 соответственно шинных и линейных разъемных контактов главной цепи и отсек 12 выдвижного элемента.

В отсеке сборных шин на опорных изоляторах 8 проложены алюминиевые шины 7, от которых отходят отводы на все номинальные токи. Для удобства монтажа сборных шин сверху отсек имеет крышку 6.

Неподвижные шинные разъемные контакты установлены на опорных изоляторах. В отсеке линейных разъемных контактов расположены измерительные трансформаторы тока и трансформаторы защиты от замыканий на землю, ножи заземляющего разъединителя и шины кабельной сборки.

В отсеке выдвижного элемента размещаются: приводное устройство для подъема шторок и заземляющего разъединителя с блоки-

ровками, направляющие для вкатывания и швеллеры с отверстиями для фиксации выдвижного элемента, а также контакты защитного заземления. На выдвижном элементе могут быть установлены: выключатель, трансформатор напряжения либо разрядники. Сверху отсек закрыт разгрузочным клапаном 4.

Выдвижной элемент может занимать рабочее, контрольное и ремонтное положение. Передняя панель выдвижного элемента является фасадом шкафа КРУ и на ней расположены: гибкая связь 9 со штепсельным разъемом, ручка механизма фиксации и блокировки, рукоятка ручного отключения выключателя, проем с дверцей для рычага ручного включения выключателя, окно для наблюдения за положением вала выключателя. В нижней части передней панели выступает кронштейн для установки рычага доводки или водила для перемещения выдвижного элемента по помещению. На выдвижном элементе установлены: механизм фиксации и блокировки; шинные и линейные подвижные контакты главной цепи; контакты защитного заземления, обеспечивающие его заземление в рабочем, контрольном и промежуточном положениях с двух сторон; тяги, приводящие в движение защитные шторки и оборудование, для размещения которого предназначен выдвижной элемент. В контрольном положении выдвижной элемент фиксируется одним, а в рабочем — двумя фиксаторами, связанными между собой системой рычагов.

В релейном шкафу колодка штепсельного разъема установлена с левой стороны. Из-за большой высоты релейный шкаф поставляется отдельно.

Для связи сборных шин одной секции при двухрядном расположении шкафов используют стандартные шинные мосты (токопроводы) для коридоров управления шириной 1910, 2310, 2810, 3010 и 3600 мм.

Отдельно поставляется комплект дугогасительной камеры для каждого электромагнитного выключателя ВЭМ-6.

Шкаф КРУ серии К-101 с выключателем ВВТ 10-1600-20, в котором использована вакуумная дугогасительная камера КДВ-10-630/1600-20 (рис. 15.3), представляет собой сборно-сварную конструкцию и имеет оригинальную компоновку: отсек 11 сборных шин расположен внизу, а линейный отсек 6 с трансформаторами тока 9 — над ним.

Каркас шкафа, состоящий из двух замкнутых металлических сварных рам 1 и 5, соединенных между собой съемными горизонтальными связями 3 сверху и снизу, образует отсек 2 выдвижного элемента, на который устанавливается релейный шкаф 4. С одной стороны шкафа горизонтальная рама 10, прикрепленная к вертикальной сварной раме, вместе с рамой основания образует отсек сборных шин 11, который закрывается съемной крышкой. С дру-

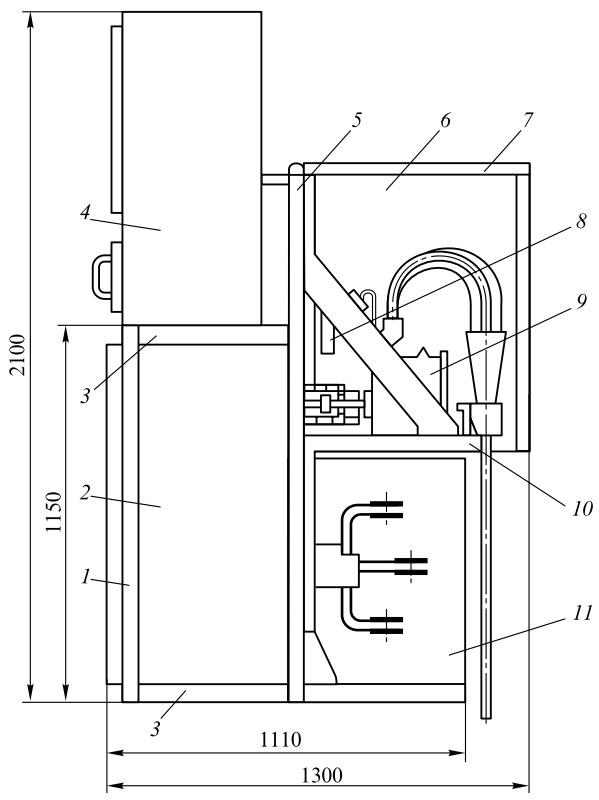


Рис. 15.3. Шкаф КРУ серии К-101 с вакуумным выключателем:

- 1 – фасадная рама; 2 – отсек выдвигаемого элемента; 3 – горизонтальные связи рам; 4 – релейный шкаф; 5 – главная рама; 6 – линейный отсек; 7 – поворотнo-съемная крышка; 8 – заземляющий разъединитель; 9 – трансформатор тока; 10 – горизонтальная рама; 11 – отсек сборных шин

гой стороны шкафа – те же рамы, соединенные с верхней поворотнo-съемной крышкой 7, образуют линейный отсек 6 с трансформаторами тока 9, линейными неподвижными разъёмными контактами главных цепей и кабельной разделкой (либо кабельной сборкой для присоединения четырех кабелей сечением $3 \times 240 \text{ мм}^2$). Поворотнo-съемная крышка открывается таким образом, что горизонтальная и вертикальная ее части складываются вокруг соединяющей их оси и вместе поднимаются. В этом случае образуется свободный доступ персонала к кабельным присоединениям, трансформаторам тока, заземляющему разъединителю.

Шкафы КРУ серии К-101 рассчитаны на номинальное напряжение 10 кВ; максимальное напряжение 12 кВ; номинальные токи шкафа 630, 1000 и 1600 А и сборных шин 1000, 1600, 2000, 3200 А. Термическая стойкость в течение 3 с – 20 кА; электродинамическая стойкость – 52 кА. Масса шкафа 500 кг.

В настоящее время кроме шкафов КРУ, предназначенных для внутренних установок, широко применяются шкафы для наружных установок (КРУН) на напряжение до 10 кВ, которые по конструктивным особенностям можно разделить на три группы:

1. Шкафы с коридором управления, у которых задняя и боковые стенки одновременно являются стенками помещения РУ. Передняя стенка такого шкафа оформляется аналогично передней стенке шкафа КРУ.

Эти шкафы состоят из крыши, боковых стенок с дверями и передней стенки (К-37, К-33 М).

2. Шкафы индивидуального исполнения с выдвижными элементами, на которых устанавливаются выключатели, трансформаторы напряжения, разрядники, выкатываемые при открытых передних дверях (К-VI-V; К-IX; КРУН-6/10/Л).

3. Шкафы индивидуального исполнения со стационарными выключателями или другими аппаратами (КРН-10).

КРУН могут быть трех типов: выкатные, стационарные, объемные (с однорядным и двухрядным расположением ячеек). Выкатные КРУН разделяются на отсеки и компонуются так же, как и выкатные КРУ внутренней установки.

Стационарные КРУН не имеют выкатных тележек, снабженных штепсельными разъединителями, что определяет необходимость применения отдельных разъединителей с приводами. Такие шкафы разделяются перегородками на отсеки. В качестве основных аппаратов в них применяются масляные выключатели ВМГ-10 и разъединители РВ-10, а следовательно, имеется соответствующая механическая блокировка от неправильных действий.

Объемные КРУН изготавливаются нормального и малого габаритов с однорядным и двухрядным расположением ячеек. К объемным относятся шкафы КРУН серии К-37 (рис. 15.4), которые изготавливаются с выдвижными элементами (выключателем, трансформаторами напряжения, трансформаторами тока и разрядниками, разъединителем, силовыми предохранителями) и без выдвижных элементов (с трансформаторами для собственных нужд, аппаратурой высокочастотной связи, конденсаторами).

КРУН серии К-37 состоит из отдельных шкафов с брызгозащитным кожухом. Шкафы КРУН не предназначены для одиночной установки. В каждом шкафу выполнены необходимые блокировки, в том числе оперативные блокировки внешних присоединений.

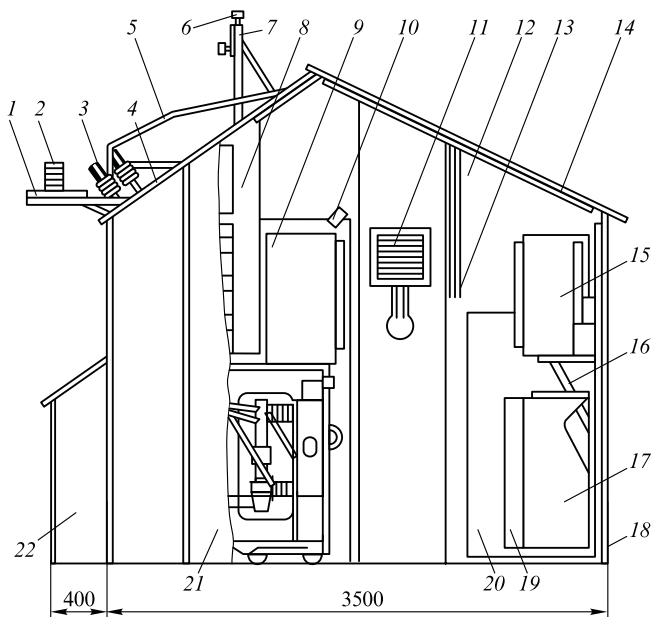


Рис. 15.4. Комплектное распределительное устройство для наружной установки серии К-37:

1 – кронштейн шинного ввода; 2, 3 – соответственно изоляторы ОПШ и ИП-10; 4 – кронштейн ввода токопровода; 5 – барьер; 6 – изолятор ШФ-10; 7, 10, 16 – кронштейны; 8 – шкаф КРУН; 9 – релейный шкаф; 11 – вытяжной вентилятор; 12 – коридор управления; 13 – провода освещения; 14 – крыша; 15 – релейный шкаф с аппаратурой защиты трансформатора от высокого напряжения; 17, 19 – выпрямительные устройства; 18 – передняя стенка; 20 – дверь; 21 – торцовая стенка; 22 – кабельная приставка

Для уменьшения воздействия солнечных лучей наружные поверхности шкафов выкрашены в белый цвет. В целях обеспечения нормальной эксплуатации в условиях повышенной солнечной активности шкафы имеют вторую крышу из асбоцемента, которая исключает попадание солнечных лучей на металлическую крышу. Воздушный зазор между двумя крышами, равный 150 мм, обеспечивает естественную вентиляцию.

В шкафах вводов на крыше блока сборных шин установлен кронштейн шинного ввода 1, а в шкафах отходящей воздушной линии – кронштейн линии 7.

Шкафы ввода могут быть рассчитаны на шинный ввод, ввод токопровода и кабельный ввод, а также могут быть с выдвижным выключателем или выдвижным разъединителем (глухой ввод).

При выполнении ввода кабеля, рассчитанного на 1600 А, к шкафу дополнительно устанавливается приставка 22, что увеличивает его глубину на 400 мм.

Коридор управления 12 собирается из отдельных элементов (торцовых 21 и передней 18 стенок и крыши 14) с помощью болтовых соединений. Внутри этого коридора на передней стенке на кронштейнах 16 размещаются: релейный шкаф 15 с аппаратурой защиты и управления трансформатора (110/35/6-10 кВ); аппаратура дугогасящих катушек на 6, 10 и 35 кВ; выпрямительные устройства 19 (типа БПНС-66) и 17 (типа БПНС-1) для питания электромагнитных приводов выключателей на ток 3200 А и цепей управления. На торцовых стенках 21 установлены вытяжные вентиляторы 11, обеспечивающие 5–6-кратный обмен воздуха. Снаружи торцовых стенок установлены выключатели общего освещения и автоматический выключатель пуска вентилятора, закрытые брызгозащитным кожухом. Двери 20 расположены в торцовых стенках. Проемы для дверей, рассчитаны на выкатывание наибольшего по габаритным размерам выдвижного элемента.

Шкафы вводов КРУН серии К-37 (рис. 15.5) состоит из корпуса 3, выдвижного элемента 1, блока сборных шин 6 и релейного шкафа 5. Задняя стенка 8 шкафа является общей для корпуса и блока сборных шин, крепится болтами и имеет в своей нижней части дверцу 10 на шарнирах с болтами. Корпус шкафа разделен: на отсеки выдвижного элемента 2, шинных разъемных контактов 7, трансформаторов тока и линейных контактов. Неподвижные разъемные контакты в линейном отсеке 12 установлены на трансформаторах тока. В этом же отсеке размещены: заземляющий разъединитель 13, изоляционные перегородки (для шкафов на 1000 и 1600 А), между трансформаторами тока для увеличения электрической прочности; трансформаторы тока 19 для защиты от замыкания на землю. В отсеке выдвижного элемента размещаются приводные устройства заземляющего разъединителя и штормочного механизма; направляющие ролики, предотвращающие перекося выдвижного элемента; заземление выдвижного элемента и лампа освещения 4.

