Библиотека СОК

В. А. Кожемякин

МОНТАЖ СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

МОСКВА
ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ
1987

ББК 31.278
К58
УДК 658.26 : 621.313/.316.002.72

Рецензент А. Н. Трифонов

Кожемякин В. А.

К58 Монтаж силового электрооборудования промышленных предприятий. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 224 с.: ил.

Рассмотрена современная технология монтажа силового электрооборудования и цеховых сетей промышленных предприятий, включая механизмы и специальные инструменты, применяемые для производства электромонтажных работ. Приведены рекомендации по организации электромонтажного производства и технике безопасности.

Для инженерно-технических работников и рабочих, занятых монтажом и эксплуатацией электрооборудования промышленных предприятий.

К $\frac{2302050000\text{-}014}{051(01)\text{-}87}$ 194-87 ББК 31.278

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ

ВЛАДИМИР АНДРЕЕВИЧ КОЖЕМЯКИН

Монтаж силового электрооборудования промышленных предприятий

Редактор *Е. В. Антонович*
Редактор издательства *Л. В. Копейкина*
Художественный редактор *В. А. Гозак-Хозак*
Технический редактор *А. И. Масандилова*
Корректор *Г. А. Полонская*

ИБ № 1022

Сдано в набор 05.09.86. Подписано в печать 23.02.87. Т-05289. Формат 84×108$^1/_{32}$. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 11,76. Усл. кр.-отт. 11,97. Уч.-изд. л. 12,61. Тираж 35 000 экз. Заказ № 642. Цена 65 к.

Энергоатомиздат, 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

© Энергоатомиздат, 1987

ПРЕДИСЛОВИЕ

Энергетическая программа СССР определяет главные направления и важнейшие мероприятия развития экономики Советского Союза до 2000 г.

На первом этапе реализации Энергетической программы СССР необходимо: демонтировать и модернизировать на электростанциях устаревшее оборудование общей мощностью 55—60 млн. кВт; построить реакторы на быстрых нейтронах; расширить ввод в эксплуатацию энергоблоков с водо-водяными реакторами мощностью 1 млн. кВт; освоить и внедрить в производство крупнотоннажные комбинированные системы нефтепереработки; создать мощности по производству метанола и использованию сжатого газа в качестве моторного топлива; создать газохимические комплексы; сократить сроки строительства объектов угольной промышленности; начать строительство промышленных предприятий по производству жидких топлив из угля; осуществить строительство, расширить и реконструировать предприятия машиностроения и черной металлургии.

Реализация Энергетической программы СССР требует от электромонтажников совершенствования методов организации и подготовки электромонтажного производства.

Основными путями выполнения этих требований являются: дальнейшее развитие крупноблочного монтажа, повышение уровня индустриализации и механизации, внедрение новой техники, технологии, повышение качества монтажа и снижение затрат труда.

Современное развитие электромонтажных работ базируется на широком внедрении индустриальных методов монтажа. При монтаже силового и осветительного оборудования во все возрастающих масштабах применяют предварительно заготовленные укрупненные узлы, блоки и электроконструкции промышленного производства.

В мастерских электромонтажных заготовок выполняют механизированную заготовку проводов и кабелей, собирают на технологических линиях электропроводки вместе с приборами, крепежными деталями, конструкциями и комплектно в контейнерах доставляют к месту монтажа. Благодаря этому значительно сокращается время монтажа непосредственно на объектах, повышается качество смонтированных электрических сетей и уменьшается их стоимость.

Для выполнения работ нужны электромонтажники высокой квалификации и, в первую очередь, электромонтажники осветительных, силовых сетей и оборудования.

В книге изложены основные требования к монтажу оборудования электрических установок. Автор ставит своей целью оказать помощь рабочим, бригадирам и мастерам в повышении эффективности производства работ и улучшении их качества.

В книге в основном отражен опыт монтажных организаций Главэлектромонтажа Минмонтажспецстроя СССР.

Замечания и предложения просьба направлять в адрес Энергоатомиздата: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Автор

Глава первая
ОСНОВНЫЕ НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

1.1. Правила устройства электроустановок

Электроустановками называют установки (сооружения), в которых производится, преобразуется, распределяется или потребляется электроэнергия. Электроустановки по напряжению разделяют на электроустановки до 1 кВ и выше.

Нормативный документ, содержащий требования к устройству электроустановок, называют Правилами устройства электроустановок (ПУЭ). Действующее 6-е издание ПУЭ вышло в 1985 г.

Требования ПУЭ обязательны для всех ведомств.

1.2. Строительные нормы и правила (СНиП)

СНиП — это сборник нормативных документов Госстроя СССР, который устанавливает порядок разработки новых, пересмотра действующих нормативных документов, представления этих документов на утверждение, введения в действия и издание, порядок их регистрации, хранения, информации; устанавливает основные требования по вопросам проектирования и строительства, правилам производства и приемки работ, организации строительства и разработке сметных норм.

Требования СНиП обязательны для всех ведомств.

Классификатор строительных норм и правил разделяет СНиП на шесть частей, каждая из которых делится на группы. Классификатор предназначен для установления состава и обозначения (шифра) строительных норм и правил.

Шифр состоит из букв СНиП, номера части (одна цифра), номера группы (две цифры) и номера документа (две цифры), отделенных друг от друга точками; две последние цифры, присоединяемые через тире, обозначают год утверждения документа. Например: СНиП 2.03.05—82.

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

ЧАСТИ И ГРУППЫ СНиП

1. Организация, управление, экономика

Группы

01 Система нормативных документов в строительстве
02 Организация, методология и экономика проектирования и инженерных изысканий
03 Организация строительства. Управление строительством
04 Нормы продолжительности проектирования и строительства
05 Экономика строительства
06 Положения об организациях и должностных лицах

2. Нормы проектирования

01 Общие нормы проектирования
02 Основания и фундаменты
03 Строительные конструкции
04 Инженерное оборудование зданий и сооружений. Внешние сети
05 Сооружения транспорта
06 Гидротехнические и энергетические сооружения, мелиоративные системы и сооружения
07 Планировка и застройка населенных пунктов
08 Жилые и общественные здания
09 Промышленные предприятия, производственные здания и сооружения, вспомогательные здания. Инвентарные здания
10 Сельскохозяйственные предприятия, здания и сооружения
11 Склады
12 Нормы отвода земель

3. Организация, производство и приемка работ

01 Общие правила строительного производства
02 Основания и фундаменты
03 Строительные конструкции
04 Защитные, изоляционные и отделочные покрытия
05 Инженерное и технологическое оборудование и сети
06 Сооружения транспорта

07 Гидротехнические и энергетические сооружения, мелиоративные системы и сооружения
08 Механизация строительного производства
09 Производство строительных конструкций, изделий и материалов

4. Сметные нормы

Состав и обозначение сметных норм и правил установлены Госстроем СССР.

5. Нормы затрат материальных и трудовых ресурсов

01 Нормы расхода материалов
02 Нормы потребности в строительном инвентаре, инструменте и механизмах
03 Нормирование и оплата проектно-изыскательских работ
04 Нормирование и оплата труда в строительстве

6. Эксплуатация и ремонт зданий, сооружений и конструкций

01 Общие нормативные документы
02 Здания, сооружения и конструкции
03 Коммуникации

1.3. Ведомственные нормативные документы

Ведомственные нормативные документы устанавливают требования к проектированию, инженерным изысканиям, строительству, производству строительных конструкций, изделий и материалов, эксплуатации зданий, сооружений и конструкций, учитывающие специфику отрасли народного хозяйства, руководимой данным министерством (ведомством).

Ведомственные нормативные документы утверждают министерства и ведомства СССР в соответствии с предоставленными им правами по согласованию с Госстроем СССР.

Ведомственные нормативные документы обязательны для всех организаций, учреждений и предприятий министерства (ведомства), утвердившего эти документы. Для организаций, учреждений и предприятий других ведомств эти документы могут быть обязательными при условии утверждения или введения в действие документа соответствующим министерством (ведомством).

Ведомственные нормативные документы обязательны также для всех организаций, учреждений и предприятий, осуществляющих проектирование и строительство предприятий, зданий и сооружений отрасли народного хозяйства, руководимой данным министерством (ведомством).

Ведомственные нормативные документы не должны противоречить общесоюзным нормативным документам или дублировать их.

К ведомственным нормативным документам относят: ведомственные (отраслевые) строительные нормы ВСН; ведомственные нормы технологического проектирования ВНТП, а также отдельные сметные нормативы.

Республиканские строительные нормы устанавливают требования к проектированию, инженерным изысканиям и строительству, эксплуатации зданий, сооружений и конструкций, учитывающие специфические условия союзной республики.

Республиканские строительные нормы утверждают госстрои союзных республик или республиканские органы в соответствии с предоставленными им правами.

Республиканские нормативные документы обязательны для всех организаций, учреждений и предприятий независимо от их ведомственной подчиненности, осуществляющих проектирование и строительство объектов, размещаемых на территории данной республики.

К республиканским нормативным документам относят: республиканские строительные нормы РСН, а также отдельные сметные нормативы.

Глава вторая

ПОДГОТОВКА К ПРОИЗВОДСТВУ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

2.1. Проект производства работ

Проект производства работ (ППР) является основным документом подготовки производства. Он должен содержать все основные технические, технологические и организационные решения вопросов подготовки и выполнения электромонтажных работ. Материалы ППР позволяют электромонтажникам ознакомиться с проектной документацией, своевременно заказать материалы, приспособления и инструмент, а также осуществлять конт-

роль за поставками оборудования, организацией и выполнением работ. ППР бывают типовые и индивидуальные, а по составу — полные и сокращенные. Типовые ППР составляют для объектов, строительство которых ведется по привязываемым типовым проектам или документации повторного применения. Сокращенные ППР разрабатывают для объектов при технически несложном и небольшом объеме работ. Полный ППР разрабатывают для крупных комплексов строительства, возводимых по индивидуальным проектам с применением новых технических решений.

ППР должен быть минимальным по объему и конкретным по содержанию. В нем не должны повторяться материалы, помещенные в проектной документации.

Исходными материалами для составления ППР 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 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, ППР содержат пять частей. Первая часть состоит из пояснительной записки, в которой отражены общие сведения по объекту и его характеристика, краткого описания и принципиальной схемы электроснабжения с учетом требований технологического процесса строящегося предприятия, таблиц технико-экономических и электротехнических показателей — физических объемов, сметной стоимости, выработки, трудоемкости. В уменьшенном масштабе помещают генплан с указанием объектов титульного списка и выделением электротехнических помещений, а также трасс канализации электроэнергии. Приводят перечень изменений, внесенных в рабочие чертежи при разработке ППР. Ведомость физических объемов включает трансформаторы, электродвигатели, комплектные устройства, щиты, шкафы и пульты. В ведомости указывают также сведения о количестве подъемно-транспортных устройств и их грузоподъемности. Перечисляют материалы и кабельно-проводниковую продукцию для монтажа сетей. Для кабелей и проводов указывают типы, номинальные на-

пряжения и назначение. Отдельно перечисляют магистральные, распределительные и другие виды шинопроводов, шины и цветные металлы, трубы стальные и пластмассовые, данные о количестве выпрямленных устройств, преобразовательных агрегатов и другом специализированном оборудовании.