Отсеки шинных и линейных контактов отделены перегородками. В вертикальной перегородке имеются проемы, которые закрываются шторками. При выкатывании выдвижного элемента из корпуса шкафа нижняя шторка опускается, а верхняя – поднимается. В закрытом положении шкафа нижняя шторка может быть поднята и зафиксирована для обеспечения доступа к трансформаторам 11, силовым кабелям 17, кабельным разделкам 18 и заземляющему разъединителю.

На передней стенке шкафа находятся смотровые окна для наблюдения за состоянием шинных контактов; надписи, указываю-

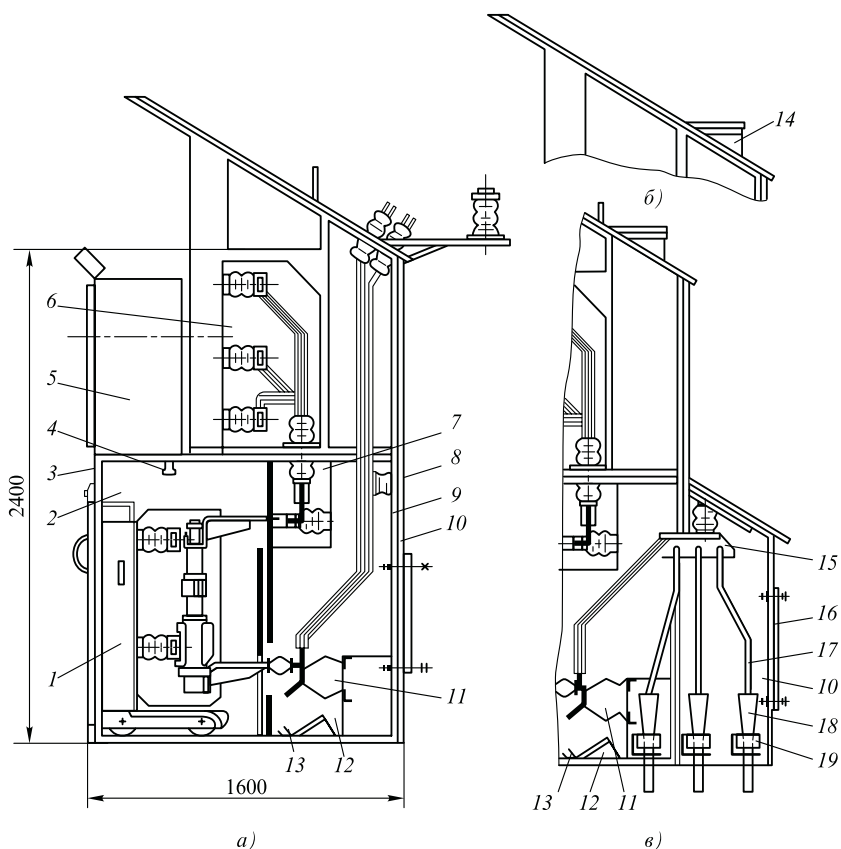


Рис. 15.5. Шкаф вводов КРУН серии К-37:

a – шинного; *б* – токопровода; *в* – кабельного; 1 – выдвижной элемент; 2 – отсек выдвижного элемента; 3 – корпус шкафа; 4 – лампа освещения; 5 – релейный шкаф; 6 – блок сборных шин; 7 – отсек шинных контактов главной цепи; 8 – задняя стенка шкафа; 9 – каркас; 10 – дверца; 11 – трансформаторы тока; 12 – линейный отсек; 13 – заземляющий разъединитель; 14 – ввод шинопровода; 15 – кронштейн для кабеля; 16 – кабельная приставка; 17 – силовой кабель; 18 – кабельная разделка; 19 – трансформатор тока для защиты от замыкания на землю

щие положение съемной ручки заземляющего разъединителя, и паспортная табличка.

Выдвижной элемент в корпусе имеет три фиксированных положения: рабочее, контрольное и разобщенное, а также нефиксированное – ремонтное. Из ремонтного положения в разобщенное выдвижной элемент перемещается вручную; из разобщенного положения – в контрольное или рабочее и обратно – механизмом перемещения.

Шкаф ввода 14 шинопровода поставляется только в составе КТП. Для шкафов кабельного ввода поставляется сборка, которая размещается в кабельной приставке 16.

Клапан разгрузки давления, расположенный между задней стойкой релейного шкафа и перегородкой, отделяющей отсек сборных шин, входит в блок сборных шин.

Камеры сборные одностороннего обслуживания (так же, как и шкафы КРУ) применяют на подстанциях с простыми схемами главных соединений, на которых по электрическим параметрам возможна установка выключателей ВМГ-10, ВМП-10К или выключателей нагрузки. КСО широко применяются для питания временных электроустановок, электроснабжения строительных площадок и т. п.

Конструктивно КСО представляет собой унифицированный сварной каркас из гнутой листовой стали. Камера делится по высоте листовой сталью или асбоцементными плитами на три отсека, в которых соответственно размещаются: в верхнем – сборные шины и шинный разъединитель, в среднем – масляный выключатель (или выключатель нагрузки) и трансформатор тока, в нижнем – линейный разъединитель и кабельные заделки. На фасаде верхней и нижней частей камеры закрепляются двери, а к средней части приварен стальной пояс из листа толщиной 2...3 мм, на котором монтируют приводы выключателей и разъединителей.

Аппаратура измерения, защиты и управления размещается на верхней двери, за которой установлено сетчатое ограждение, допускающее осмотр оборудования внутри без снятия напряжения. По верху камеры проходит световой карниз, служащий одновременно световым табло, внутренним освещением и коробом для контрольных кабелей.

Безопасность и определенная последовательность операций по обслуживанию обеспечивается в КСО соответствующей механической блокировкой, которая не позволяет, например, оперировать с разъединителем при включенном выключателе, включать заземляющие ножи при включенном линейном разъединителе, открывать дверь при включенном шинном разъединителе.

Сборные камеры выпускаются двух серий: КСО3-66 и КСО2-72. Первые изготавливают по 12 типовым схемам для комплектования РУ на напряжение 6(10) кВ и вместо масляных выключателей в них используют выключатели нагрузки. Такие камеры должны устанавливаться только в специальных электротехнических помещениях и обслуживаться обученным персоналом.

На рис. 15.6 показана камера КСО3-66, которая состоит из сварного корпуса, выполненного из гнутого листа, и передней сетчатой двери. Корпус камеры унифицированный. Размер камеры в основании 1000 × 1000 мм, высота 2080 мм. Внутри корпуса на за-

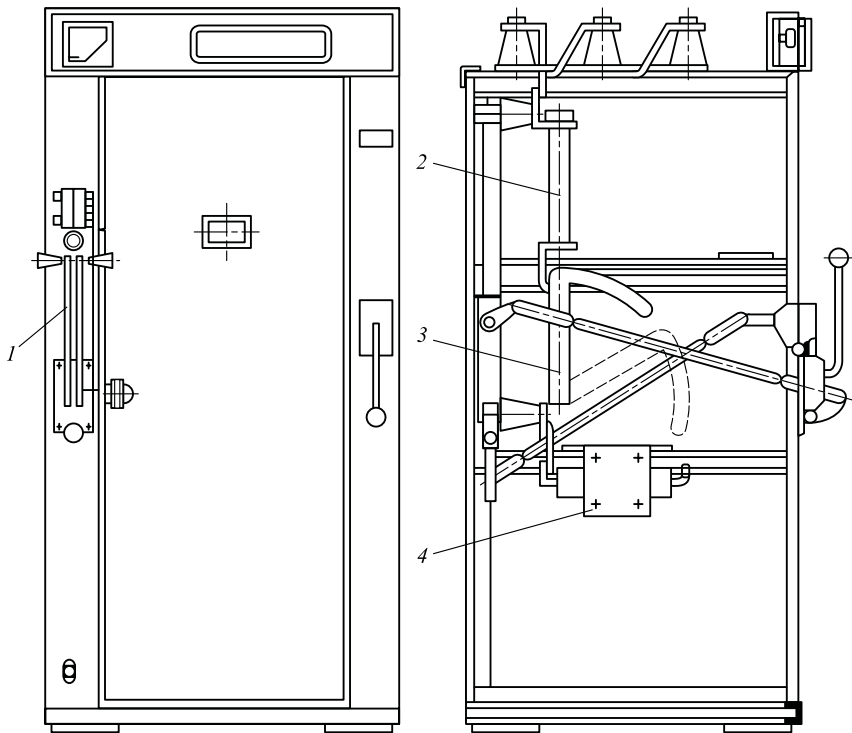


Рис. 15.6. Сборная камера КСО3-66:

1 – привод выключателя нагрузки; 2 – предохранитель; 3 – выключатель нагрузки; 4 – трансформатор тока; 5 – главная шина

воде-изготовителе монтируют оборудование по одной из типовых схем.

Камера КСО2-72 (рис. 15.7), также предназначенная для комплектования распределительных устройств, имеет унифицированный типовой корпус, сваренный из гнутого стального листа толщиной 2,5 мм. На лицевой стороне камеры имеется панель для установки приборов защиты и измерений, а также приводов 2 разъединителей и масляного выключателя 5. В средней части камеры по вертикали располагаются два шкафа: верхний – для открытых аппаратов управления и защиты и приводов вторичных цепей, нижний – для наборных зажимов вторичных цепей. С лицевой стороны камеры имеются две сетчатые двери для доступа к выключающим аппаратам и измерительным трансформаторам высокого напряжения. Внутри камеры монтируют аппаратуру, а на верхней раме – опорные изоляторы главных шин. Камера имеет длину 1000 мм, ширину 1200 мм и высоту 2870 мм. Изготавливают ее по

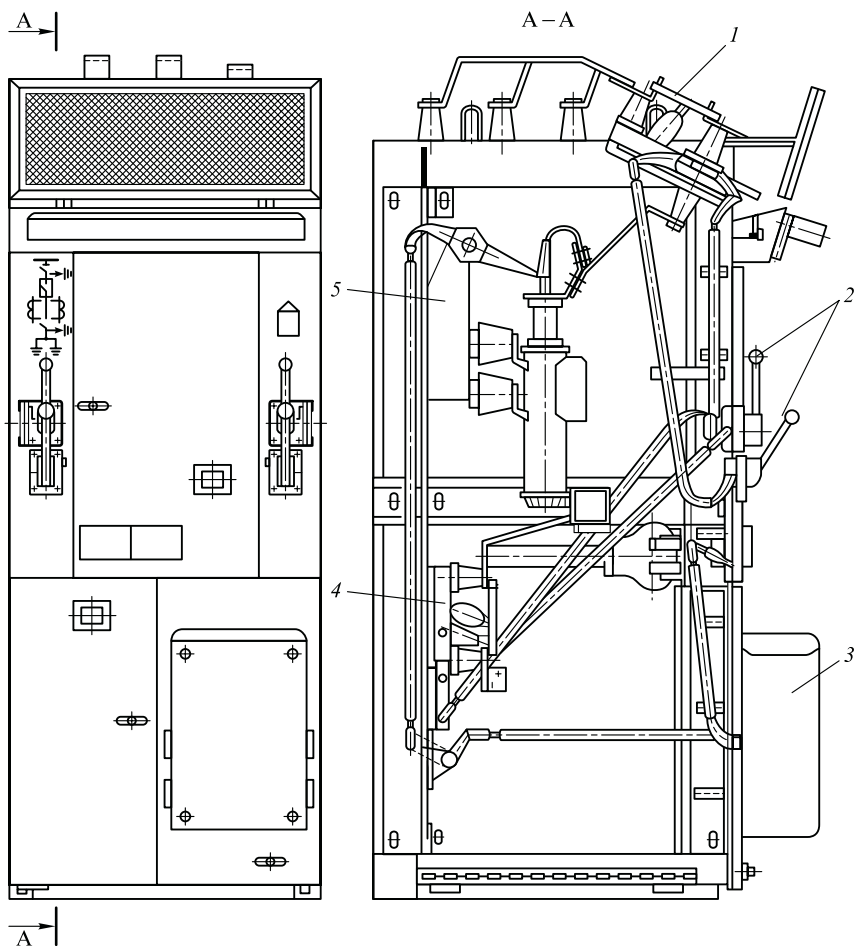


Рис. 15.7. Сборная камера КСО2-72:

1, 4 – соответственно шинный и линейный разъединители; 2 – привод разъединителя; 3 – привод масляного выключателя; 5 – масляный выключатель

схеме с двумя заземляющими ножами на шинном и линейном разъединителях. Номенклатура камер охватывает 27 видов принципиальных схем первичных соединений. КСО2-72 рассчитана на номинальные токи первичных цепей 400, 600 и 1000 А, напряжение 6... 10 кВ и ток отключения 20 кА. В них применяются масляные выключатели ВМГ-10 до 1000 А с приводами ПЭ-11 и ПП-67 и выключатели типа ВМГП с приводом ППВ-10. В качестве шинных разъединителей используются разъединители фигурного исполнения типа РВФЗ с заземляющими ножами. Ошиновку камер выполняют шинами из алюминиевого сплава марки АД31Т1.

Камеры КСО2-72 не предназначены для стыковки с камерами КСО других серий. Устанавливаются они в один или два ряда в помещении РУ. При двухрядном расположении камер их сборные шины соединяются шинным мостом открытого исполнения без разъединителей или с двумя разъединителями для обеспечения их секционирования. При этом ширина коридора между двумя рядами камер составляет 2000...3750 мм. Шинный мост без разъединителей устанавливается в любой камере в ряду РУ, а с разъединителями — только в крайних камерах, так как приводы разъединителей размещаются только на передних панелях шириной 200 мм.

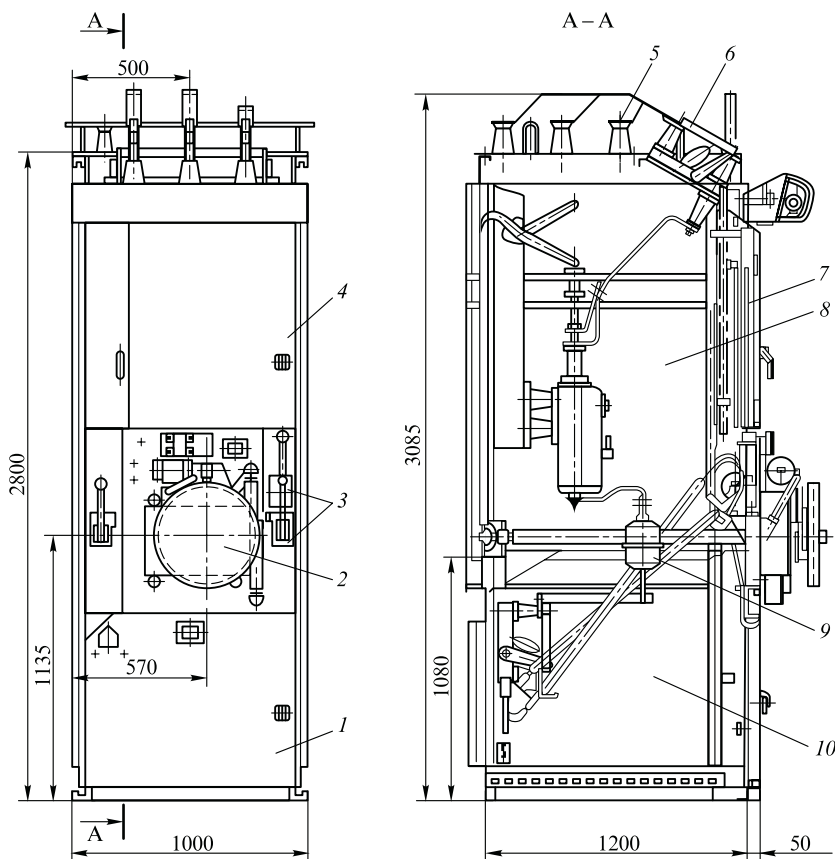


Рис. 15.8. Сборная камера КСО2-66:

1, 4 — двери соответственно кабельного отсека и отсека выключателя; 2 — привод выключателя; 3 — привод разъединителя; 5 — сборная шина; 6 — шинный разъединитель; 7 — сетчатая дверь; 8 — отсек выключателя; 9 — трансформатор тока; 10 — отсек линейного разъединителя

Минимальная высота помещения РУ, предназначенного для КСО2-72 без шинного моста или с шинным мостом без разъединителей, до балки составляет 3,7 м и до потолка – 3,9 м; а для камер с шинным мостом с разъединителями высота до балки – 3,9 м и до потолка – 4,1 м.

Камеры КСО2-66 разделяются глухой перегородкой на отсек 8 масляного выключателя со сборными шинами, шинным разъединителем 6 и трансформаторами тока 9 и отсек линейного разъединителя 10 (рис. 15.8).

В перегородке между отсеками установлены проходные трансформаторы тока. Отсеки спереди закрываются дверями 1, 4, а с одного бока камера имеет глухую металлическую стенку. Приводы выключателя и разъединителя установлены на среднем листе камеры, между дверями. За дверью отсека выключателя установлена дополнительно сетчатая дверь 7, которая открывается только при отключенных приводах шинного 6 и линейного разъединителей. Дверь 1 кабельного отсека заблокирована с приводом 3 шинного разъединителя. Для заземления сборных шин применяется металлический канал шириной 500 мм, в котором установлены приводы разъединителей шинных мостов.

В комплекте с камерами шинных вводов поставляется проходная плита с изоляторами на 600 и 1000 А и шинами.

15.2. Установка КРУ

До начала монтажа принимают помещение и оборудование КРУ под монтаж и выполняют заготовительные работы в МЭЗ. Комплектные распределительные устройства устанавливают в помещениях, где полностью закончены основные и отделочные строительные работы.

Размеры монтажных проемов для камер КСО2-72 должны составлять 1300 × 3100 мм, а для камер КСО3-66 – 1300 × 2300 мм. Закладные основания монтируют по уровню и в соответствии с чертежом проекта. Уклон основания не должен превышать 1 мм на 1 м длины и 5 мм по всей длине. Несущие поверхности из двух отрифтованных полос угловой стали должны располагаться в одной строго горизонтальной плоскости на уровне чистого пола. Не менее чем в двух местах уголки или швеллеры необходимо присоединять к контуру заземления полосовой сталью 40 × 4 мм. Кабельные каналы и проемы должны быть выполнены точно по чертежам. Трубы для прохода кабеля должны выступать из стены или фундамента не менее чем на 30 мм. При установке шкафов КРУ в помещении ширина прохода с их фасадной стороны при однорядной установке должна быть равна длине выкатной тележки плюс 0,8 м, а при двухрядной – длине выкатной тележки плюс 1 м. Расстояние от шка-

фов до боковых стен помещения при односторонней установке должно составлять не менее 0,1 м. Блоки ставят на направляющие уголки и швеллеры в строгой последовательности, предусмотренной проектом.

Монтаж КСО и КРУ начинают с установки крайнего корпуса и к монтажу следующего корпуса приступают только после проверки правильности положения по вертикали и горизонтали предыдущего. При необходимости под основания помещают стальные подкладки и приваривают их. По окончании установки соединяют болтами корпуса блоков также начиная с крайнего. При этом сначала затягивают нижние болты, затем верхние.

После затягивания болтов проверяют по шнуру прямолинейность установки корпусов поверху и при необходимости регулируют их положение стальными подкладками. Вкатыванием тележки проверяют правильность установки шкафов КРУ, т.е. совпадение их подвижных и неподвижных частей, а также четкое фиксированные положения тележки роликами.

Корпус КРУ считается установленным правильно и может быть окончательно закреплен при выполнении следующих условий:

- корпус и тележка не качаются;
- нижняя рама корпуса располагается горизонтально;
- подвижные и неподвижные части разъединяющих контактов первичных и вторичных цепей совпадают;
- ролики механизма доводки четко фиксируют положение тележки;
- зазоры между осью крепления коромысел защитных шторок и роликами тележки примерно одинаковые;
- контрольные отверстия смежных корпусов совпадают;
- зазор между стенками смежных корпусов не превышает 1 мм;
- закрытые двери шкафов расположены в одной вертикальной плоскости.

Особо проверяют работу шторок, которые должны подниматься и опускаться без перекосов и заеданий, а также действие механической блокировки.

Окончательно выверенные шкафы и камеры жестко прикрепляют электросварным швом длиной 60...70 мм к направляющим в четырех углах, благодаря чему обеспечивается заземление корпуса.

В шкафах снимают листы шинного отсека, освобождают от временного крепления ответвительные шины, удаляют верхние части шинодержателей и на шинодержатели укладывают сборные шины с учетом цвета фаз. Ответвительные шины присоединяют к сборным болтам или сжимам, затем сборные и ответвительные шины закрепляют на шинодержателях. Участки сборных шин в пределах одного щита сваривают, а между различными щитами соединяют болтами или сжимами.

После монтажа шин устанавливают приборы и аппараты, демонтированные на время перевозки, и присоединяют их к первичным и вторичным цепям согласно схемам. Контактные поверхности сборных шин промывают бензином и смазывают тонким слоем вазелина. Нельзя зачищать эти поверхности напильником или наждачной шкуркой, так как они покрыты на заводе специальным сплавом олова с цинком для защиты от коррозии. После установки сборных шин всей секции выполняют затяжку болтов в контактных соединениях, а затем прокладку магистральных шин вторичных цепей.

Смонтированные шкафы, камеры или блоки тщательно очищают от пыли и грязи и приступают к ревизии оборудования. Все элементы осматривают, подтягивают крепежные болтовые соединения, а также винты в зажимах, блок-контактах и других устройствах вторичной цепи.

Осматривают выключатели и приводы. Выключатели должны быть залиты чистым сухим трансформаторным маслом. На всех трущихся частях механизмов проверяют наличие смазки и при необходимости добавляют ее. Далее измеряют мегомметром сопротивление изоляции вторичных обмоток измерительных трансформаторов тока. Проверяют регулировку масляных выключателей и приводов при ручном включении, блок-контактов, работу механизмов доводки, блокировки и выкатывания тележек КРУ, а также работу разъединяющих и других контактов по заводской инструкции. Затем присоединяют отходящие и питающие кабели и кабели вторичных цепей по чертежам проекта.

При современном промышленном монтаже распределительных устройств основными операциями являются: доставка собранных блоков к месту монтажа, перевозка их внутри помещения, подъем и установка. Шкафы или камеры РУ транспортируют до места монтажа в упакованном виде, шкафы и блоки КРУ – только в вертикальном положении. КСО допускается транспортировать через постоянные или временные проемы в горизонтальном положении фасадной стороной вверх. Погрузку и выгрузку блоков выполняют с помощью подъемного крана. При строповке в местах изгибов стропов устанавливают надежные распорки, предотвращающие повреждение окраски оборудования. Перемещение по чистому полу рекомендуется производить на тележках типа ТПБ, с помощью которых обеспечивается самопогрузка и саморазгрузка блоков КРУ.

Заводы-изготовители отправляют КРУ и КСО в деревянной упаковке, не рассчитанной на длительное воздействие атмосферных осадков, поэтому по прибытии на место их помещают в сухое закрытое помещение, освобождают от упаковки, очищают от пыли, стружки и подвергают тщательному наружному осмотру.

Если позволяют местные условия и имеются соответствующие подъемно-транспортные средства, то на место монтажа доставляют блоки, скомплектованные из трех шкафов. В противном случае в шкафах КРУ снимают скобы для крепления тележек на время транспортировки, выкатывают их из шкафов, снимают болты, скрепляющие шкафы между собой, и доставляют каждый шкаф в отдельности.

При приемке электрооборудования КРУ и КСО в монтаж проверяют целостность упаковки, комплектность элементов оборудования согласно упаковочной ведомости, нет ли механических повреждений, наличие и целостность пломб на приборах, наличие крепежных винтов, комплектность сборных и ответвительных шин и т. п.

Заземление комплектных распределительных устройств. По окончании установки КРУ (КСО) все металлические конструкции, на которых они установлены, присоединяют к сети заземления. Заземлению подлежит также все оборудование КРУ, не имеющее металлического соединения с заземленным корпусом камеры. Приборы и оборудование, установленные на заземленных металлических конструкциях, сварные поверхности которых имеют наружный электрический контакт с корпусом РУ, специально заземлять не следует. Заземление КРУ осуществляют приваркой нижних рам корпусов камер к магистрали заземления либо к закладным частям, присоединенным к магистрали заземления не менее чем в двух местах.

Для сдачи в эксплуатацию выполняют проверку и наладку релейной защиты и сигнализации и производят испытания в объеме, предусмотренном ПУЭ.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Что представляют собой КРУ и КРУН?
 2. Как подразделяются КРУ по способу установки аппаратов?
 3. Каковы классификация и назначение КСО?
 4. Назовите основные элементы камер КСО.
 5. В какой последовательности монтируются камеры КРУ?
- II.
 1. Каковы основные характеристики и конструкция КРУ серии КХП с масляным выключателем?
 2. Какие виды блокировок в КРУ вы знаете?
 3. Чем отличаются КСО3-66 и КСО2-66?
 4. Поясните конструкцию камеры КСО3-66.
 5. По каким критериям определяется правильность монтажа?
- III.
 1. Каковы преимущества КРУ с электромагнитным выключателем типа ВЭМ-6.
 2. Каково конструктивное исполнение КРУ серии К-37?
 3. Возможна ли стыковка КСО2-72 с другими КСО и почему?
 4. Какие элементы заземляются в шкафах КРУ и камерах КСО?