По электромонтажным объектам основные технико-экономические показатели рассчитывают раздельно для мастерских электромонтажных заготовок (МЭЗ) и монтажной зоны, приводят протокол разделения работ со смежными монтажными организациями.

Материалы первой части предназначены для планирования, контроля и оперативного управления.

Вторая часть охватывает вопросы организации и технологии выполнения работ на площадке строительства и содержит исходные данные для составления графика производства работ, рекомендации по технологии монтажа, схему грузопотоков, ведомость механизмов, приспособлений, специальных инструментов и приборов, специальные указания по технике безопасности и промсанитарии, приемно-сдаточной документации.

Объект разбивают на монтажные зоны, например: общее освещение, электроснабжение напряжением выше 1 кВ, магистральные шинопроводы напряжением до 1 кВ и т. д.

Третья часть состоит из лимитно-комплектовочной ведомости на оборудование и материалы, электроконструкции, монтажные изделия, укрупненные узлы и блоки.

Сводные спецификации проекта на электрооборудование уточняют по рабочим чертежам проекта и разбивают по поставщикам: заказчик, генподрядчик, субподрядная организация, если это не выполнено в проектной документации.

Четвертая часть содержит задание МЭЗ. В ней приводят ведомость изделий с указанием количества, стоимости и сроков изготовления, а также калькуляций трудовых затрат на изделия и работы, составляемые по чертежам и эскизам.

Пятая часть состоит из калькуляций затрат труда и заработной платы для монтажной зоны с таблицей сводных данных.

2.2. Оплата труда

На монтажных работах применяют сдельную и повременную системы оплаты труда, для которых установлены единые тарифные ставки (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Часовые тарифные ставки и коэффициенты

Показатели	Разряды					
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
Часовые тарифные ставки, коп.	43,8/59	49,3/64	55,5/70	62,5/79	70,2/91	79/106
Тарифные коэффициенты	1	1,126	1,267	1,427	1,603	1,804

Примечание. В числителе действующие тарифные ставки, в знаменателе — постепенно вводимые с 1987 г. новые.

Труд рабочих при сдельной системе оплаты труда нормируется по разработанным единым нормам выработки (времени) и расценкам (ЕНиР), ведомственным нормам времени и расценкам (ВНиР), местным нормам времени и расценкам (МНиР).

Наиболее эффективной является аккордная оплата с применением сдельно-премиальной системы (аккордно-премиальная система). Сдельно-премиальная система оплаты вводится за выполнение рабочими-сдельщиками аккордного задания к установленному календарному сроку или досрочно в размере 0,5—3 % сдельного заработка за каждый процент сокращения нормативного времени или нормативного срока окончания работы.

Сокращение нормативного времени, %,

$$C = \frac{Д_н - Д_ф}{Д_н} 100,$$

где $Д_н$ — время, полагающееся по нормам для выполнения аккордного задания, чел-дни; $Д_ф$ — фактическое отработанное время, чел-дни.

Сокращение нормативного срока, %,

$$C_1 = П/В \cdot 100,$$

где $П$ — переработка нормы выработки, %; $В$ — выполнение нормы выработки, %.

Для стимулирования повышения качества работ при удовлетворительной оценке качества доплата устанавли-

вается в размере 0,5 %, при хорошей оценке — до 2 % и при отличной — до 3 % сдельного заработка.

Доплату по сдельно-премиальной системе производят в максимальном размере, если в бригаде нет потерь рабочего времени; в противном случае доплата может быть снижена до минимума. Бригадиру сдельщиков при численности бригады не менее 6 чел. доплачивают за руководство бригадой в размере 2 % суммы заработка бригады, но не более 40 руб. в месяц.

Аккордный наряд может быть выдан бригаде на работы по монтажу электроустановок, а при методе бригадного подряда — на работы по объекту в целом. При этой системе оплаты труда электромонтажникам до начала работ сообщают об их заработке.

Бригадный подряд. В последнее время в электромонтажное производство широко внедряется метод бригадного подряда. При этом методе комплексная бригада выступает в роли своеобразного подрядчика: участвует в управлении электромонтажным производством, отвечает за весь комплекс выполняемых работ и принимает участие в сдаче объекта рабочим приемочным комиссиям. Основным документом, определяющим взаимоотношения между хозрасчетной бригадой и монтажным управлением, является хозрасчетный договор. Договор и аккордный наряд предварительно обсуждают на общем собрании бригады. В договоре учитываются социалистические обязательства бригады и план мероприятий, намечаемый управлением для их выполнения.

Бригада обязуется выполнить задание в сроки по графику, в полном соответствии с проектом и в пределах расчетной стоимости поручаемых ей работ, обеспечить рациональное расходование материалов, деталей и конструкций. Материальным стимулированием хозрасчетных бригад предусмотрена выплата за выполнение аккордного задания (за счет фонда заработной платы); за досрочный ввод в действие объекта (за счет средств заказчика); за достигнутую бригадой экономию от снижения расчетной стоимости (за счет этой экономии) — до 60 % достигнутой экономии в зависимости от оценки качества работ.

Заработная плата между членами бригады может быть распределена в зависимости от выполнения норм, квалификации и социалистических обязательств, по коэффициенту трудового участия (КТУ), который рассчи-

тывается для каждого члена бригады и может быть увеличен или снижен советом бригады. Совет бригады выбирается на общем собрании бригады.

Коэффициент трудового участия представляет собой обобщенную количественную оценку трудового вклада каждого рабочего в общие результаты труда бригады. Он зависит от индивидуальной производительности труда и качества работы члена бригады, фактического совмещения профессий, выполнения им более сложных работ, увеличения зоны обслуживания, подмены отсутствующих товарищей, помощи в работе другим членам бригады, соблюдения трудовой и производственной дисциплины, а также ряда других факторов, влияющих на конечные результаты работы бригады.

С помощью КТУ может распределяться как весь заработок бригады, так и отдельные его составляющие — сдельный заработок и премия или только премия. Решение о том, какую часть заработка бригады необходимо распределять с помощью КТУ, принимает сама бригада на общем собрании его членов. Кроме того, бригада устанавливает вид и диапазон КТУ, исходя из его назначения, а также удельные показатели, из которых складывается КТУ.

В практических расчетах применяют два вида КТУ — базовый и фактический.

Базовый КТУ устанавливается при создании бригады и отражает фактически достигнутый рабочим уровень квалификации и производительности труда. Базовые КТУ рассчитывают для того, чтобы гарантировать вступающим в бригаду заработную плату в размере не ниже ранее получаемой при условии сохранения прежних темпов работы. Базовый КТУ повышает заинтересованность высококвалифицированных рабочих в бригадном труде.

Расчет базового КТУ в зависимости от категории рабочих производится по-разному.

Для основных рабочих-сдельщиков базовый коэффициент трудового участия ($КТУ_б$) рассчитывается по формуле

$$КТУ_б = \frac{З_с + П + Д_1 + Д_2}{100},$$

где $З_с$ — сдельная среднемесячная (за 3—6 мес) заработная плата, приведенная к полному месяцу; $П$ — средне-

месячная премия; $Д_1$ — среднемесячная доплата молодому рабочему; $Д_2$ — среднемесячные доплаты за отсутствующего подручного.

Для рабочих-повременщиков $КТУ_б$ рассчитывается по формуле

$$КТУ_б = \frac{Т+П+Д_с}{100},$$

где $Т$ — заработная плата по тарифу за полный месяц; $П$ — среднемесячная премия; $Д_с$ — доплаты за совмещение профессий.

Для станочников-подручных базовый КТУ рассчитывается по формуле

$$КТУ_б = \frac{Т+П+ПР+Д_м}{100},$$

где $ПР$ — среднемесячный приработок; $Д_м$ — доплаты за многостаночное обслуживание.

Фактический КТУ устанавливается по итогам работы каждого месяца и утверждается в зависимости от принятого порядка советом бригады или общим собранием бригады. Для предотвращения необоснованных различий в заработной плате членов одной бригады необходимо ограничивать минимальные и максимальные размеры КТУ.

Содержание КТУ определяется системой показателей, которые можно разбить на две группы: повышающие и понижающие КТУ.

Одинаково приемлемой для всех предприятий системы показателей быть не может, так как задачи и условия работы многообразны. На предприятиях, обычно исходя из наиболее важных целей производственной деятельности, разрабатывают свои показатели и шкалы премирования. Для отдельных групп бригад на одном и том же предприятии в большинстве случаев возникает необходимость введения разных показателей.

Показатели, повышающие КТУ: наставничество, т. е. передача опыта молодым рабочим; повышение качества работы; систематическое выполнение работ по смежной профессии; многостаночное обслуживание; инициатива, направленная на максимальное использование оборудования; предотвращение брака и потерь рабочего времени; выполнение невыгодных работ; замена заболевшего товарища; освоение передовых методов труда; высокая

культура производства; участие в общественной работе.