Глава 16. МОНТАЖ ИЗОЛЯТОРОВ И ШИН

16.1. Монтаж опорных и проходных изоляторов

Изоляторы в распределительных устройствах и подстанциях предназначены для механического крепления и электрической изоляции шин и токоведущих частей высоковольтных аппаратов. По способу установки и назначению изоляторы делятся на подстанционные и аппаратные, опорные, проходные и подвесные (последние называют иногда линейными), а также для внутренней и наружной установок.

Опорные изоляторы (рис. 16.1, а) служат для крепления токоведущих частей и изоляции их друг от друга и от заземленных частей.

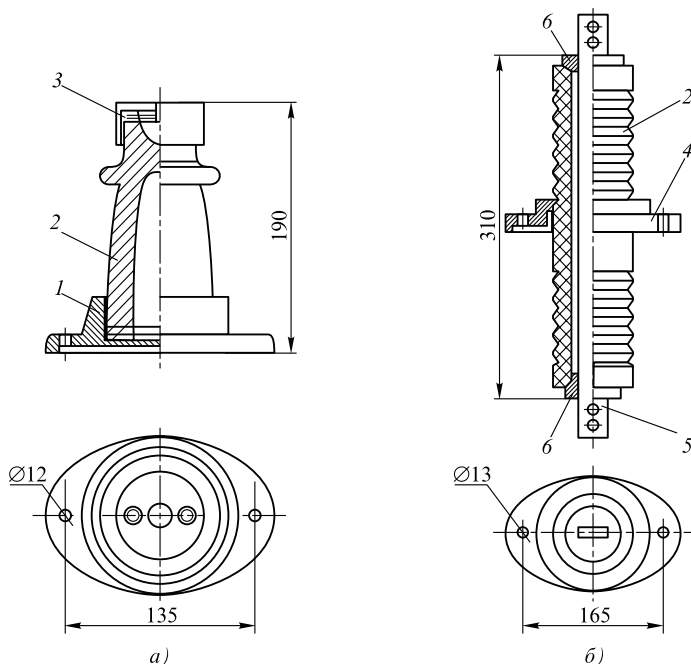


Рис. 16.1. Конструкции изоляторов:

а – опорного ОФ-10-375ов; б – проходного П-10/400-750; 1 – чугунное основание с овальным фланцем; 2 – фарфоровый корпус; 3, 4 – соответственно чугунные колпачок и фланец; 5 – токоведущая шина; 6 – верхний и нижний металлические колпачки

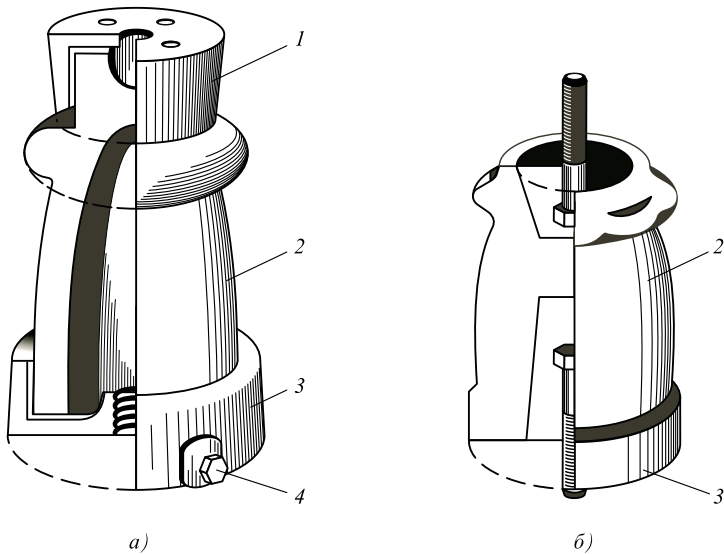


Рис. 16.2. Опорные изоляторы для внутренней установки:
а – ОФ-10-375кр; *б* – ОМА-10; 1 – колпачок; 2 – фарфоровый корпус; 3 – фланец; 4 – болт

Опорный изолятор состоит из фарфорового корпуса 2, чугунного основания 1 с фланцем и чугунного колпачка 3.

В колпачке опорного изолятора для внутренней установки (рис. 16.2, *а*) имеются гнезда с резьбой для крепления шинных конструкций, а во фланце – сквозные отверстия для крепления изоляторов. Болт 4 предназначен для присоединения фланца изолятора к заземляющему устройству.

Фланцы опорных изоляторов могут быть круглой, овальной или квадратной формы.

Фарфоровый полый корпус является изолирующей деталью. Металлические детали соединены с фарфором цементной связкой, фланцы изготавливаются из немагнитных материалов (чугуна, силумина).

Изоляторы также могут быть эпоксидными.

Опорные изоляторы различают по роду установки (внутренние и наружные), напряжению (3, 6, 10 кВ) и механической прочности (разрушающие нагрузки около 3,7; 7,4; 12,3; 19,6 кН и более).

В обозначении опорных изоляторов указывают: тип изолятора – О (полностью опорный), материал – Ф (фарфоровый), номинальное напряжение (6 или 10 кВ), разрушающую нагрузку и форму фланца (ов – овальный, кр – круглый, кв – квадратный). Напри-

мер, опорный изолятор, рассчитанный на разрушающее усилие 3,7 кН и напряжение 10 кВ, с овальным фланцем обозначают ОФ-10-375ов.

Перед установкой изоляторы подвергают осмотру и отбраковке: проверяют нет ли трещин, сколов и других механических повреждений. Допускается наличие у изоляторов отбитых краев общей площадью не более 1 см², но хорошо отшлифованных и покрытых двумя слоями бакелитового лака, и легких царапин на фарфоре, также покрытых бакелитовым лаком. Поверхность фарфора должна быть полностью покрыта глазурью без следов замазки, если замазка осталась, ее очищают деревянными лопаточками. Использовать для этого металлические предметы не разрешается.

Проверяют также состояние металлической арматуры изоляторов и прочность армировочного шва. Слой замазки шва должен быть равномерным по всей окружности армировки, а на изоляторах для внутренней установки армировочный шов необходимо покрыть лаком. Ржавчину на арматуре удаляют тряпкой, смоченной в керосине, заусенцы – напильником во избежание ранения рук при монтаже.

Монтаж опорных изоляторов состоит из их установки, выверки и закрепления, присоединения фланцев к контуру заземления и окраски головок и фланцев. Изоляторы, устанавливаемые фланцами непосредственно на заземленные металлические конструкции, дополнительно не заземляют.

Опорные защищенные изоляторы для прокладки по ним шин монтируют главным образом на металлических конструкциях в мастерских и доставляют на место установки в виде блоков (зачастую с уже проложенными шинами). К строительным конструкциям такие блоки крепят гайками и замазанными на первом этапе монтажа шпильками или приваривают к металлическим деталям, заложеным в строительных конструкциях.

При установке опорных изоляторов необходимо учитывать следующие требования СНиП:

- центры головок (чугунных колпачков) изоляторов должны совпадать с продольной и поперечными осями разметки;

- плоскости колпачков изоляторов каждого комплекта (из трех штук), а также определенного участка или камеры должны быть расположены на одном уровне (± 2 мм);

- расстояния между осями изоляторов разных фаз, от осей изоляторов до заземленных конструкций и между отдельными изоляторами одной фазы (вдоль оси фазы) должны соответствовать проекту (± 5 мм);

- при установке на оштукатуренных стенах (или перекрытиях) фланцы изоляторов не должны быть утопленными;

заземляющие болты должны располагаться со стороны заземляющей магистрали;

прокладки не должны выступать за пределы фланцев изоляторов; крепление изоляторов должно обеспечивать их замену без разрезания ошיוнок.

Установку изоляторов для ошюнок выполняют в следующем порядке: сначала ставят крайние изоляторы и по центрам их головок натягивают шнур, затем по шнуру устанавливают и выравнивают по высоте остальные изоляторы, используя прокладки из толя, картона либо из листовой стали (при установке на металлоконструкциях). После окончательной выверки в вертикальной, горизонтальной или наклонных плоскостях (овальные отверстия и использование крепления на сдвоенных угольниках позволяют регулировать расстояние между изоляторами) крепежные болты или шпильки затягивают гайками.

Для защиты изоляторов от повреждений при монтаже распределительного устройства и отделочных работах после окончательной установки их обертывают толем, картоном или бумагой и обвязывают шпагатом. При необходимости фарфоровые изоляторы защищают экраном или асбестом от брызг горячего металла и действия высоких температур.

Проходные изоляторы (рис. 16.1, б) предназначены для изоляции токоведущих стержней или шин при прохождении их через заземляемые перегородки и конструкции в распределительных устройствах, корпуса аппаратов, а также через стены и перекрытия.

Проходной изолятор состоит из фарфорового корпуса 2, верхнего и нижнего колпачков 6, чугунного фланца 4 и медной или алюминиевой токоведущей шины 5. Колпачки и фланцы крепятся с фарфоровым корпусом цементирующим составом или механическим способом.

Фланец 3 проходного изолятора, показанного на рис. 16.3, имеет отверстия для крепежных болтов и болт 5 для присоединения заземления. Токоведущая шина 1 крепится стальными шайбами 4, находящимися в торцах изолятора.

На номинальные токи до 2000 А проходные изоляторы изготавливаются с алюминиевой токопроводящей шиной, которая крепится шайбами, установленными в их внутренней полости. Обозначение изолятора, например П-10/400-750, читается следующим образом: проходной, номинальное напряжение 10 кВ, номинальный ток 400 А и минимальное разрушающее усилие на изгиб 7,5 кН.

При проверке и отбраковке к проходным изоляторам предъявляются те же требования, что и к опорным. Дополнительно проверяют размеры токопроводящего стержня, нет ли в нем конусности, а также наличие гаек и центрирующих шайб.

При установке проходных изоляторов также необходимо выполнить дополнительные требования, определяемые наличием токопроводящего стержня и формой фланца.

Чаще всего проходные изоляторы устанавливают на асбоцементных или стальных плитах. При номинальном токе проходных изоляторов 1000 А и выше стальные плиты изготавливаются из двух половин, которые соединяют планками из немагнитного или маломангнитного материала, с зазором 5...6 мм между ними по всей длине.

При установке проходных изоляторов в железобетонных плитах их стальная арматура не должна образовывать замкнутого магнитного контура вокруг отдельных фаз, иначе стальные плиты и стальная арматура будут нагреваться индуктируемыми в них токами.

Проходные плиты с изоляторами устанавливают в проемах, оставленных в строительных конструкциях, и выверяют их установку в горизонтальной и вертикальной плоскостях с помощью уровня и рейки. Отклонение их осей от проекта допускается ± 2 мм. Проходные изоляторы размещают на плите, закрепляют без затяжки болтами и гайками и тщательно выверяют по уровню и отвесу. Основные вертикальные оси изоляторов должны находиться в одной плоскости или располагаться параллельно ближайшим элементам установки, с которыми они в дальнейшем будут соединены шинами. Отклонение осей опорных и проходных изоляторов каждой фазы, а также осей отдельных изоляторов от положения, предусмотренного проектом, допускается не более ± 5 мм. После выверки затягивают стяжные болты изоляторов гайками.

При окончательной отделке распределительного устройства арматуру опорных и проходных изоляторов окрашивают черной эмалевой краской. Места присоединения фланцев к заземлению не окрашивают.

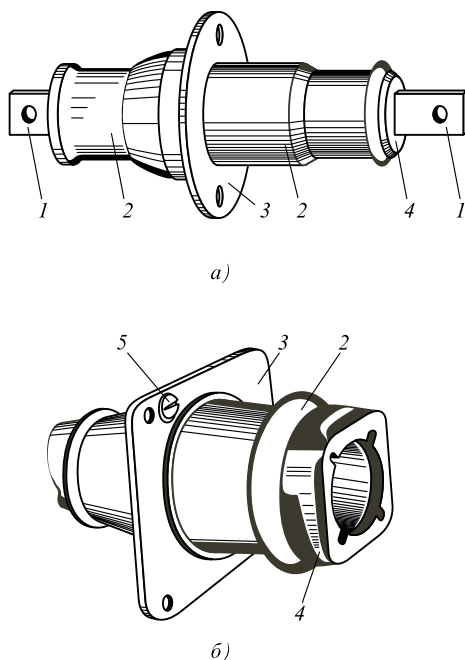


Рис. 16.3. Проходные изоляторы:
a – П-10/600-375; *б* – П-10/2000; 1 – токо-
 ведущая шина; 2 – фарфоровый корпус; 3 –
 фланец; 4 – стальная шайба; 5 – болт для
 присоединения заземления

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Каково назначение изоляторов?
 2. Как подразделяются изоляторы по способу установки?
 3. Где применяются опорные изоляторы?
 4. Где используются проходные изоляторы?
- II.
 1. Какова конструкция опорных изоляторов?
 2. Поясните конструкцию проходных изоляторов.
 3. Прочитайте обозначение изоляторов ОФ-10-375 и П10/450-750.
- III.
 1. Какие требования необходимо выполнять при установке опорных изоляторов?
 2. Какова последовательность установки опорных изоляторов?
 3. Как устанавливаются проходные изоляторы?