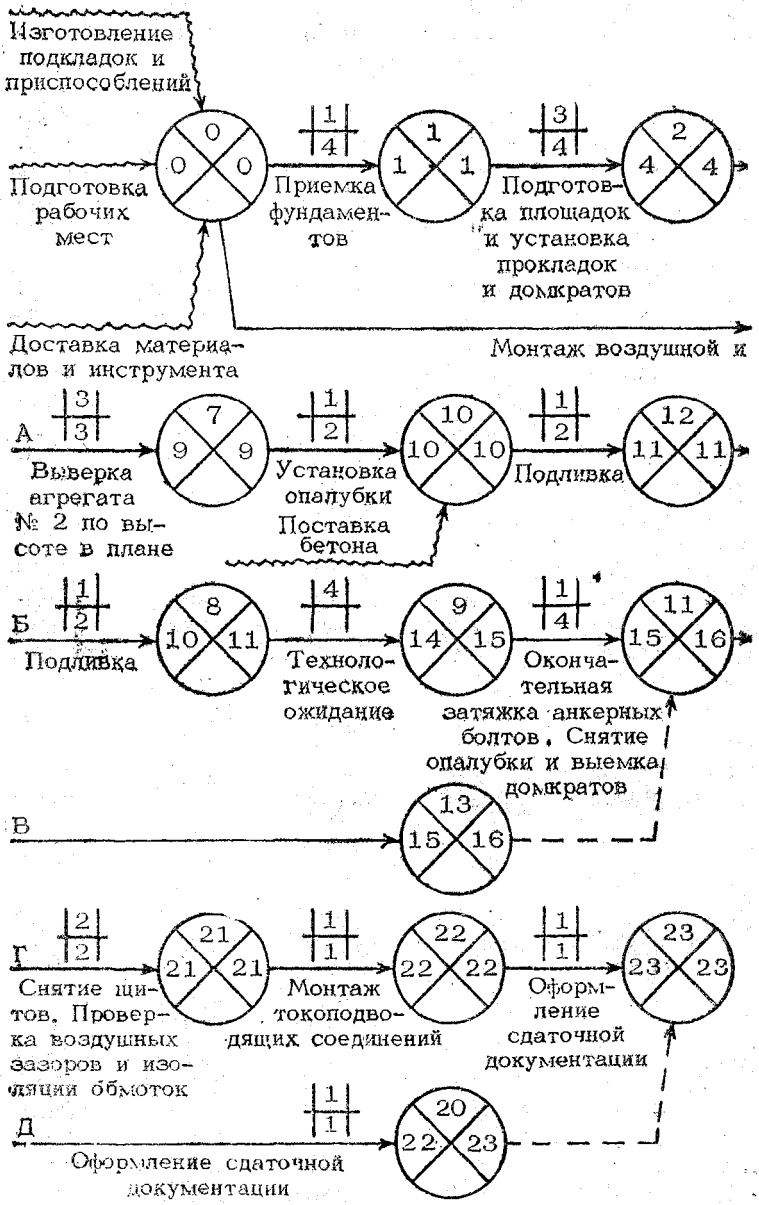
Показатели, понижающие КТУ: недостаточная интенсивность труда; снижение индивидуальной выработки; прогул; невыполнение заданий бригадира (мастера) об устранении производственных упущений; брак и дефекты в работе; нарушение правил техники безопасности, производственной санитарии и пожарной охраны; допущение поломок и простоев оборудования; нарушение трудового распорядка, опоздание на работу, преждевременное окончание работы; низкая культура производства.

Перевод бригад на хозяйственный расчет требует тщательной подготовки: на каждый объект должен быть составлен четкий план, совмещенный сетевой график производства работ и материально-технического обеспечения, разработаны технологические карты, составлены калькуляции для оплаты труда за готовые работы по аккордно-премиальной системе, определена расчетная стоимость работ для заключения хозрасчетного договора. Бригада должна быть обеспечена необходимым инвентарем, оборудованием, материалами и инструментом. Она должна иметь план НОТ, в который входят применение рациональных приемов и методов труда, оптимальный подбор и комплектование численного и квалификационного состава, закрепление специализированных звеньев за определенными видами работ в соответствии с сетевым графиком и технологическими картами.

Бригадный подряд по методу Героя Социалистического Труда Н. И. Злобина создает наиболее благоприятные условия для использования огромных возможностей социалистического соревнования.

2.3. Сетевой график

Применение сетевого графика для планирования, подготовки и проведения монтажа обеспечивает возможность нахождения оптимального варианта выполнения плана. Он позволяет планировать подготовку материальных и трудовых ресурсов, своевременно выполнять намеченный план. На рис. 2.1 изображен сетевой график монтажа двух преобразовательных агрегатов, прибывших на место монтажа в собранном виде. Сплошными стрелками обозначены работы, которые необходимо выполнить в период проведения монтажа. Под стрелкой написано название работы, над стрелкой указана ее продолжитель-


Изготовление подкладок и приспособлений
Подготовка рабочих мест
Приемка фундаментов
Подготовка площадок и установка прокладок и домкратов
Доставка материалов и инструмента
Монтаж воздушной и
А
Выверка агрегата № 2 по высоте в плане
Установка опалубки
Поставка бетона
Подливка
Б
Подливка
Технологическое ожидание
Окончательная затяжка анкерных болтов. Снятие опалубки и выемка домкратов
В
Г
Снятие щитов. Проверка воздушных зазоров и изоляции обмоток
Монтаж токоподводящих соединений
Оформление сдаточной документации
Д
Оформление сдаточной документации

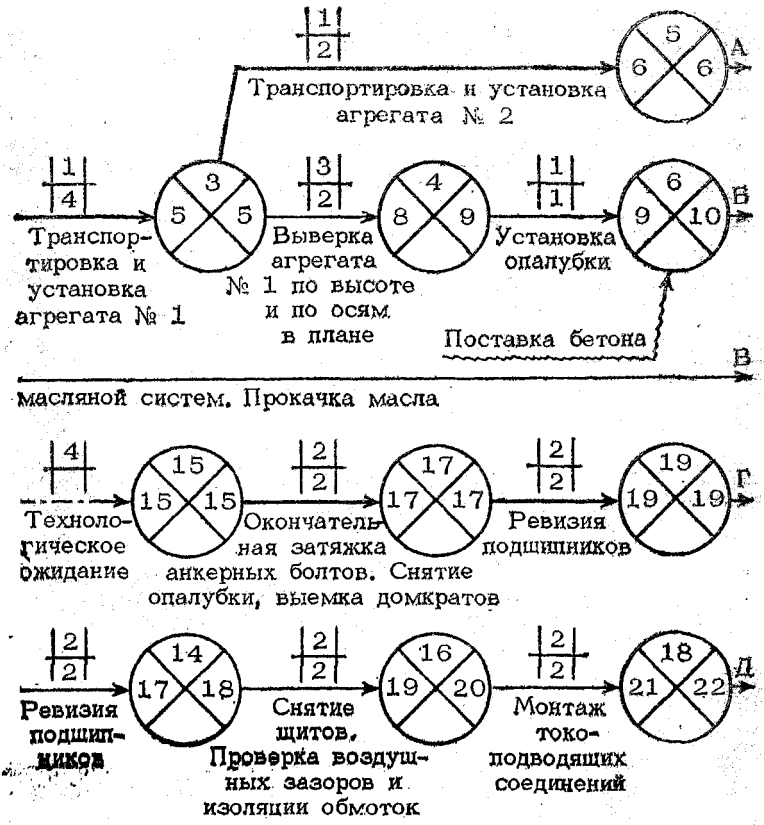


Рис. 2.1. Сетевой график монтажа двух преобразовательных агрегатов

ность в сутках: в числителе — число рабочих в смену, в знаменателе — количество смен. Круг обозначает событие, т. е. факт окончания всех работ, стрелки которых входят в данное событие, и возможность начала следующей работы.

Окружность, обозначающая событие, разделена на четыре ячейки*. В верхней записан порядковый номер со-

* В некоторых ведомствах окружность, обозначающую событие, разделяют на три ячейки. В верхней ячейке записывают код организации и порядковый номер события, в левой и правой — соответственно время возможного раннего и позднего свершения события.

бытия, этими номерами можно обозначать стрелки работ. Например, на основании графика можно сказать, что работа *6—9* (выверка агрегата) продолжается три смены и для ее выполнения требуется 3 чел. Исходное событие на данном графике обозначено *0*, завершающее — *23*, штрихпунктирными стрелками обозначено ожидание — технологический перерыв в работе, который требует только затрат времени.

Пунктирными стрелками обозначена зависимость. Зависимость не требует ресурсов и не имеет продолжительности. Ее продолжительность равна 0.

При расчете сетевого графика определяется возможное раннее и допустимое позднее свершение каждого события, отмечается критический путь и критические работы, устанавливаются имеющиеся резервы времени работ.

Критический путь — это наиболее продолжительный по времени путь от исходного до завершающего события сетевого графика. Работы, лежащие на критическом пути, называются критическими. У критических работ нет резерва времени. Они должны быть выполнены точно в срок, в противном случае сроки окончания будут сорваны. На рисунке критические работы обозначены жирными стрелками. В левой ячейке записано время возможного самого раннего свершения данного события, которое определяют следующим образом. Для свершения исходного события *0* времени не требуется; оно уже свершено, иначе говоря, все готово для начала работ, поэтому в левой ячейке этого события ставится *0*, т. е. время возможного раннего свершения исходного события равно нулю.

Свершение события *1* произойдет через 1 день, так как продолжительность работы *0—1* равна 1 дню. Это число записано в левой ячейке события. Соответственно событие *3* совершится на 5-й день и т. д.

Если в событие входит более одной работы (стрелка с зависимостью рассматривается как работа с продолжительностью, равной нулю), событие считается свершенным после окончания всех работ, входящих в него.

Время раннего свершения события *23* равно 23 дням, это событие завершающее. Следовательно, критический путь равен 23 дням, т. е. монтаж завершится на 23-й день после начала. Для определения критического пути, т. е. определения, по каким работам проходит самый длин-

ный (критический) от исходного до завершающего события путь, выполняют расчет допустимого позднего свершения каждого события, записывая это значение в правой ячейке события.

Время позднего свершения события — это такое время, на которое можно задержать свершение того или иного события при условии, что эта задержка не вызовет удлинения сроков работ, являющихся критическими, т. е. самыми длинными.

Расчет времени допустимого позднего свершения события ведется от завершающего события к исходному. Событие *23* завершает сетевой график. Поскольку это событие последнее, завершающее, следовательно, время его раннего и позднего свершения будет одинаково, т. е. 23 дня. Это число записано в правой ячейке этого события.

Время допустимого позднего события *22* будет на 1 день меньше (22—1=21), а события *21* на 2 дня меньше события *23* и т. д. Если из события выходит более одной работы, то допустимое время позднего свершения данного события равно минимальному значению поздних окончаний работ, выходящих из этого события.

Аналогичным расчетом определяется время допустимых поздних свершений других событий.

У событий *0*, *1*, *2*, *3*, *5*, *7*, *10*, *12*, *15*, *17*, *19*, *21*, *22* и *23* ранние и поздние их свершения равны. Следовательно, эти события критические, так как не имеют резерва времени. Работы между критическими событиями являются также критическими, так как они лежат на критическом пути.

Таким образом критический путь проходит по следующим работам: *0—1*, *1—4*, *4—5*, *5—6*, *6—9*, *9—10*, *10—11*, *11—15*, *15—17*, *17—19*, *19—21*, *21—22*, *22—23*. На сетевом графике эти работы помечены жирной линией, резерва времени у них нет. Резервы времени есть у всех событий, кроме тех, которые лежат на критическом пути. Резерв определяется как разность между поздним и ранним свершениями событий.

Так как свершения событий зависят от проведенной подготовки и доставки материалов к месту работы, то подготовительные работы и доставку материалов на графике целесообразно показывать зависимостью. На рис. 2.1 зависимость, обозначающая поставку материалов по спецификации, обозначена волнистой линией. Это указы-

вает на то, что материалы должны быть подготовлены и поставлены на место монтажа не позднее указанного срока, т. е. к моменту начала следующих работ (*0—1*, *9—10*, *10—11*).

При привязке сетевого графика к календарным срокам устанавливается дата начала монтажа и записывается в нижней ячейке исходного события *0*. Дата раннего свершения каждого события записывается в нижней ячейке. При появлении сбоев при монтаже изменения сроков фиксируются заменой нарушенных дат новыми в нижних ячейках событий. При этом композиция построенного графика полностью сохраняется.

Периодически при проверке хода работ фигуры событий, завершенных на день проверки работ, закрашиваются. Событие, свершившееся в намеченный срок, закрашивается, например, зеленым цветом, досрочно — красным, с опозданием — желтым. Одновременно устанавливается наличие отставаний по графику, выявляются их причины и сразу же принимаются меры для ликвидации нарушения принятых сроков выполнения работ.

При пересмотре сроков монтажа в сторону их удлинения или сокращения меняются только числа, указывающие продолжительность рассматриваемой работы, и соответственно дата ее окончания. При этом структура сетевого графика целиком остается неизменной.

2.4. Заготовительные работы

Рациональной организационной формой подготовки монтажных работ и их производства индустриальными методами являются мастерские электромонтажных заготовок (МЭЗ).

Назначение МЭЗ заключается в подготовке работ, комплектации оборудования и материалов, заготовке и сборке уплотненных монтажных узлов и блоков, изготовлении нетиповых конструкций.

Основной задачей МЭЗ является выполнение максимального объема работ вне монтажной зоны путем заблаговременного изготовления и сборки укрупненных монтажных узлов и блоков, комплектации электроконструкций, электрооборудования и материалов, необходимых для монтажа электроустановок на объектах.

Заготовка стальных труб. Стальные трубы для электропроводок заготовляют в МЭЗ на технологических ли-

ниях (рис. 2.2), включающих следующие операции: складирование, очистку, окраску, сушку, резку, снятие фасок, нарезание или накатывание резьбы, изгибание и сборку труб в пакеты и блоки, комплектование, маркировку и складирование готовых элементов и узлов трубных трасс.

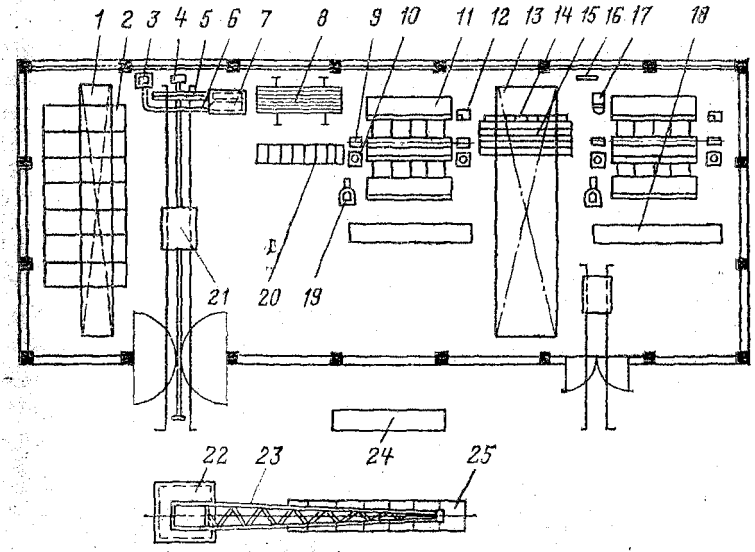


Рис. 2.2. План технологической линии заготовки стальных труб:
1 — кран-балка; *2* — стеллаж для окрашенных труб; *3* — тепловоздуходувка; *4* — реверсивная электролебедка; *5* — окрасочная камера; *6* — сушильная камера; *7* — бак с окраской; *8* — загрузочное устройство; *9* — райберовочный станок; *10* — трубонарезной станок; *11* — стол-накопитель; *12* — маятниковая пила; *13* — кран мостовой; *14* — рольганг; *15* — механизированный стеллаж; *16* — пульт управления прессом; *17* — пресс для рубки труб; *18* — натяжное устройство; *19* — трубогиб; *20* — стол-накопитель с дозатором; *21* — тележка; *22* — сборочная площадка блоков труб; *23* — башенный кран; *24* — вибростенд; *25* — стеллаж для складирования необработанных труб

Трубы без защитных покрытий окрашивают снаружи. Оцинкованные трубы не окрашивают. Наружную поверхность открыто прокладываемых труб окрашивают в цвета в соответствии с архитектурными требованиями или в отличительный цвет в соответствии с требованиями ГОСТ. Трубы окрашивают в ваннах или специальными механизмами. Сушку производят на воздухе или воздуходувками.

Трубы, подвергшиеся значительной коррозии, очища-

ют механическими вращающимися ершами, щетками, на вибростендах или химическим способом.

Грат с электросварных труб удаляют или его притупляют вращающимися стальными квадратными прутками, а также протяжкой оправок или калибров.

Режут трубы на мерные длины на станках типа СОТ или УС-1 или на маятниковых дисковых пилах типа ПМД-75 и ПМС-80 абразивными армированными кругами. Универсальный станок УС-1 предназначен также для райберовки и нарезки резьбы. Трубы диаметром 30—60 мм изгибают на шинотрубогибах типа УШТМ-2, а для диаметра до 50 мм также на гидравлических трубогибах типа ТГ-2А. Тонкостенные трубы диаметром до 24 мм с толщиной стенки до 1,5 мм изгибают ручным трубогибом типа ТРТ-24 (рис. 2.3). При изгибе подогревать или за-

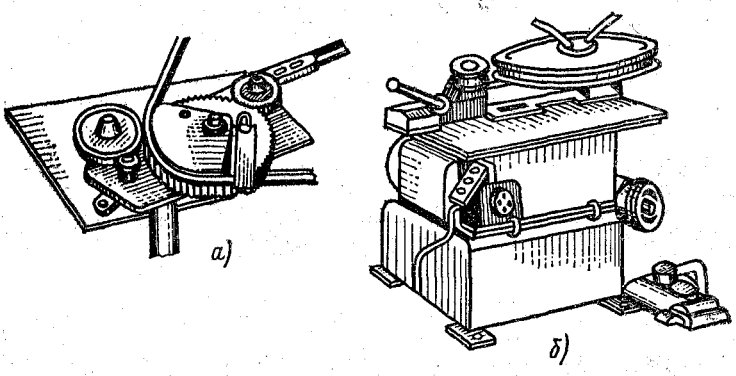


Рис. 2.3. Трубогибы:
а — ручной типа ТРТ-24; *б* — шинотрубогиб универсальный типа УШТМ-2

полнять песком трубы не следует. Нарезку резьбы и снятие фасок производят на станках типа СНТ, накатку резьбы на тонкостенных трубах производят на этих же станках при помощи резьбонакатных плашек типа НПТ или резьбонакатных головок типа ВНГТ.

Заготовку труб выполняют по проектным чертежам, трубозаготовительным ведомостям или эскизам, выполненным по замерам трубной трассы в натуре на месте монтажа. Сложные узлы электропроводок с большим числом труб, размещаемых в разных плоскостях на небольшой площади, изготовляют на макете. При этом на

специальной площадке в натуральную величину воспроизводят макет монтируемой электроустановки, наносят оси строительных конструкций и размещения технологического оборудования, фиксируют места вывода труб к оборудованию и электроустановкам. После этого заготовляют, укладывают и маркируют трубы на макете. Затем сложные узлы разбирают на элементы, удобные для транспортировки, перевозят и вновь собирают уже на месте монтажа.

В трубозаготовительной ведомости для каждой трубы указывают: номер (маркировка), диаметр, расчетную длину, концевые точки начала и конца трубы на трассе, а также длину прямых участков трубы между концами или точками пересечения осевых линий труб в местах изгиба и значения узлов изгиба в градусах (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Трубозаготовительная ведомость

Маркировка	Труба		Трасса		Участки трассы трубы
	Обозначение по ГОСТ или ТУ	Длина, м	Начало	Конец	
152	Ц50	5,5	2ЭМП	Двигатель 152	1,4—90°—2,25—120°—185

При заготовке труб применяют нормализованные углы поворота (90, 105, 120, 135, 150°) и радиусы изгиба труб (400, 800 и 1000 мм). Для труб, прокладываемых в перекрытиях и для вертикальных выходов труб в стесненных местах радиус изгиба 400 мм, а при укладке труб в монолитных фундаментах и при прокладке в трубах кабелей с однопроволочными жилами — 800 и 1000 мм.

Эскизы трубных трасс выполняют на замерных бланках с изображением труб схематически одной линией. При выполнении эскизов соблюдают следующие правила. Участки труб, прокладываемых в натуре в горизонтальной плоскости, на эскизе показывают горизонтальными линиями параллельно тексту бланка. Изгибы в горизонтальной плоскости наносят под острым углом к горизонтальным линиям. Внутри угла указывают угол изгиба в градусах, а радиус изгиба в миллиметрах. Длины участков, измеренные в натуре, указывают вдоль линий на эскизе.

Участки трубной электропроводки в вертикальной плоскости на эскизе изображают линиями, перпендикулярными строкам текста бланка. Изгибы труб в вертикальной плоскости наносят линиями, наклоненными к строкам текста под тупым углом. Переходы из горизонтальной плоскости в вертикальную наносят на эскизе в виде прямого угла (рис. 2.4 и 2.5).

При заготовке изогнутых труб необходимо определить длину их заготовки, а также начальные точки изгиба при работе с ручным трубогибом или средние точки изгиба — при работе на механизированных трубогибах. На рис. 2.6 показана заготовка стальной трубы: C — средняя точка изгиба для трубогибов, позволяющих изгиб за один ход винта передвижения трубы; A_1 и A_2 — начальные точки изгиба для ручных трубогибов; L — длина заготовки; L_1 и L_2 — расстояния от конца трубы до точки O пересечения осевых линий — длина монтажных плеч трубы; l — расстояние от начальной точки изгиба до точки O пересечения осевых линий; l_1 и l_2 — прямые участки трубы, т. е. расстояния от концов трубы до начальных точек изгиба; l_3 и l_4 — расстояния от концов трубы до средней точки изгиба; R — радиус изгиба трубы.

Заготовка пластмассовых труб. При заготовке пластмассовых труб производят работы по резке, снятию фасок, изгибу, соединению, комплектованию и маркировке заготовок.

Трубы режут плоскими пилами без развода зубьев с уменьшающейся к центру диска толщиной на маятниковых дисковых пилах типа ПДМ-75 или ПМС-80.