16.2. Монтаж шин

Одним из главных элементов распределительного устройства являются шины. Они изготавливаются из алюминия и стали, реже из меди из-за ее высокой стоимости, хотя она является наилучшим проводниковым материалом. При переменном токе до 200 А и постоянном токе используют плоскую, круглую или трубчатую сталь. Медные плоские шины для ошиновки РУ применяют только в специальных случаях, обоснованных в проекте. Шины из алюминиевого сплава марки АД31Т1 выбирают по условиям динамической устойчивости к токам короткого замыкания, что дает значительный экономический эффект.

Сечение и форма шин зависят от тока, условий охлаждения, а также от номинального напряжения установки, при больших значениях которого и определенных метеорологических условиях возникает коронирование, т. е. стекание электрических зарядов с ребер в атмосферу. Поэтому в процессе монтажа нельзя изменять способ установки, размеры шин и расстояния между точками их крепления, а также устанавливать шины из другого материала.

Шины, прокладываемые в распределительных устройствах, подразделяются на сборные (главные), ответвительные и соединительные. Сборные шины служат для приема энергии от источника питания и дальнейшего распределения ее между потребителями. Ответвительными шинами соединяют сборные шины с ближайшими аппаратами и между собой, соединительными шинами — один аппарат с другим. В распределительных устройствах мощных установок сборные шины выполняются пакетами (из двух, трех и более полос в фазе), а также коробчатыми профилями, сваренными из двух шин швеллерной формы. В качестве шин могут использоваться также неизолированные проводники с прямоугольным, трубчатым и круглым сечениями.

Заготовку шин, как правило, осуществляют индустриальным способом в мастерских по замерам на специальных технологических линиях.

В настоящее время в рабочих чертежах предусматривается независимо от степени готовности строительной части заготовка в мастерской целых узлов ошиновки или отдельных ее звеньев вместе с опорными конструкциями; на месте монтажа производят только их сборку.

Ошиновка может быть в блочном исполнении (выполнена по чертежам в мастерской в виде отдельных блоков), макетном (отдельные элементы изготовлены по чертежам и подогнаны на специально сделанном макете установки) и индивидуальном (выполнена по снятым с натуры замерам, применяется в основном для одиночных шин).

Полосы ошиновки собирают вместе с опорными конструкциями, изоляторами, шинодержателями и другими деталями. Комплектные шинные устройства (например, ошиновка трансформаторов) состоят из смонтированных на каркасе разъединителей с приводом, шин, опорных изоляторов и проходной плиты. Открытые шинные магистрали для канализации электроэнергии от внутрицеховых подстанций до распределительных пунктов цеха заготавливают в мастерских, наматывают на кассеты и транспортируют на место монтажа в комплекте с натяжными устройствами, компенсаторами и другими деталями.

Комплектные шинные устройства в виде готовых заготовок поставляют заводы. Изготовление таких заготовок непосредственно на месте монтажа является весьма трудоемкой и неэффективной работой, которая допускается на небольших объектах с незначительным объемом ошиновки.

Перед установкой шины следует рассортировать по сечениям и длине, чтобы обеспечить минимальные отходы при монтаже.

Монтаж шин включает в себя следующие операции: отбор и отбраковку, правку, разметку, резку и изгибание, обработку контактных поверхностей и сверление в них отверстий, сборку отдельных узлов и блоков с опорными изоляторами и металлоконструкциями (например, шинных мостов и переходов), сварку сборных и приварку ответвительных шин или их болтовое соединение, окраску.

На технологической линии выполняют следующие работы: правку на плоскость и ребро, разметку, получение мерных отрезков; вырубку или сверление отверстий; изгибание; сварку встык и приварку ответвлений; опрессовку, выравнивание, зачистку и консервацию контактных поверхностей; окраску заготовок и сборку готовых заготовок шин в пакеты, блоки, узлы и комплекты. Рассмотрим некоторые операции монтажа.

Правку шин выполняют только в том случае, если шины имеют кривизну более 2 мм на 1 м длины. Правку производят в холодном состоянии одновременно на ребро и плоскость на специальном станке, имеющем валцы. На рис. 16.4 правка на плоскость осуществляется горизонтальными роликами 3, на ребро – вертикальными роликами 4. Кроме того, такие валцы имеют направляющие ролики 2 и отбойные 5, предназначенные для предотвращения деформации шин при выходе из них. Бухта шин устанавливается на оси 1. Минимальный размер обрабатываемых шин 30×3 мм, а максимальный – 140×12 мм.

При малых объемах работ шины правят на правильной плите или тавровой балке вручную киянкой или молотком через смягчающую алюминиевую прокладку.

Резка шин выполняется различными механизмами: рычажными или пресс-ножницами, дисковой пилой, а при толщине шин более 10 мм маятниковой пилой.

Изгибание шин производится по эскизам и шаблонам, изготовленным из стальной проволоки диаметром 3...5 мм по замерам на месте. Различают следующие виды изгибов шин (рис. 16.5): на плоскость, ребро, «штопором» (поворот шины вокруг ее оси на угол до 90°) и «уткой».

Изгибание шин с малыми сечениями на плоскость и ребро выполняется ручными шиногибами, а шин с большими сечениями (не менее 80×8 мм) – приводными гидравлическими. Для изги-

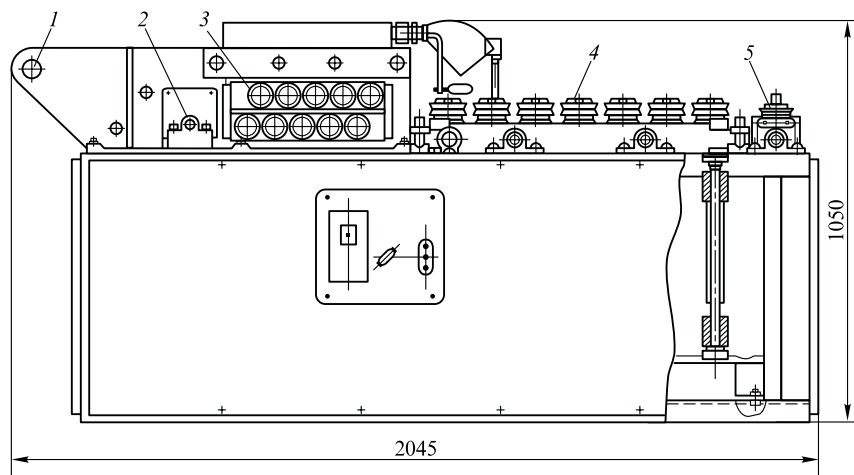


Рис. 16.4. Валцы ВПШ-140М для правки шин:

1 – ось для установки бухты шин; 2 – направляющий ролик; 3, 4 – соответственно горизонтальные и вертикальные ролики; 5 – отбойный ролик

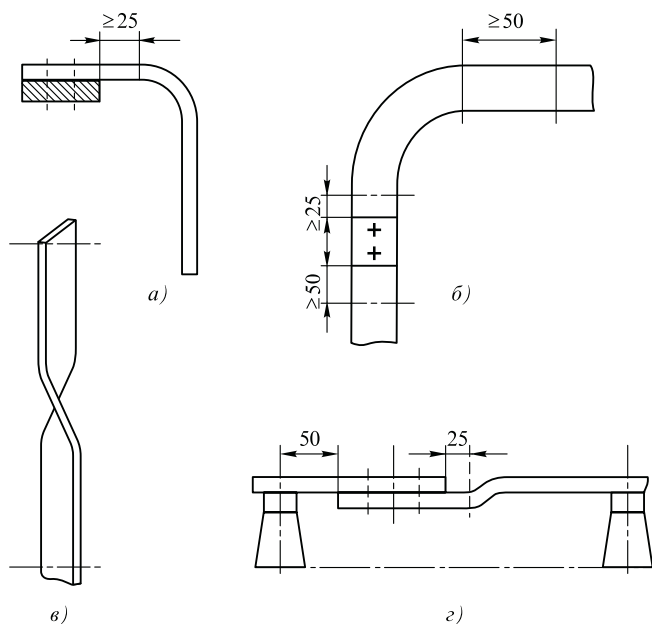


Рис. 16.5. Виды изгибов шин:

а – на плоскость; *б* – на ребро; *в* – «штопором»; *г* – «уткой»

бания шин «уткой» или «штопором» служат специальные штампы на винтовом или гидравлическом прессе. Механизмы и приспособления, используемые при изгибании шин, показаны на рис. 16.6.

Изгибать шину на ребро рекомендуется в нагретом состоянии. Однако температура нагрева алюминиевых шин не должна быть выше 250°C , медных – более 350°C , а стальных – выше 600°C . В случае перегрева шины становятся хрупкими и при изгибании на них появляются незаметные трещины. Температуру контролируют термопарами. Усовершенствованные гидравлические шиногибы позволяют изгибать шины на ребро без предварительного подогрева.

При изгибании шин необходимо выполнять следующие требования:

внутренний радиус изгиба шин с прямоугольным сечением должен быть при изгибах на плоскость не менее двойной толщины шины, а при изгибах на ребро – не менее ее ширины; длина шин на изгибе «штопором» должна быть не менее двукратной ее ширины;

изгиб шины в местах соединений должен начинаться на расстоянии не менее 10 мм от края контактной поверхности;

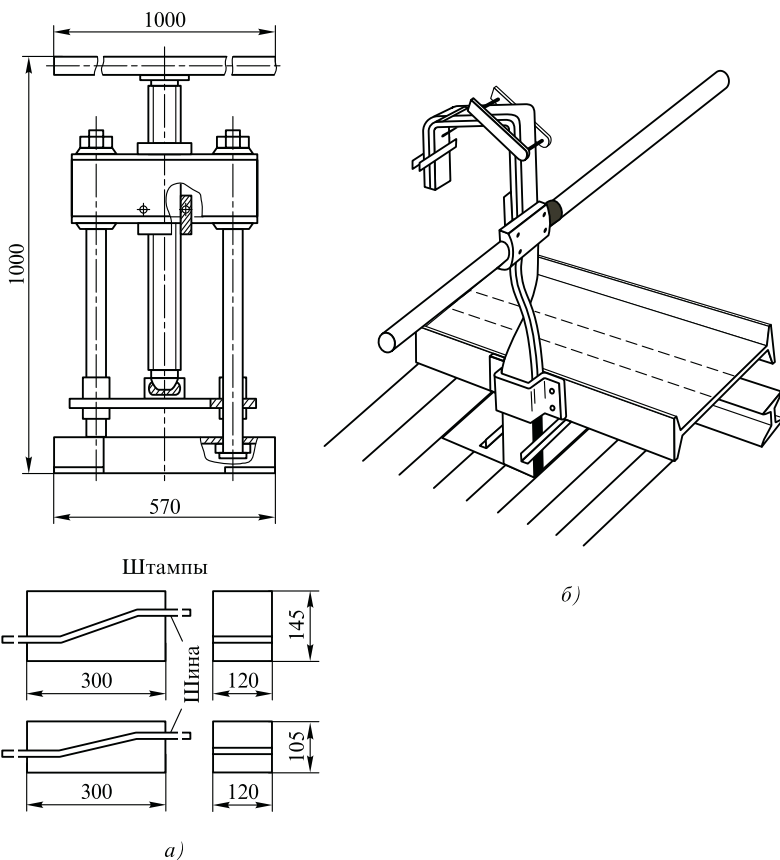


Рис. 16.6. Пресс и штампы для изгиба шин «уткой» (а) и приспособления для изгиба шин «штопором» (б)

стыки сборных шин при болтовом соединении должны отстоять от головок изоляторов и мест ответвлений не менее чем на 50 мм.

Подготовка контактных соединений. Контактное соединение образуется в месте соприкосновения двух шин. Такие соединения могут быть разъемными, выполняемыми с помощью сквозных болтов или сжимов, и неразъемными, т. е. сварными. Контактные поверхности при выполнении болтовых соединений должны быть плоскими и ровными.

Подготовка шин для болтового контактного соединения включает в себя разметку отверстий, их сверление, обработку контактных поверхностей и другие операции.

Разметку отверстий производят по эскизу, на котором обязательно должны быть указаны расстояния до мест крепления, из-

гибов и соединений с точностью ± 1 мм. При разметке применяют шаблоны с просверленными для болтов отверстиями, по центру которых проходит керн. Шаблоны позволяют накернить отверстия без разметки их осей.

Сверлить отверстия можно по кернению или с помощью кондуктора.

Однако лучшим способом выполнения отверстий является проточка их штампом на прессе. Проштампованные по разметке отверстия не требуют последующей обработки, их края получаются чистыми, без заусенцев. Диаметр отверстий должен быть немного больше диаметра болтов (для болтов с диаметром 6...8, 9...12 или 13...18 мм отверстия делают соответственно на 1; 1,5 и 2 мм больше). В пакете шин отверстия сверлят одновременно, для чего его собирают и жестко зажимают в кондукторе.

Обработка контактных поверхностей заключается в полном удалении с алюминиевых шин оксидной пленки, с медных шин – окиси меди, а со стальных шин – ржавчины. Обработку выполняют вращающимися стальными щетками или диском с кардолентой.