При небольших объемах работ трубы отрезают ручными ножницами или ножом. Фаски под углом 45° снимают конусными фрезами или райберами. Изгибают трубы на специальных устройствах, состоящих из бака, заполненного водой, и смонтированных в нем съемного поворотного сектора и прижимного ролика. Нагретая до размягчения в месте изгиба труба вставляется в находящийся над водой хомут поворотного сектора, который поворачивается на требуемый угол, фиксируемый по шкале. При повороте сектора труба погружается в воду и охлаждается. Предварительно подогретые до размягчения трубы можно изгибать также на трубогибочном приспособлении, смонтированном на разметочном столе, или на ручном трубогибе, у которого сектор и прижимной

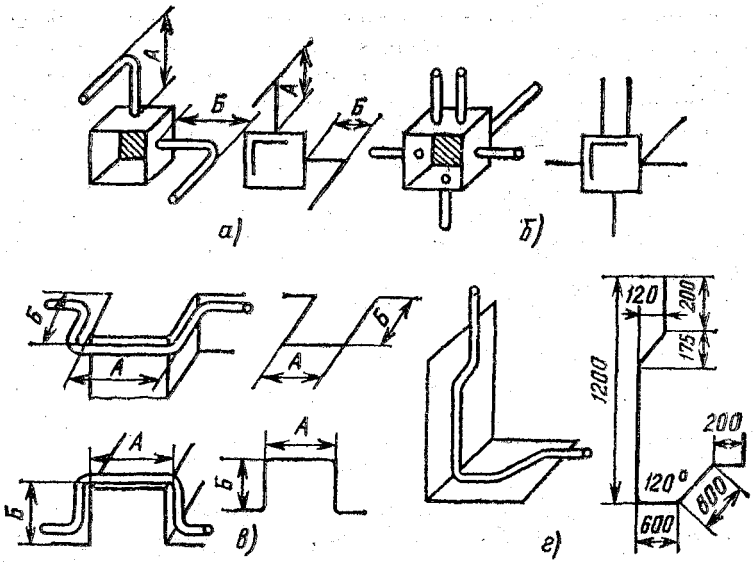
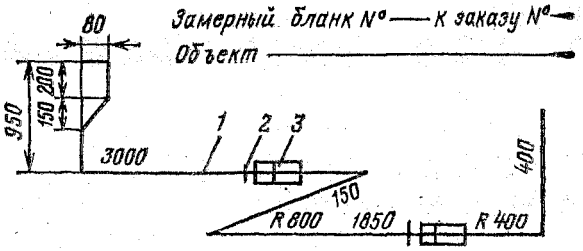


Рис. 2.4. Примеры условных обозначений для составления замерочных эскизов трубных трасс:

а — выход труб от короба с изгибом вперед; *б* — выход труб из всех стенок коробки; *в* — обход выступов в горизонтальной и вертикальной плоскостях; *г* — участок трубопровода с «уткой» и изгибами под разными углами; *А* и *Б* — замеряемые участки трассы



Поз.	Спецификация	Единица измерения	Количество
1	Стальная труба диаметром 1"	м	11,22
2	Контргайка	шт.	2
3	Соединительная муфта	шт.	2

Начальник участка Замерщик

——————19____г.

Рис. 2.5. Пример заполнения замерного бланка

ролик сделаны из алюминия или твердых пород дерева. При изгибе во избежание смятия внутрь трубы вводят отрезок металлорукава, спиральную проволоку или шланг из термостойкой резины диаметром на 1—2 мм меньше внутреннего диаметра трубы. По окончании изгиба место изгиба трубы охлаждают водой. Нагревают трубы в газовых или индукционных печах и шкафах.

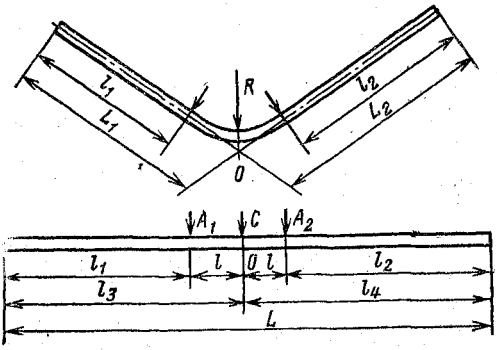


Рис. 2.6. Заготовка стальной трубы

Полиэтиленовые трубы небольших диаметров и низкой плотности при радиусе изгиба, равном шести и более наружным диаметрам трубы, можно изгибать без нагрева.

Трубы из полиэтилена низкой плотности нагревают до 100 °С, а высокой — до 120—130 °С. Продолжительность нагрева 1,5—3 мин в зависимости от диаметра и толщины стенки труб. Полиэтиленовые трубы высокой плотности можно также нагревать, погружая их на 0,5—1,5 мин в нагретые до 120—130 °С глицерин или гликоль, а низкой плотности — в кипящую воду. Для плавного изменения температуры жидкости в глицерин добавляют 20—25 % воды.

Полиэтиленовые трубы изгибают на 20—25° более заданного угла, так как вследствие упругости они после изгиба несколько выпрямляются.

Полиэтиленовые трубы и детали хранят на горизонтальных стеллажах в закрытых помещениях на расстоянии не менее 1 м от нагревательных приборов.

Полипропиленовые трубы хранят и обрабатывают только при положительной температуре. Нагревание труб

при изгибе в глицерине или гликоле производят при температуре 150—160 °С, а в электрических и газовых печах — при 185—210 °С. Трубы с условным проходом 50 мм и толщиной стенок 5 мм изгибают на угол 90° в два приема, вначале на угол 135—130°, а после охлаждения и повторного нагревания догибают до угла 90°. При выпрессовке раструбов трубы нагревают в глице-

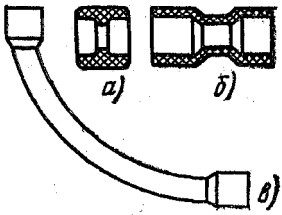


Рис. 2.7. Детали для соединения пластмассовых труб:
а — муфта; *б* — муфта с раструбами; *в* — угловой соединительный элемент

рине до 165—175 °С, а при сварке головку инструмента нагревают до 230—240 °С при времени нагрева соединяемых деталей 30—60 с.

Винипластовые трубы изгибают при температуре 110—130 °С. При температуре 80 °С винипласт размягчается и под действием нагрузки изменяет свою форму, а при 140—150 °С начинает разлагаться, поэтому температура внутри нагревательного устройства не должна быть выше 150 °С. Винипластовые трубы в нагретом состоянии не обладают упругостью, поэтому их сразу изгибают на заданный угол.

Соединение полиэтиленовых и полипропиленовых труб производят муфтами, муфтами с раструбом и угловыми соединительными элементами (рис. 2.7).

При безмуфтовом соединении труб между собой и для подсоединения их к коробам и патрубкам на концах труб выпрессовывают раструбы. Их выполняют на оправке или на специальном приспособлении. Длину раструба, в которую вставляется труба, принимают равной наружному диаметру трубы.

Для получения сварного соединения применяют специальный нагревательный инструмент с электрическим или газовым нагревом головки, на которой оплавляют свариваемые элементы.

Оптимальной температурой нагревания головки инструмента считают 220—250 °С для полиэтилена высо-

кой плотности и 280—320 °С — низкой плотности. Температура головки регулируется при помощи автоматического регулятора или лабораторного автотрансформатора с измерением температуры термопарой. Процесс сварки полиэтиленовых труб сводится к следующему. На предварительно нагретый до необходимой температуры дорн головки насаживают свариваемую муфту или раструб, а конец свариваемой трубы вставляют в гильзу. По оплавлении свариваемые детали снимают с инструмента и немедленно соединяют друг с другом. Сварное соединение оставляют неподвижным до полного охлаждения. Продолжительность оплавления деталей составляет 3—15 с и устанавливается при опытной сварке, при этом трубы не должны прогреваться на всю толщину стенки во избежание потери формы.

Применяют также способ соединения труб путем горячей обсадки раструбов, при этом соединяемая труба плотно вставляется в раструб до упора, затем раструб разогревается горячим воздухом до 100—120 °С. При охлаждении полиэтилен раструба стремится возвратиться к первоначальной форме и плотно обжимает трубу. Если не требуется большой механической прочности и герметичности, пластмассовые трубы соединяют при помощи пластмассовых или резиновых патрубков, в которые с плотной посадкой вводят концы соединяемых труб.

Для электропроводок применяют как пластмассовые, так и металлические коробки. Способы соединения пластмассовых труб с коробками показаны на рис. 2.8.

Винипластовые трубы между собой, с соединительными муфтами, фитингами и коробами склеивают. Для склеивания применяют клей, содержащий 86 частей по массе метиленхлорида и 14 частей перхлорвиниловой смолы, клей БМК-5К и поливинилхлоридные составы № 1 и 2. Поверхность склеивания предварительно обезжиривают ацетоном и обрабатывают наждачной бумагой до исчезновения глянца. Клей наносят мягкой кистью тонким слоем, после чего детали быстро склеивают, а излишки клея убирают. После склеивания детали должны находиться в покое не менее 24, ч, а затем транспортируются.

Трубы соединяют с помощью винипластовых муфт, а также раструбных муфт и устройства раструбов на концах труб. Размеры муфт и раструбов подбирают с учетом плотной посадки склеиваемых деталей. Для присое-

динения винипластовых труб к металлическим коробкам, коробкам из полиэтилена, капрона и других пластмасс, не обладающих адгезией к винипластам, применяют специальные винипластовые втулки, склеиваемые с трубами.

Резьбу на винипластовых трубах выполнять нельзя, так как надрезы вызывают значительное снижение проч-

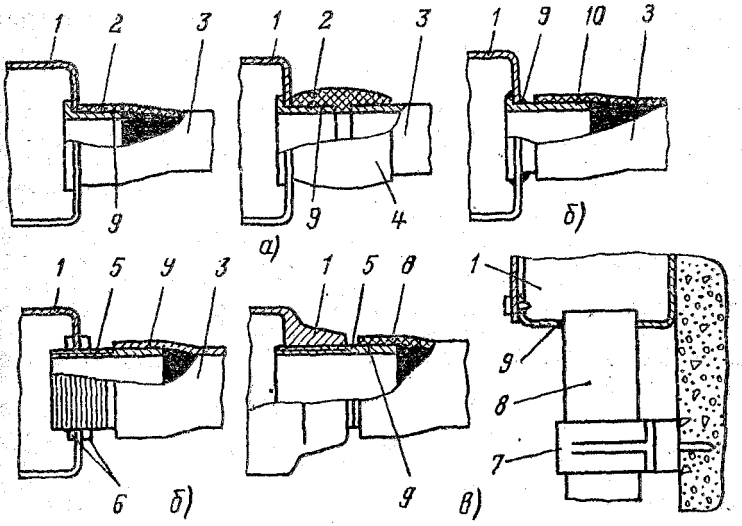


Рис. 2.8. Способы соединения пластмассовых труб с коробами: *а* — соединение полиэтиленовой трубы сваркой или винипластовой склеиванием; *б* — соединение полиэтиленовой трубы обсадкой или винипластовой склеиванием; *в* — открытая прокладка винипластовых труб; *1*—коробка пластмассовая или металлическая; *2* — втулка пластмассовая; *3* — труба пластмассовая; *4* — муфта пластмассовая; *5* — патрубок стальной; *6* — гайка; *7* — скоба; *8* — винипластовая труба; *9* — место соединения; *10* — стальной патрубок

ности труб, особенно в местах изгибов, а также при ударах.

Винипласт обладает большим температурным коэффициентом линейного расширения (удлиняется на 0,08 мм на 1 °С на 1 м трубы), поэтому при монтаже открыто прокладываемых труб предусматривают компенсацию температурных изменений длины трубопроводов, которая составляет:

Температурный перепад (±), °С	10	20	30	40	50	60
Изменение длины на 1 м трубопровода (±), мм	0,8	1,6	2,4	3,2	4,0	4,8

Возможность компенсации предусматривают путем соответствующего расположения подвижных и неподвижных креплений по длине трубопровода.

Неподвижные крепления, как правило, находятся у ввода труб в коробки, аппараты, при проходе через стены, у углов поворота труб, а при больших длинах трубопроводов между этими элементами предусматривают специальные неподвижные крепления в пролетах и компенсирующие муфты (рис. 2.9).

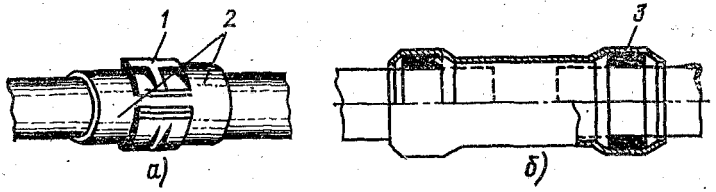


Рис. 2.9. Неподвижное крепление винипластовой трубы (*а*) и компенсирующая муфта (*б*):

1 — клица; *2* — два винипластовых кольца, приклеенных к трубе; *3* — уплотнительное резиновое кольцо

Для крепления открыто прокладываемых винипластовых труб применяют крепежные полиэтиленовые скобы. В случаях применения стальных скоб устанавливают прокладки из электрокартона.

Несколько труб при параллельной прокладке целесообразно крепить полиэтиленовыми клицами на С-образном перфорированном профиле типа К-101 и К-108.

При установке нормализованных скоб трубы размещают на некотором расстоянии от стен (10—18 мм) с необходимыми зазорами между трубами.

По длине открыто проложенные винипластовые трубы укрепляют на следующих расстояниях:

Наружный диаметр труб, мм	20	25	32	40	50	63
Расстояние между креплениями, мм	500	700	900	1100	1300	1500

Заготовка электропроводок. Электропроводки заготавливают в МЭЗ на специальных технологических линиях, которые оснащены высокопроизводительными механизмами и приспособлениями для размотки, отсчета, мерной резки и бухтования заготовок проводов и кабе-

лей, для снятия изоляции, образования колец на концах жил, скрутки жил проводов, выдавливания отверстий в коробках, обработки тросов, столами для комплектации и зарядки электроустановочных изделий, поверочными устройствами для прозвонки электропроводок и др. [8].

Заготовка шинопроводов. Открытые токоподводы и шинные магистрали заготавливают в МЭЗ. Шины правят (рихтуют), а затем сваривают между собой длиной 50—300 м и наматывают на кассеты. Проверяют и комплектуют шинодержателями крепежные конструкции с изоляторами, подбирают изоляционные (секционные) вставки, шинные распорки, натяжные устройства.

Секции распределительных шинопроводов в МЭЗ тщательно осматривают с целью выявления повреждений, удаляют консервирующую смазку с контактных поверхностей токоведущих шин, контактных поверхностей коробов секций и корпусов выводных и осветительных коробок в местах заземления.

2.5. Комплектация и контейнерная доставка монтажных изделий и материалов на объекты строительства

Комплектация объектов выполняется строго по графику и в технологической последовательности. Необходимыми условиями для развития комплектации и контейнеризации является наличие механизированных складов, оснащенных кранами-штабелерами или кранами-комплекторами; системы поиска материалов на складах; средств доставки и погрузочно-разгрузочных устройств (гидравлических самопогрузчиков, контейнеровозов и т. д.); развитого контейнерного хозяйства.

Кран-штабелер грузоподъемностью до 5 т передвигается по подкрановым путям, установленным на стеллажах или на строительных конструкциях склада. На мосту крана передвигается грузовая каретка с перемещающимися вилами. Контейнеры, установленные в ячейках стеллажей склада, захватываются вилами каретки и перемещаются в вертикальном или (при движении моста) в горизонтальном направлении. Управление краном-штабелером выполняется с пола кнопочным постом, подвешенным к грузовой каретке. Рабочий склада сопровождает кран-штабелер при его движении вдоль стеллажей,

а также находится постоянно вблизи контейнеров, перемещаемых вилами крана.

Кран-комплектатор состоит из трех основных узлов: грузозахватного органа, кабины и опорной конструкции. В отличие от крана-штабелера в кабине крана-комплектатора находится оператор. Кран управляется вручную (из кабины) или автоматически по заданной программе.

Поисковая система материалов на механизированных складах проста, ее шифр состоит из трехпозиционного кода. Например А-12-V; здесь А — шифр секции стеллажей (вдоль склада), 12 — номер вертикального ряда стеллажей в секции А, V — этаж расположения контейнера с каким-либо материалом. Перфорационные карты картотеки склада обрабатывают на машиносчетных станциях.

Комплектацию и централизованную доставку контейнеров для промышленных объектов осуществляют на основе недельно-суточных, декадных или месячных заявок, в которых указывают соответствующие монтажные зоны или циклы, определяемые ППР.

Например, электрооборудование насосной станции с 14 агрегатами можно разбить на пять зон (восемь циклов):

1 — электроснабжение (подстанция и кабельная трасса): два цикла (первый — подстанция, второй — кабельная трасса);

2 — кран (один цикл — комплект оборудования крана и троллеи);

3 — силовое оборудование (два цикла — первый — прокладка труб, шин заземления, установка кабельных конструкций, лотков, коробов; второй — затяжка проводов в трубы, прокладка кабелей по лоткам, в коробах, разделка кабелей);

4 — щит управления (один цикл — установка щитов, пультов и подключение кабелей);

5 — освещение (два цикла — первый — прокладка труб, установка конструкций для крепления щитов, кронштейнов; второй — затягивание проводов в трубы, установка и подключение щитов, светильников, выключателей, розеток, ящиков с понизительными трансформаторами).

На каждую зону составляются лимитно-комплектовочные ведомости, в которых указывают заказчика (генподрядчика), наименование объекта, монтажной зоны и

цикла, а также вид работы. В эту ведомость не включают материалы и оборудование для выполнения заказов в МЭЗ. Одновременно составляют документацию (лимитно-заборные карты, требования и т. д.) для изделий, изготовляемых в МЭЗ.

Каждая монтажная зона и цикл имеют свой номер, например 8-3-2, где 8 — шифр объекта, 3 — номер монтажной зоны, 2 — номер цикла.

Заявки на участок комплектации, складирования и транспорта (УКСТ) сдают только по зонам или циклам. В недельно-суточной, декадной или месячной заявке указывают только зоны, соответствующие циклы и сроки завоза оборудования, материалов и изделий, указанных в комплектах. Оборудование, материалы и изделия по зонам и циклам комплектуют в специальные транспортные контейнеры.

Изделия в контейнерах со склада или МЭЗ доставляют на место монтажа.

Глава третья

ОРГАНИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

3.1. Организация рабочих мест

Одним из основных направлений научной организации труда в электромонтажном производстве является улучшение организации и обслуживания рабочих мест.

Рабочее место — это зона трудовой деятельности одного или группы электромонтажников (звена, бригады). В этой зоне находятся и перемещаются участвующие в трудовом процессе исполнители, инструменты, приспособления, механизмы, инвентарь, материалы и оборудование. Рабочее место является тем первоначальным низовым звеном, в котором представлены все операции технологических процессов. Здесь сосредоточены все материально-технические элементы производства.

При организации рабочего места важно правильно определить рабочую зону. Под рабочей зоной понимают необходимую площадь, на которой могут разместиться электромонтажники, предметы и орудия труда, участвующие в осуществлении трудового процесса. На объектах строительства по мере выполнения производственных процессов электромонтажники, а с ними орудия и пред-

меты труда постоянно перемещаются. Такой характер работ во многом определяет организацию рабочих мест.

Число вариантов решений организации рабочих мест при монтаже электрических установок практически не ограничено, но оно может быть систематизировано в зависимости от применяемых проектных решений, технологии и способов механизации работ, а также от климатических зон, времени года и т. д. Кроме того, количество рабочих мест ограничивает электротехнические зоны, в которых размещают электрооборудование, электроконструкции и электрические сети, так как электромонтажные работы выполняют только в этих зонах или вблизи них.

Карты организации трудовых процессов составляются для массовых или часто повторяющихся технологических операций. Эти карты введены Госстроем СССР как обязательная документация по организации труда в электромонтажном производстве. Карты организации трудовых процессов содержат пять основных разделов: назначение и эффективность применения карты, исполнители, предметы и орудия труда, условия и подготовка процесса производства, технология и организация этого процесса, приемы труда. Карты широко используют при разработке проектов производства электромонтажных работ, графиков трудовых процессов, технически обоснованных норм и т. д. В качестве примера рассмотрим типовую карту механизированной прокладки кабелей в туннелях. Такая карта разработана ордена Ленина трестом «Уралэлектромонтаж».

Назначение и эффективность. Типовая карта предусматривает организацию труда при механизированной прокладке кабелей напряжением до 10 кВ в туннелях с применением распорных роликов, обводных устройств, электрических лебедок, а также с использованием телефонной связи. Рациональная технология, изложенная в типовой карте технологического и трудового процессов, по сравнению с ручной прокладкой кабеля позволяет значительно снизить трудозатраты, а также повысить производительность труда. Например, при прокладке двух кабелей в линии трудозатраты снижаются на 26,2 %, рост производительности труда составляет 35,5 %. При прокладке четырех кабелей — соответственно 41,9 и 72,1 % и т. д.