При незначительном объеме ошиновки допускается контактные поверхности обрабатывать вручную драчевым напильником и щеткой с кардолентой. Металлическую пыль удаляют чистой тряпкой, а обработанную поверхность покрывают тонким слоем технического вазелина.

Окончательная обработка алюминиевых шин производится наждачной или стеклянной бумагой № 1, 2 и 3 под слоем вазелина. После зачистки загрязненный вазелин удаляют тряпкой и заменяют чистым. Шлифовку и полировку контактной поверхности не производят, так как это ухудшает контакт.

Болтовые соединения шин выполняют непосредственно внахлестку, внахлестку с высадкой «утки», встык с помощью накладок, внахлестку с помощью сжимов (рис. 16.7).

Все крепежные изделия для разборных контактных соединений (болты, гайки, шайбы) должны иметь защитные покрытия. Но в сухих помещениях при соединении шин из однородных металлов допускается применять вороненые стальные болты, гайки и шайбы. На болтовых контактных соединениях не надо устанавливать контргайки, за исключением электроустановок, подверженных вибрации, и во взрывоопасных зонах. Для стопорения болтовых соединений шин (медных, стальных и из алюминиевых сплавов) служат стальные пружинные шайбы (разрезные). При соединениях алюминиевых шин пружинные шайбы не применяют, а под головку болта или гайку со стороны алюминиевой шины устанавливают увеличенные шайбы. Если в контактном соединении использованы тарельчатые пружины (шайбы), то нет необходимости ставить контргайки или пружинные шайбы.

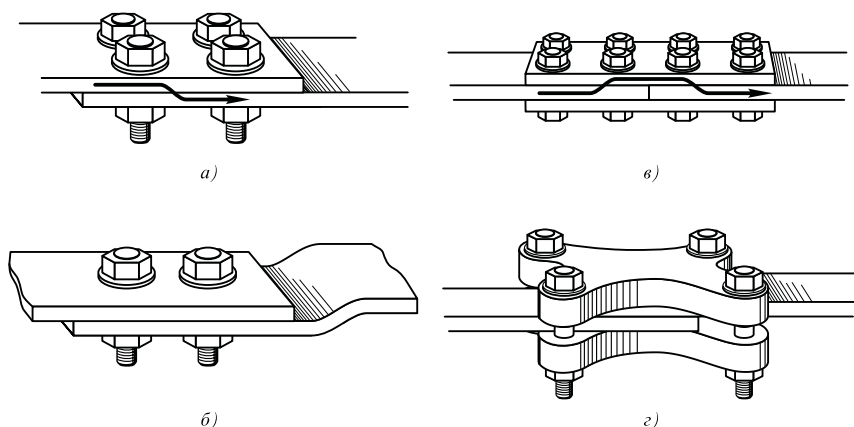


Рис. 16.7. Болтовые контактные соединения шин:

а – внахлестку; *б* – внахлестку с высадкой «утки»; *в* – встык с помощью накладок; *г* – внахлестку с помощью сжимов

Гайки на контактных соединениях располагают так, чтобы при эксплуатации был удобен их осмотр из коридора (область обслуживания). Затяжку гаек лучше всего выполнять с помощью специального гаечного ключа с ограничением крутящего момента, а при его отсутствии – с помощью обычного гаечного ключа, но при этом запрещается удлинять его рычаг для повышения усилия затяжки. Правильная затяжка гаек определяет качество монтажа, т. е. контакта, и надежность соединения. Плотность контакта после затяжки проверяют щупом толщиной 0,02 мм, который по периметру соединения не должен заходить более чем на 6 мм. Заготовленные шины рекомендуется маркировать, условно обозначая места их установки. Болтовые соединения шин в эксплуатации требуют регулярного контроля за состоянием контактов, проверки их температуры, периодического подтягивания болтов, а временами и зачистки контактных поверхностей. Поэтому вместо болтовых соединений рекомендуется применять сварные соединения, в особенности для алюминиевых шин, так как они в местах соединений подвержены окислению и холодной текучести металла под действием давления болтов.

Сварка обеспечивает более надежные по сравнению с болтовыми контактные соединения шин и, следовательно, повышает надежность ошиновки в целом. Выполнение сварных соединений по сравнению с болтовыми менее трудоемко и более экономично, так как производится встык. Поэтому сварку шин следует применять во всех случаях, за исключением тех, когда по условиям эксплуатации необходимо иметь разъёмные соединения.

Сварка алюминиевых шин имеет некоторые особенности. Алюминий при нагреве не меняет цвета, поэтому трудно контролировать ход его расплавления. Кроме того, при нагреве не наблюдается постепенного размягчения алюминия, а при температуре 659 °С он сразу расплавляется. Учитывая эту особенность алюминия, а также способность растекаться и хрупкость при высоких температурах, приводящую к провалам нагретого металла, при сварке шов преимущественно должен занимать нижнее горизонтальное положение. Главным же затруднением является способность алюминия быстро покрываться на воздухе оксидной пленкой, температура плавления которой около 2100 °С, т. е. пленка вследствие своей тугоплавкости препятствует слиянию капель металла свариваемых частей, а также оставаясь в шве, снижает его механическую прочность и проводимость.

Для удаления оксидной пленки с поверхности изделий применяют флюсы, которые защищают также и жидкую ванну от окисления в процессе сварки. Расплавленные флюсы растворяют оксидную пленку и превращают ее в легкоплавкий шлак, всплывающий на поверхность сварочной ванны. Шлак в процессе сварки защищает поверхность расплавленного металла от дальнейшего окисления. В электромонтажной практике при электродуговой сварке алюминиевых шин используют флюс марки ВАМИ.

Наиболее распространенными являются ручная дуговая сварка угольным электродом (которая до последнего времени имела самое широкое применение) и ручная аргонно-дуговая сварка неплавящимся вольфрамовым электродом.

Дуговая сварка шин осуществляется с помощью постоянного и переменного тока. Источниками тока являются сварочные преобразователи и трансформаторы, а также сварочные полупроводниковые выпрямители, предназначенные для выпрямления переменного тока в постоянный сварочный ток без вращающихся преобразователей.

Сварные швы различают по форме сечения и расположению в пространстве, т. е. сварка бывает нижней горизонтальной, вертикальной и потолочной. При нижней сварке сварочная дуга находится над свариваемыми деталями. Этот способ считается наиболее доступным и производительным. Вертикальная и потолочная сварки требуют больших навыков от сварщика и применяются редко.

В качестве источников питания используют сварочные агрегаты ПС-300, ПСО-300, ВД301 на номинальный сварочный ток до 300 А, а также ПС-500, ПСО-500 и ПСУ-500 на номинальный сварочный ток до 500 А и др.

В комплект инструментов и принадлежностей сварщика шин входят: электродержатель, проволочная щетка, зубило, молоток,

сосуд для флюса и кисточка для его нанесения, маска для защиты глаз и лица от лучей сварочной дуги и брызг металла.

В мастерских шины сваривают на специальных сварочных столах, а непосредственно на объекте — с помощью переносных приспособлений. Сварку шин выполняют в такой последовательности: очищают их кромки проволочными щетками; устанавливают переносные приспособления на шины, выверяют их и закрепляют в нужном положении; наносят флюс на кромки свариваемых шин; производят сварку; снимают переносные приспособления, очищают шов от флюса, шлака, приливов и окрашивают.

Шины толщиной до 12 мм сваривают за один проход сварочной дуги, направляя ее на кромки в начале шва и далее в зазор между ними. Расплавив кромки шин, опускают в сварной шов присадочный пруток, обмазанный флюсом, и расплавляют его дугой. Концом присадочного прутка перемешивают расплавленный металл в сварочной ванне, обеспечивая его уплотнение и удаление шлаков. В конце шва дугу разрывают. Для получения высокого качества соединения во время сварки и в период охлаждения шва запрещается двигать шины, так как могут появиться трещины. Ответительные шины приваривают к кромкам сборных шин с помощью специального приспособления.

После сварки необходимо полностью удалить проволочной щеткой остатки флюса и шлака со сваренного стыка, поскольку при наличии влаги они с течением времени вызовут коррозию алюминия, которая приведет к разрушению соединения. Для предохранения от коррозии сварные швы покрывают глифталевым лаком или краской, которой окрашивают шины.

Глифталевые лаки — это растворы глифталевой смолы в смесях спирта и жидких углеводородов и других подобных растворителях. Это термоактивные лаки с высокой клеящей способностью, гибкость их пленок выше, чем у пленок бакелитового лака, а влагостойкость ниже.

Для обеспечения хорошего качества сварных швов следует строго соблюдать технологию сварки. Чаще всего встречаются следующие дефекты сварных швов: непровары, трещины, наплывы, пережоги металла, раковины. Каждый сваренный стык шин надо осмотреть и все обнаруженные дефекты устранить.

Наиболее эффективна при соединении алюминия и его сплавов аргоно-дуговая сварка неплавящимся (вольфрамовым) электродом, которая вытесняет в последнее время способы, требующие использования флюса.

К достоинствам вольфрамовых контактов можно отнести:

- устойчивость в работе;
- малый механический износ ввиду высокой твердости материала;

способность противостоять действию дуги и отсутствие привариваемости вольфрама вследствие его большой тугоплавкости; малую подверженность эрозии, т.е. электрическому износу с образованием кратеров и наростов в результате местных перегревов с плавлением металла.

Недостатками вольфрама как контактного материала являются: трудная обрабатываемость; образование на воздухе оксидных пленок; необходимость применения больших контактных давлений для получения небольших значений сопротивления контактов.

Ручную аргоно-дуговую сварку вольфрамовым электродом выполняют на установках «Удар-300», «Удар-500», УДГ-301, УДГ-501. Для полуавтоматической аргоно-дуговой сварки служат полуавтоматы, например ПРМ (полуавтомат ранцевый монтажный) — самый удобный в монтажных условиях.

Ручную аргоно-дуговую сварку вольфрамовым электродом применяют для соединения шин из алюминия и его сплавов толщиной до 6 мм (алюминиевый сплав АД-31 следует соединять только аргоно-дуговой сваркой), а ручную дуговую сварку угольным электродом — для соединения шин из алюминия толщиной 30 мм и более при нижнем положении шва. Последняя используется и для соединения шин меньшей толщины при невозможности выполнения аргоно-дуговой сварки.

Сварка алюминиевых шин в любых пространственных положениях в среде защитных газов является наиболее прогрессивным способом, поскольку не требует использования флюса и очистки швов от его остатков и шлаковой корки. В среде защитных газов производится ручная дуговая сварка неплавящимся (вольфрамовым) электродом с введением в шов присадки, а также автоматическая и полуавтоматическая сварка плавящимся электродом. Для сварки в среде защитных газов применяют аргон марок А, Б и В, который обеспечивает разрушение оксидной пленки.

Установка и крепление шин. Заготовленные шины после маркировки их в соответствии с эскизами доставляют на место установки. Шины должны располагаться симметрично и однообразно, что не только придает опрятный вид установке, но и облегчает персоналу ее эксплуатацию. Нельзя приближать шины к заземленным частям установки или к шинам другой полярности на расстояние, меньше допустимого нормами для номинального напряжения монтируемого РУ.

При прокладке шин используют: сжимы и шинодержатели на плоскость и ребро, шинные компенсаторы, междушинные распорки, переходные пластины.

При непосредственном креплении требуется точная разметка шин и сверление или выдавливание в них овальных отверстий. При

креплении шинодержателями сверлить или выдавливать отверстия в шинах не требуется, что значительно упрощает монтаж.

Шинодержатели и сжимы при переменном токе более 600 А не должны создавать замкнутого магнитного контура вокруг шин. Для этого одну из накладок или все стяжные болты, расположенные по одной из сторон шины, выполняют из немагнитного материала либо устанавливают магнитный шинодержатель, который не образует замкнутый контур.

Монтируют заготовленные шины в следующем порядке:
устанавливают шинодержатели на опорных изоляторах;
раскладывают шины и выверяют их положение в шинодержателях;

соединяют участки сборных шин с компенсаторами;
устанавливают, выверяют и присоединяют ответвления;
при необходимости вторично окрашивают выправленные шины.

Выверку сборных шин по продольной оси производят по натянутой стальной проволоке. Кроме того, проверяют горизонтальность каждого участка шин с помощью рейки и уровня.

Шины крепят плашмя или на ребро на изоляторах болтами, скобами или в шинодержателях (рис. 16.8).

При всех способах крепления должна быть обеспечена возможность свободного перемещения шинных полос вдоль их оси при нагреве токами нагрузки и токами короткого замыкания. Иначе от возникших при нагреве внутренних напряжений шины, как говорят, «поведет» (они деформируются), а при протекании мощных токов короткого замыкания может быть даже разрушена ошиновка.

В конструкциях шинодержателей предусмотрен зазор 1,5... 2 мм (рис. 16.9), благодаря которому шины не могут быть зажаты в них наглухо. С этой же целью в однополосных шинах, прокладываемых на колпачках изоляторов, выполняют овальные крепежные отверстия, а под головки болтов прокладывают пружинные шайбы.