Исполнители, предметы и орудия труда. Работы по механизированной прокладке кабеля вы-

полняет специализированная бригада электромонтажников в составе 6 чел. (бригадир-электромонтажник 5-го разряда и члены бригады — электромонтажники: 4-го разряда — 1 чел., 3-го разряда — 2 чел. и 2-го разряда — 2 чел.). В типовой карте определен перечень механизмов, приспособлений и инструментов, необходимых для выполнения работ, в том числе комплект механизмов и приспособлений для механизации кабельных работ (лебедки, домкраты, линейные ролики, обводные устройства), установка для контроля тяжения кабеля, тележка ручная, наборы инструментов, комплект переговорных устройств и средств связи и т. д.

Условия и подготовка процесса производства. В карте указаны основные требования к строительной готовности сооружений, обеспечению места работ электроэнергией, в том числе создание нормальной освещенности на рабочих местах.

Технологический процесс выполняется в три этапа. На первом этапе устанавливают механизмы, инвентарь и приспособления по трассе, подключают механизмы, а также монтируют средства связи. На втором этапе на кабельные домкраты устанавливают барабаны с кабелем и производят механизированную прокладку кабелей. На третьем этапе механизмы, приспособления, средства связи демонтируют и транспортируют к местам погрузки. До начала монтажа выполняют комплекс подготовительных работ, в том числе приемку кабельной трассы под монтаж, развозку механизмов и приспособлений вдоль трассы на места, указанные в ППР.

Выдают заказы в МЭЗ на изготовление маркировочных бирок, знаков и т. д. В соответствии с правилами техники безопасности выполняют инструктаж бригады на рабочем месте.

Технология и организация рабочего процесса. Технологический процесс механизированной прокладки кабеля начинают с расстановки механизмов и приспособлений по кабельной трассе. В помещении цеха устанавливают безосевые домкраты, а от них до колодца — два напольных ролика. Над колодцем или шахтой на обоих концах туннеля закрепляют обводные устройства, а на переходах кабелей из колодца в туннель и на поворотах трассы — угловые распорные ролики. Тяговую электролебедку размещают на платформе. Вдоль всей трассы, в том числе при переходе туннеля

через подземные коммуникации, устанавливают линейные ролики. После монтажа всех механизмов и приспособлений производят раскатку троса и установку кабельных барабанов на домкраты. Число одновременно устанавливаемых барабанов определяется в зависимости от объема выполняемых работ.

Прокладка кабелей выполняется по раскладочным ведомостям с учетом мест будущего монтажа соединительных и концевых муфт. Кабели прокладывают на уровне полок конструкций, а затем перекладывают (сдвигают) на эти полки с распорных роликов вручную.

График трудового процесса составляют на две операции. Для каждой операции определено количество работающих и время производства этих операций. Например, установку линейных и угловых роликов обводных устройств выполняет бригада в составе 6 чел. за время 5,1 ч; установку электролебедок и приспособлений для контроля усилия тяжения кабеля — звено из 4 чел. за 1,9 ч. Второе звено в составе 2 чел. в это же время выполняет монтаж средств связи между рабочими местами. Раскатку кабеля, укладку его на конструкции, крепление и маркировку выполняет бригада в полном составе. После прокладки кабелей выполняют монтаж муфт.

Приемы труда. В карте дается подробное описание приемов труда по каждой операции технологического процесса. Например, приведены рекомендации по развозке приспособлений вдоль трассы на специальной тележке, установке распорных роликов, монтажу схемы переговорных устройств. Особое внимание уделено приемам работы со специальными инструментами: секторными ножницами для резки кабеля типа НС, гидравлическими прессами для опрессовки наконечников.

При организации рабочих мест, отдаленных друг от друга, а также оперативного руководства технологическими процессами необходима двусторонняя связь этих мест между собой или с диспетчерскими пунктами (управлением, производственной базой, участками, передвижными мастерскими). Для работы в промышленных сооружениях, кабельных туннелях, воздушных и кабельных линиях электропередачи широко применяют различные переговорные устройства.

Телефонная связь. Простейшими устройствами связи являются телефоны, микротелефоны и т. д. Недостатком

такой связи являются непроизводительные затраты времени на продолжительный вызов абонента. Кроме того, при пользовании телефонными трубками обычно занята одна рука работающего. В связи с этим современная конструкция телефонных трубок подверглась модернизации. Для обеспечения надежного и быстрого вызова абонента служат звуковые генераторы, встроенные в трубку, а применяемые переговорные устройства позволяют освободить руки для основных работ. Эти устройства обеспечивают хорошую слышимость в средах с повышенными шумами. В комплект переговорных устройств входят наушники, ларингофоны и усилитель низкой частоты на транзисторах.

Радиосвязь. Для связи управления с производственной базой, участками и передвижными мастерскими применяют стационарные или мобильные передвижные радиостанции, а для двусторонней технологической связи на рабочих местах внутри звена или бригады переносные радиостанции.

В качестве стационарных используются радиостанции, имеющие радиус действия до 40—50 км. Мобильные радиостанции устанавливают на передвижных мастерских. Они используются для двусторонней технологической связи между этими мастерскими и участком (управлением).

С помощью переносных радиостанций устанавливают связь в радиусе до 6 км с однотипными, переносными по трассе работ, а также с мобильными радиостанциями. Конструктивно радиостанции состоят из блока приемопередатчика, антенны, батареи питания, манипулятора и сумки для переноски радиостанции. В качестве переносных применяют радиостанции «Кактус», «Ласточка». Готовится к выпуску радиостанция «Транспорт-1». Радиус действия «Кактуса» 4—6 км, «Ласточки» 2 км. Диапазон частот этих радиостанций 40 мГц. Масса «Кактуса» 2 кг, «Ласточки» 1,8 кг.

Унификация оборудования рабочих мест. В настоящее время ВНИИПЭМ проводит большую работу по унификации оборудования рабочих мест. Типовые рабочие места разрабатывают для бригады или для одного электромонтажника.

Рабочие места для бригад создают в виде контейнерных помещений — «модулей». Все помещения унифицируют по габаритам, в них максимально применяют стан-

дартизированные изделия. Например, для подготовки и проведения электромонтажных работ на промышленных объектах разрабатывается рабочее место электромонтажников по силовым и осветительным сетям, электрооборудованию и освещению. Подготовительные работы, выполненные бригадой на этом рабочем месте, позволяют успешно монтировать закрытые и открытые шинопроводы, силовое электрооборудование и освещение взрывоопасных зон; выполнять в монтажной зоне разметку, прокладку проводов и кабелей всех марок; устанавливать распределительные щиты, станции управления, шкафы, светильники, сигнальные приборы и аппараты.

Модуль рабочего места представляет собой инвентарное помещение контейнерного типа размером 3000×2100×2250 мм и массой 2300 кг. В модуле размещают набор механизмов, приспособлений и инструментов, а также оборудование для выполнения слесарных работ. Внутри модуля устанавливают стеллаж для хранения механизмов, приспособлений и крупногабаритных инструментов. Над стеллажом устанавливают полки для хранения метизов и мелкого инструмента, а также технической документации. Аналогично комплектуют столверстак с электросверлильной и электрошлифовальной машинами. Внутри стола размещают отсеки для хранения электрифицированного и слесарного инструмента. Модуль укомплектован инвентарем и защитными средствами по технике безопасности: диэлектрическими перчатками, ковриками, галошами; защитными касками; очками и изолирующей штангой; медицинской аптечкой, комплектом плакатов по правилам техники безопасности при проведении электромонтажных работ.

Узлы модуля учитывают антропометрические данные работающих, а внутренняя отделка и внешний вид — требования промышленной эстетики. Рабочие места бригады электромонтажников обычно рассчитаны на 6—12 чел. Такие модули разработаны для монтажа силовых и осветительных сетей, распределительных устройств, пусконаладочных работ и т. д.

Унификация конструкции контейнерных помещений — модулей позволяет собирать из них стационарные производственно-бытовые комплексы или передвижные мастерские; модули устанавливают на прицепы или автомобили.

Индивидуальное рабочее место электромонтажника разработано для электромонтажника или сварщика, выполняющего сварку электроконструкций различной сложности. Технологический комплект оборудования рабочего места позволяет выполнять ручную электродуговую сварку во всех пространственных положениях сварочного шва. В комплект оборудования, устанавливаемый в металлическом шкафу, входят сварочный трансформатор, устройство для автоматического снижения напряжения холостого хода сварочного трансформатора и барабан для сварочного кабеля. Шкаф устанавливается на салазках, на его фасаде предусматривается отверстие для вывода сварочного кабеля, позволяющее производить сварку электроконструкций при закрытых дверях шкафа.

Рабочие места в типовых электротехнических зонах. Электротехническое оборудование и сети в цехах промышленных предприятий размещаются в типовых электротехнических зонах. Эти зоны определены Всесоюзным научно-исследовательским проектным институтом «Тяжпромэлектропроект» и Государственным проектным институтом «Электропроект» для цехов химической и машиностроительной промышленности (рис. 3.1). Характеристики зон приведены в табл. 3.1.

Электротехническое оборудование и сети размещают в межферменном пространстве вдоль и поперек нижнего пояса ферм или вдоль мостиков обслуживания (зоны *А*, *Б*$_2$ и *Б*$_3$), а также по стенам, колоннам или подкрановым балкам. За исключением кабельных туннелей и каналов (зоны *К* и *Л*) почти все типовые электротехнические зоны размещены на высоте. Рабочие места условно приравнены к зонам и разделены на пять категорий.

Рабочие места первой категории размещаются в электротехнических зонах *Г* и *И*. При работе одного электромонтажника эти места оснащают монтажными подмостями ПМ, лестницами-стремянками Л-380 или лестницами с площадкой Л-312; при выполнении работ двумя монтажниками — сборно-разборными подмостями ПСР, подъемной площадкой ГМПП-5М.

Рабочие места второй категории размещаются в зонах *Б*$_1$, *Б*$_2$, *Б*$_3$ и *Е*. Эти места оснащают телескопическими подъемниками «Темп», передвижными подмостями ППА-8, самоходными подмостями ПВС-1,2, подъемниками ПГТ-12.