Чтобы при большой длине шин избежать деформаций из-за линейных расширений, устанавливают компенсаторы, состоящие из набранных в пакет тонких (0,1... 0,25 мм) медных или алюминиевых (соответственно материалу шин) лент, суммарное сечение которых равно сечению шины. Ленты по концам, сваренные в общий монолит, как правило, приваривают встык в месте разреза шин.

Способ присоединения шин к контактному зажимам (выводам) аппаратов зависит от конструкции выводов и материала шин. Существуют следующие способы присоединения:

одноболтовое и многоболтовое непосредственное (с помощью сквозных болтов с гайками и шайбами);

гаечное непосредственное (шину зажимают между двумя контактными гайками, накрученными на нарезной токопроводящий стержень аппарата);

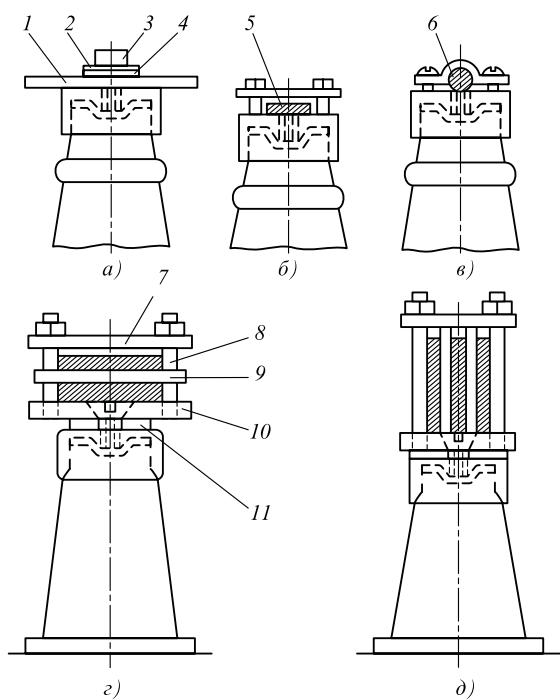


Рис. 16.8. Способы крепления шин:

а – однополосных плоским болтом; *б* – однополосных плоскими болтами и планкой; *в* – круглых на головке изолятора скобей; *г* – многополосных плоских плашмя в шинодержателях; *д* – многополосных плоских на ребро в шинодержателях: 1 – шина; 2 – пружинная шайба; 3 – болт; 4 – нормальная стальная шайба; 5 – стальная планка; 6, 9 – соответственно стальные скоба и вкладыш; 7 – верхняя планка из стали или немагнитного материала; 8 – шпилька; 10 – нижняя планка; 11 – прокладка из электрокартона

через плоские медно-алюминиевые переходные пластины.

В последнее время для присоединения к зажимам аппаратов алюминиевые шины оконцовывают пластинами из сплава марки АД31Т1, т. е., исключая расход меди, уменьшают материальные затраты.

К плоским выводам аппаратов непосредственно присоединяют медные, алюминиевые и стальные шины; к выводам, выполненным в виде нарезного стержня, – медные. С помощью специальных медных или латунных гаек увеличенных размеров подключают алюминиевые шины, если номинальный ток аппарата не более 600 А. Контакт плоских алюминиевых шин с медными стерж-

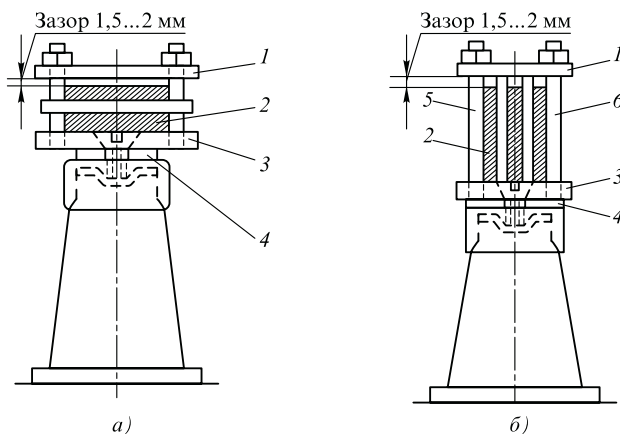


Рис. 16.9. Крепление шин шинодержателями на плоскость (а) и ребро (б):

1 – верхняя планка; 2 – шина; 3 – нижняя планка; 4 – картонная прокладка; 5 – стальная шпилька; 6 – латунная шпилька

невыми выводами аппаратов при токах от 600 А осуществляют через специальные медно-алюминиевые переходные пластины. Эти пластины используют и для всех присоединений в помещениях с влажной средой или активными газами, вызывающими усиленное окисление в местах непосредственных контактов алюминия с медью.

Медно-алюминиевая (МА) пластина состоит из отрезков медной и алюминиевой шин, сваренных встык на специальной сварочной машине. Алюминиевой частью ее приваривают к алюминиевой шине, а в медной части сверлят отверстие для присоединительного болта.

Контактные поверхности мест присоединения шин к выводам аппаратов должны быть тщательно обработаны на специальном шиношлифовальном или шинофрезерном станке при заготовке их в мастерских. Как исключение допускается обработка плоскости контакта полудрачевым напильником. Плоскость контакта необходимо проверять угольником, между ребром которого и плоскостью не должно быть просвета. В зазор между контактными поверхностями после присоединения не должен входить стальной шуп толщиной 0,05 мм.

Для соединения с зажимами аппаратов следует применять конtringящие приспособления. При использовании тарельчатых пружин конtringящие приспособления не ставят. Примеры присоединения алюминиевых шин показаны на рис. 16.10.

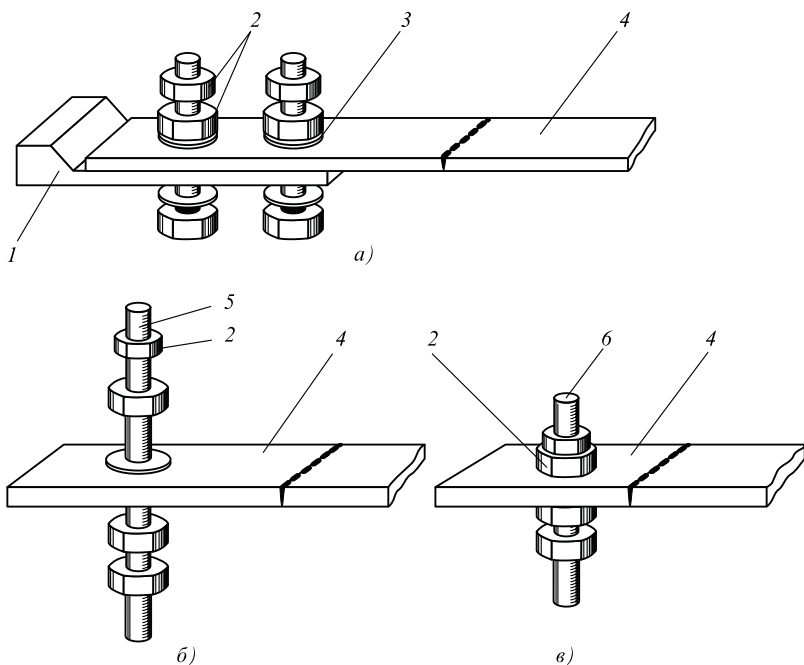


Рис. 16.10. Присоединения алюминиевых шин к выводам аппаратов: *а* – к плоскому медному через МА пластину; *б* – к медному стержневому через МА пластину; *в* – к стальному стержневому через МА пластину; 1 – вывод аппарата; 2, 3 – соответственно стальные гайка и шайба; 4 – переходная пластина; 5 – медный стержень; 6 – стальной болт

Окраска шин. Шины распределительных устройств и подстанций окрашивают по всей длине эмалевой или масляной краской. Окраску производят равномерно без наплывов и подтеков. Однополосные шины окрашивают со всех сторон, многополосные шины в сухих помещениях – с наружных поверхностей, в помещениях сырых, с повышенной влажностью или химической активной средой – каждую шину в отдельности со всех сторон.

Окраска шин необходима для защиты их от коррозии, улучшения условий охлаждения (теплоотдача окрашенных шин лучше), придания опрятного вида установке, а также для обозначения разных фаз (разными цветами).

Шины окрашивают следующим образом: при постоянном токе положительную шину (+) – в красный цвет, отрицательную (–) – в синий и нейтральную – в белый; при переменном токе фазу *A* – в желтый, *B* – в зеленый, *C* – в красный. Нулевые шины при изолированной нейтрали окрашивают в голубой цвет, а при

заземленной – в зелено-желтый (двухцветный), резервную шину окрашивают в цвет резервируемой фазы.

В каждой электроустановке одноименные шины должны иметь одинаковую окраску. В закрытых РУ при переменном трехфазном токе сборные шины при вертикальном расположении окрашивают следующим образом: верхнюю *A* – в желтый цвет, среднюю *B* – в зеленый и нижнюю *C* – в красный. При расположении сборных шин горизонтально, наклонно или по прямоугольнику наиболее удаленную от персонала шину *A* окрашивают в желтый цвет, среднюю *B* – в зеленый и ближайшую к персоналу *C* – в красный. Ответственные и простые ответвления от сборных шин окрашивают: левую шину *A* – в желтый, среднюю *B* – в зеленый, правую *C* – в красный (если смотреть на них из коридора обслуживания).

Окраске не подлежат токоведущие части аппаратов; места болтовых соединений шин и их присоединений к выводам аппаратов, а также участки шин длиной не менее 10 мм от мест соединений; места для контроля температуры, предусматриваемые вблизи контактов, покрытых термоскопической краской; места наложения на шины переносных заземлений для производства ремонтных работ. Места для присоединения заземления должны иметь длину, равную ширине шины (но не менее 50 мм), и быть окаймлены по обе стороны контактной поверхности черными полосками шириной 10 мм.

Контроль за нагревом контактов. Контролируют нагрев контактов в закрытых РУ с помощью термопленки, наклеиваемой на шины у мест болтовых контактных соединений и меняющей свой цвет при повышении температуры. Можно также вырезанную в виде кружков термопленку наклеивать на головки болтов. Место для наклейки термопленки сначала тщательно очищают и протирают тряпкой, смоченной в бензине, а затем на него наносят слой бензилцеллюлозного лака. Этим же лаком покрывают уже прикрепленную термопленку.

Бензилцеллюлозный лак – это растворы эфиров целлюлозы. Пленки их термопластичны, отличаются белым блеском, хорошо сопротивляются действию воздуха и влаги.

Вопросы для самоконтроля

- I.
 1. Что представляют собой шины?
 2. Как подразделяются шины, прокладываемые в РУ?
 3. Из какого материала изготавливают токоведущие шины?
 4. Что включает в себя заготовка шин?
- II.
 1. Как производится правка шин?
 2. Как изгибаются шины?
 3. Какие инструменты и приспособления применяются при изгибании шин?

4. Что такое контактное соединение шин?
 5. Какой флюс используют при сварке шин?
 6. В какие цвета окрашивают шины постоянного и переменного тока?
- III.
1. Как выполняются болтовые соединения шин?
 2. В чем состоит особенность сварки алюминиевых шин?
 3. Какова особенность аргоно-дуговой сварки?
 4. Какова последовательность монтажа шин?
 5. Какие существуют способы присоединения шин к контактными зажимам (выводам) аппаратов?
 6. Как осуществляется контроль за нагревом контактов?

Приложение 1

**Длительно допустимые токовые нагрузки, А, для проводов
с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией**

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Проложенные открыто провода		Проложенные в одной трубе			
	медные	алюминиевые	два провода		три провода	
			медные	алюминиевые	медные	алюминиевые
0,75	15	—	—	—	—	—
1	17	—	16	—	15	—
1,5	23	—	19	—	17	—
2,5	30	24	27	20	25	19
4	41	32	33	28	35	28
6	50	39	46	36	42	32
10	80	68	70	50	60	47
16	100	80	85	60	80	60
25	140	105	115	85	100	80
35	170	130	135	100	120	95
50	215	165	185	140	170	130

Приложение 2

Коэффициенты спроса для некоторых потребителей электроэнергии

Потребители электроэнергии	K_c
Жилые дома, торговые помещения, мелкие мастерские, наружное и аварийное освещение	1
Библиотеки, столовые, административные здания	0,9
Лечебные, детские, учебные заведения, конторы	0,8
Большие производственные объекты	0,95
Средние производственные объекты	0,85
Подстанции	0,6
Склады, подвалы	0,6

Установочные провода

Марка	Конструкция	Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Число жил	Допустимое напряжение, В
ПР	Резиновая изоляция, оплетка из пропитанной противогнилостным составом хлопчатобумажной ткани, медные жилы	0,75... 120	1	660
АПР	То же, но жилы алюминиевые	2,5... 400	1	660
ПРГ	То же, но медная жила состоит из многих скрученных вместе проволок	0,75... 400	1	660
ПВ	Поливинилхлоридная изоляция, медная жила	0,5... 120	1	660
АПВ	То же, но алюминиевая жила	1	1	660
ППВ	Плоский с двумя или тремя медными жилами, изолированными поливинилхлоридной изоляцией	0,75... 2,5	2... 3	660
ППВС	Плоский с поливинилхлоридной изоляцией, без разъединительной пленки для скрытой прокладки, с медными жилами	0,75... 2,5	2... 3	660
АППВС	То же, но с алюминиевыми жилами	2,5... 6	2... 3	660
АППВ	То же, но с алюминиевыми жилами и разъединительной пленкой	2,5... 6	2... 3	660
ПРТО	Резиновая изоляция, общая хлопчатобумажная оплетка, для прокладки в трубах, медные жилы	1... 120	1... 37	660
АПРТО	То же, но жилы алюминиевые	2,5... 400	1... 4	660

Приложение 4

Токи плавких вставок предохранителей для осветительных сетей

Ток плавкой вставки, А	Сечение проводов, мм ² , при прокладке		
	открыто	в трубах	кабелем
10	1,5	1,5	1,5
15	2,5	2,5	1,5
20	4	4	2,5
25	4	4	2,5
35	6	6	6
60	10	10	10
80	16	16	16
100	16	25	25
125	5	35	35

Приложение 5

Токи плавких вставок предохранителей для силовых сетей

Ток плавкой вставки, А	Сечение проводов и кабелей, мм ²					
	ответвляющихся, при прокладке			магистральных, при прокладке		
	открытой	в трубах	кабелем	открытой	в трубах	кабелем
15	1,5	1	1,5	1,5	1,5	—
20	2,5	1	1,5	2,5	2,5	—
25	4	1,5	1,5	4	4	1,5
35	4	2,5	1,5	4	4	2,5
60	6	4	1,5	6	6	4
80	10	4	2,5	10	10	10
100	16	6	4	16	16	16
125	16	10	6	16	16	16

Технические данные некоторых автоматических выключателей

Автоматический выключатель	Номинальный ток выключателя, А	Номинальный ток распределителя, А	Вид распределителя
АЕ2010	10	0,32; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 4; 5; 6; 8; 10	Комбинированный или тепловой
АЕ2030	20	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2	Комбинированный или электромагнитный
АЕ2040	63	10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	—
АЕ2046-10Р	63	16; 20; 25	—
АЕ2050	100	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100	—
А3160	50	15; 20; 25; 30; 40; 50	Тепловой
А3110	100	15; 20; 25; 30; 40; 50	Комбинированный
А3130	200	120; 150; 200	—
А3140	600	250; 300; 400; 500; 600	—
АП-50-3МТ	50	0,63; 0,8; 1; 1,2; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5	—
А3716ФУЗ	160	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	—

Список литературы

1. **Атабеков В.Б.** Монтаж сетей и силового оборудования. – М.: Высш. шк., 1985.
2. **Атабеков В. Б., Живов М. С.** Монтаж осветительных электроустановок. – М.: Высш. шк., 1979.
3. **Атабеков В. Б., Покровский К. Д.** Монтаж электрических сетей и силового электрооборудования. – М.: Высш. шк., 1979.
4. **Белоцерковец В. В., Чусов Н. П., Боязный Д. М.** Механизация электро-монтажных работ. – М.: Энергия, 1977.
5. **Бирюков Ю. С.** Монтаж контактных соединений. – М.: Энергия, 1980.
6. **Вышнепольский И. С.** Техническое черчение. – М.: Высш. шк., 1988.
7. **Гордон С. В.** Монтаж заземляющих устройств. – М.: Колос, 1975.
8. **Гусев Н. Н., Мельцнер Б. Н.** Устройство и монтаж электрооборудования. – Минск: Высшейш. шк., 1973.
9. **Делибаш Б. А., Живов М.С.** Организация и производство электро-монтажных работ. – М.: Энергия, 1972.
10. **Дьяков В.И.** Типовые расчеты по электрооборудованию. – М.: Высш. шк., 1991.
11. **Егоров Г. П., Коварский А. И.** Устройство, монтаж, эксплуатация и ремонт промышленных электрических установок. – М.: Высш. шк., 1972.
12. **Елкин Ю. С.** Монтаж электрических машин и трансформаторов. – М.: Энергия, 1980.
13. **Живов М. С.** Монтаж осветительных электроустановок. – М.: Высш. шк., 1979.
14. **Зеличенко А. С., Смирнов Б. И.** Устройство, эксплуатация и ремонт воздушных линий электропередачи. – М.: Высш. шк., 1970.
15. **Иванов Н. А., Ляуер С. Г., Этус Н. Г.** Справочник по организации и механизации электромонтажных работ. – М.: Энергия, 1972.
16. Инструкция по монтажу электрооборудования пожароопасных установок до 1000 В. – М.: Энергия, 1974.
17. **Князевский Б. А., Трунковский Л. Е.** Монтаж и эксплуатация промышленных электроустановок. – М.: Энергия, 1975.
18. **Ктигоров А. Ф.** Практическое руководство по монтажу электрических сетей. – М.: Высш. шк., 1987.
19. **Ктигоров А.Ф.** Практическое руководство по монтажу электрического освещения. – М.: Высш. шк., 1990.
20. **Лурье М. Г., Райцелоский Л. А., Цинерман А. А.** Устройство, монтаж и эксплуатация осветительных электроустановок. – М.: Энергия, 1976.
21. **Магидин Ф. А.** Воздушные линии электропередачи. – М.: Высш. шк., 1991. – Кн. 8. – Часть 1.

22. **Марков А. С.** Контактные сети. – М.: Стройиздат, 1990. – Кн. 8. – Часть 1.
23. **Масанов Н. Ф.** Индустриальная заготовка элементов электрических сетей. – М.: Энергия, 1971.
24. **Масанов Н. Ф.** Электромонтер по монтажу осветительных и силовых сетей. – М.: Высш. шк., 1974.
25. Материалы. Электромонтажное производство: В 11 кн. / Под ред. А. Н. Трифонова. – М.: Высш. шк., 1990. – Кн. 9.
26. **Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б.** Физика 11 кл. – М.: Просвещение, 1981.
27. **Найфельд М.Р.** Заземление, защитные меры электробезопасности. – М.: Энергия, 1971.
28. **Нейфельд А. М., Хромченко Г. Е.** Механизированная пробивка отверстий. – М.: Энергия, 1980.
29. **Никельберг В. Д., Кожухаров В. Н.** Монтаж освещения промышленных и жилых зданий. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
30. **Никулин Н.В.** Электроматериаловедение: Учебник для ПТУ. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1989.
31. **Семенов В. А.** Лабораторно-практические работы по специальной технологии для электромонтажников. – М.: Высш. шк., 1988.
32. **Сибикин Ю. Д., Сибикин М. Ю.** Теория электромонтажных работ. – М.: Высш. шк., 1999.
33. **Трифонов А. Н.** Рабочее место при монтаже кабелей. – М.: Энергия, 1973.
34. **Трунковский Л. Е.** Монтаж силовых сетей и электрооборудования. – М.: Высш. шк., 1974.
35. Электротехника / Под ред. В. С. Пантюшина. – М.: Высш. шк., 1976.
36. Электротехника / Под ред. А. Я. Шихина. – М.: Высш. шк., 1991.

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Производство, передача и распределение электроэнергии	6
1.1. Основные сведения об электрической энергии	6
1.2. Типы и основные характеристики электрических станций	7
1.3. Организация электроснабжения	11
1.4. Основные сведения об установках, передающих, распределяющих и потребляющих электроэнергию	14
Глава 2. Общие сведения о зданиях, сооружениях и общестроительных работах	23
2.1. Понятие о строительных нормах и правилах	23
2.2. Классификация и основные части зданий и сооружений	25
2.3. Структура управления и организация строительно-монтажных работ	28
Глава 3. Основы электромонтажных работ	35
3.1. Электромонтажные материалы и изделия	35
3.2. Электромонтажные механизмы, инструменты и приспособления	50
3.3. Специализированные машины и передвижные мастерские	83
3.4. Линии заготовки и технологической обработки элементов осветительных электроустановок	85
3.5. Правила пользования электромонтажными механизмами и инструментами	96
Глава 4. Основные сведения об электрическом освещении	100
4.1. Осветительные электроустановки	100
4.2. Основные световые величины	102
4.3. Источники света	104
4.4. Устройства для присоединения осветительных электроустановок	110
4.5. Светильники	113
4.6. Схемы включения ламп накаливания	115
4.7. Схемы включения люминесцентных ламп	119
4.8. Схемы включения дуговых ртутных ламп	122
4.9. Схемы управления освещением	123
4.10. Схемы питания и распределительные устройства осветительных электроустановок	125
4.11. Расчет электрических сетей и электрического освещения	132
Глава 5. Монтаж устройств защитного заземления	141
5.1. Общие сведения	141
5.2. Наружный контур заземления и его монтаж	147

5.3. Измерение сопротивлений заземляющих устройств	152
5.4. Монтаж внутренней заземляющей сети	159
5.5. Требования ПУЭ к заземлению электроустановок	161
Глава 6. Монтаж светильников, приборов и распределительных устройств осветительных электроустановок	166
6.1. Монтаж светильников и приборов	166
6.2. Монтаж пускорегулирующих аппаратов	181
6.3. Установка выключателей, переключателей, штепсельных розеток, звонков и счетчиков	183
6.4. Монтаж распределительных устройств	185
6.5. Монтаж прожекторов	188
6.6. Зануление и заземление осветительных установок	189
Глава 7. Подготовка трас электропроводок	194
7.1. Организация монтажа электропроводок	194
7.2. Разделка проводов и кабелей	208
7.3. Соединение и оконцовка проводов и кабелей	213
7.4. Контроль качества контактных соединений	226
Глава 8. Монтаж электропроводок	229
8.1. Классификация электропроводок	229
8.2. Монтаж открытых беструбных электропроводок	230
8.3. Монтаж открытых электропроводок из защищенных кабелей и трубчатых проводов	235
8.4. Монтаж тросовых электропроводок	240
8.5. Монтаж электропроводок плоскими проводами	251
8.6. Монтаж электропроводок на лотках и в коробах	258
8.7. Монтаж электропроводок в трубах	270
Глава 9. Стандартизация и контроль качества продукции	287
9.1. Стандарты и технические условия	287
9.2. Общие положения ЕСКД и ЕСТД	291
9.3. Общие понятия метрологии	296
9.4. Метрологическая служба и ее задачи	301
9.5. Контроль качества продукции	304
Глава 10. Устройство и монтаж кабельных линий на напряжение до 1 кВ	316
10.1. Основные сведения о кабелях и кабельных линиях	316
10.2. Прокладка кабельной линии в траншее	330
10.3. Концевые заделки кабелей	343
10.4. Прокладка кабельных линий в блоках	355
10.5. Прокладка кабельных линий на опорных конструкциях и в лотках	359
10.6. Прозвонка кабелей	360
Глава 11. Монтаж воздушных линий на напряжение до 1 кВ	364
11.1. Общие сведения о воздушных линиях	364
11.2. Опоры воздушных линий	368
11.3. Изоляторы, провода и тросы	375

11.4. Монтаж воздушных ЛЭП	379
11.5. Монтаж проводов и тросов	391
11.6. Энергетика за рубежом	409
Глава 12. Устройство и монтаж шинопроводов и троллейных линий	413
12.1. Классификация и устройство шинопроводов	413
12.2. Монтаж шинопроводов	424
Глава 13. Устройства приема и распределения электроэнергии	444
13.1. Общие сведения	444
13.2. Силовые трансформаторы	450
13.3. Монтаж силовых трансформаторов	468
13.4. Трансформаторы тока	503
13.5. Монтаж трансформаторов тока	515
13.6. Трансформаторы напряжения	518
13.7. Монтаж трансформаторов напряжения	525
Глава 14. Монтаж комплектных трансформаторных подстанций	529
14.1. Основные сведения о комплектных трансформаторных подстанциях на 6 (10) кВ	529
14.2. Объемные подстанции	533
14.3. Объемные электротехнические помещения	537
14.4. Монтаж комплектных трансформаторных подстанций	538
Глава 15. Монтаж комплектных распределительных устройств	541
15.1. Конструкция комплектных РУ на 6 (10) кВ	541
15.2. Установка КРУ	557
Глава 16. Монтаж изоляторов и шин	561
16.1. Монтаж опорных и проходных изоляторов	561
16.2. Монтаж шин	566
Приложения	582
Список литературы	586

Учебное издание

**Нестеренко Владимир Михайлович,
Мысьянов Алексей Михайлович**

Технология электромонтажных работ

Учебное пособие

14-е издание, стереотипное

Редактор *В. Н. Махова*

Технический редактор *Е. Ф. Коржуева*

Компьютерная верстка: *Ю. Р. Жутаева*

Корректор *И. Н. Волкова*

Изд. № 714203166. Подписано в печать 14.03.2017. Формат 60×90/16.

Усл. печ. л. 37,0.

ООО «Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru

129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1.

Тел./факс: (495) 648-05-07, 616-00-29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU.ПШ01.Н00695 от 31.05.2016.