Таблица 3.1. Характеристики электротехнических зон силовых сетей и электрооборудования

Обозначение	Размещение	Назначение	Размеры, мм
А	Над нижним основанием железобетонных или металлических ферм или специальных устройств	Прокладка шинопроводов, кабелей, трубных блоков, проводов на лотках	1500×2000
$Б_1$	Над нижним основанием железобетонных и металлических ферм	Прокладка открытых магистралей до 1 кВ	1500×1500
$Б_2$	Под нижним основанием железобетонных и металлических ферм и балок снизу железобетонных перекрытий	Прокладка открытых магистралей шинопроводов, троллеев (для тельферов)	1500×1800
$Б_3$	По конструкциям подвесного потолка	Прокладка открытых и закрытых магистралей до 1 кВ	1000×2000
В	На высоте 7—15 м вдоль стены или подкрановой балки	Прокладка крановых троллеев, блоков, труб, кабелей в лотках, коробах, на конструкциях	1000×2000
Г	Вдоль стены здания. По вертикали до 1000 мм, на высоте 2,5—3,5 м (в электромеханических помещениях) и 4—7 м (в пролетах цехов)	Прокладка кабелей в лотках, коробах; блоков труб; шинопроводов	1000×2000
Д	По горизонтали на полах производственных цехов или электротехнических помещений и по вертикали на стенах высотой до 2,5 м	Установка электрооборудования	2000×2500
Е	По вертикали по стене или колонне	Вертикальная прокладка блоков труб, шинопроводов, кабелей	1000×1900 (и более)
И	По периметру железобетонных перекрытий в горизонтальной плоскости под потолком или над полом	Прокладка кабелей и проводов в каналах, пустотах перекрытий, трубах, коробах	1500×1700

Продолжение табл. 3.1

Обозначение	Размещение	Назначение	Размеры, мм
К	Вдоль кабельных конструкций в кабельных полуэтажах, туннелях, галереях и т. д.	Прокладка кабелей по конструкциям или лоткам в специальных помещениях	1000×2000
Л	В кабельных каналах и траншеях	Прокладка кабелей по конструкциям или без них	—

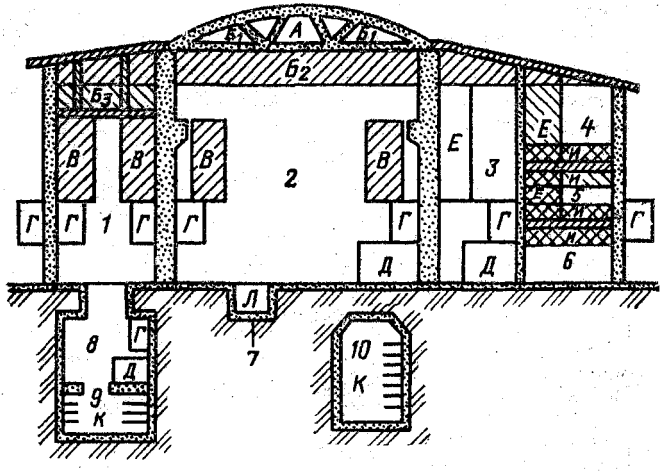


Рис. 3.1. Типовые электротехнические зоны для размещения электротехнического оборудования и сетей:

1 — бескрановый пролет; *2* — крановый пролет; *3*, *4*, *5* — электромашинные помещения, распределительные устройства, помещения станций управлений; *6* — административные помещения; *7* — кабельный канал; *8* — подземные электротехнические помещения; *9* — кабельный полуэтаж; *10* — кабельный туннель; *А*, *Б*$_1$, *Б*$_2$, *Б*$_3$, *В*, *Г*, *Д*, *Е*, *К*, *Л* — типовые электротехнические зоны

Рабочие места третьей категории размещаются в зонах *Б*$_1$, *Б*$_2$ и *Е*. На этих местах, кроме ПГТ-12 и ПВС-12, могут быть использованы вышки Ш2СВ, ВИ и гидроподъемники АГП.

Рабочие места четвертой категории в зонах *Б*$_1$, *Б*$_2$ и *В* размещаются на мостовых кранах, кранбалках, подвесных самоходных люльках и т. д., а рабочие места пятой категории — в зоне *Е* на подъемно-передвижных люльках.

При отсутствии полов и законченных монтажом кранов, а также в недоступных местах межферменного пространства зон $А$ и $Б_1$ работы на высоте более 5 м выполняют электромонтажники-верхолазы.

Электромонтажники-верхолазы работают с предохранительными поясами и в касках. Они поднимаются на подкрановые балки или к нижним поясам ферм по приставным лестницам, устанавливаемым строительными организациями для монтажа конструкций зданий. При высоте более 15 м лестницы снабжают предохранительными дугами.

Для подъема электромонтажников на рабочие горизонты (верх подкрановых балок и стропильных ферм) используют инвентарные маршевые лестницы, устанавливаемые при монтаже строительных конструкций. Кроме того, электромонтажники вдоль нижних поясов ферм могут перемещаться по переходным мостикам с односторонними ограждениями.

От колонн к узлам стальных или подстропильных железобетонных ферм электромонтажники проходят по их нижним поясам, вдоль которых на высоте 1 м натянут предохранительный канат. Закрепление предохранительного каната на элементах фермы выполняют не реже чем через 6 м по его длине. При передвижении вдоль каната электромонтажник зацепляется за него карабином стропа предохранительного пояса.

3.2. Организация работ на объектах

В основе правильной организации электромонтажных работ (ЭМР) лежит высокая степень их индустриализации и механизации и применение высокопроизводительной монтажной технологии.

Под индустриализацией понимают такое направление технического прогресса, при котором, собственно, электромонтажные работы на объекте сводятся к установке и подключению комплектных крупноблочных электротехнических устройств, изготовленных, смонтированных и проверенных на заводах, а также укрупненных монтажных узлов и блоков, собранных и предварительно отрегулированных в МЭЗ, т. е. вне монтажной площадки.

Под механизацией работ понимают выполнение электромонтажных работ с помощью механизмов и приспособлений. Механизация работ, выполняемых в мастер-

ских, осуществляется с помощью различных станков и механизмов. При этом для работ массового характера, например заготовки ошиновки, стальных труб, электропроводок, крепежных конструкций и т. п., в мастерских крупных монтажных организаций из комплекса станков и механизмов создают специальные технологические линии, на которых последовательно производят все необходимые операции по обработке данной заготовки.

Механизация работ на монтажном объекте сводится главным образом к применению механизированных способов установки крепежных деталей (забивание дюбелей с помощью строительно-монтажного пистолета, просверливание и пробивка отверстий и гнезд с помощью электросверлилок, электрических и пневматических молотков) и различных способов опрессования наконечников и соединительных гильз на жилах проводов и кабелей, а также применению подъемно-транспортных и других механизмов (автокранов, автопогрузчиков, электрокаров, автовышек, автоямбуров, кабельных транспортеров и т. п.). При электромонтажных работах широко применяют такой прогрессивный вид механизации, как электросварка и различные виды газовой сварки, а при монтаже соединений проводов ВЛ и жил кабелей — термитная сварка.

Как правило, электромонтажные работы выполняются в две стадии.

На первой стадии должны выполняться все подготовительные и заготовительные работы, включая установку закладных деталей в строительные конструкции, подготовку трасс электропроводок и заземления, заготовку силовых и осветительных электропроводок, сборку укрупненных узлов и блоков, предварительную регулировку, проверку и испытание электрооборудования, аппаратуры и машин на стендах и т. п. Работы первой стадии выполняют одновременно с основными строительными и специальными работами.

На второй стадии выполняют монтаж электрооборудования, скомплектованного в укрупненные узлы и блоки, производят прокладку электрических сетей по выполненной на первой стадии работ заготовке, разделку и подсоединение проводов и кабелей к электрооборудованию и т. д. Выполнение электромонтажных работ в две стадии обеспечивает сохранность электрооборудования

и электрических сетей, повышение качества монтажа электроустановок и надежности их в эксплуатации.

В закрытых распредустройствах, в машинных залах прокатных цехов, в помещениях распределительных щитов, постов и станций управления, в камерах трансформаторов, кабельных полуэтажах, туннелях и каналах монтаж электрооборудования на второй стадии должен выполняться после полного окончания строительных, отделочных и специальных работ.

В производственных помещениях, в пролетах цехов монтаж электрооборудования на второй стадии выполняют одновременно с работами смежных специализированных организаций в последовательности и порядке, установленных сводным сетевым графиком. При этом в сетевом графике должны быть отражены вопросы безопасности при совмещенном выполнении работ разными организациями. Эти меры должны предусматривать защитные устройства при необходимости одновременного производства работ на разных отметках в одном помещении.

Не менее важную роль играют прогрессивные решения при выборе метода монтажа. Например, монтаж электротехнических устройств при конвейерной сборке блоков перекрытия производственных зданий позволяет сократить объемы работ, выполняемые на высоте, и уменьшить затраты труда в 1,7 раза. При этом способе металлоконструкции перекрытия собирают в виде объемных блоков на конвейере, смонтированном и расположенном на нулевой отметке около строящегося здания. Конвейер состоит из специальных тележек, перемещающихся по рельсам. Блоки перекрытия перемещаются от стоянки к стоянке конвейера.

На стоянках конвейера в металлических конструкциях перекрытий устанавливают вентиляционные воздуховоды, технологические трубопроводы, узлы электротехнических устройств и т. д. Например, на Камском автомобильном заводе размеры блоков перекрытия в плане составляли 12×24 м, а их масса 35 т. После установки в блоке различных конструкций его масса увеличилась до 60 т. В отдельные дни на конвейере собиралось до пяти блоков, т. е. почти 1500 м^2 полностью законченных кровельных перекрытий корпусов заводов. После сборки блоки со смонтированным оборудованием поднимают на проектные отметки колонн строительного здания.

Комплекс работ по монтажу электротехнических уст-

ройств в межферменном пространстве блоков покрытия при конвейерном способе выполняют в три этапа. На первом этапе производят подготовительные работы, в том числе разработку проекта производства работ, оборудование стоянки, а также заготовку блоков, узлов и конструкций в МЭЗ.

На втором этапе на конвейере выполняют электромонтажные работы. Заключительные работы по присоединению, стыковке на высоте производят на третьем этапе, после установки блоков покрытия на проектную отметку.

Глава четвертая
МОНТАЖ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

4.1. Общие сведения

Преобразовательная подстанция — электрическая подстанция, предназначенная для преобразования рода тока.

Ртутные преобразовательные подстанции состоят из трансформаторов, комплекта выпрямителей (вентилей) и системы воздушного и водяного охлаждения; применяются при больших нагрузках.

Полупроводниковые преобразовательные подстанции состоят из трансформаторов и полупроводниковых приборов (транзисторов, диодов, тиристоров), которые благодаря компактности, мгновенной готовности к работе, высокому коэффициенту полезного действия (КПД), простоте управления и большому сроку службы, высокой монтажной готовности в настоящее время нашли широкое применение.

Монтажные работы. Монтаж преобразовательных подстанций производят в два этапа. На первом этапе устанавливают опорные конструкции и закладные части в строящиеся здания. В это же время в МЭЗ изготовляют металлические конструкции и укомплектовывают монтажные узлы. На втором этапе устанавливают электрооборудование, крепят аппаратуру, производят ошиновку, коммутационные работы, окраску, испытания и сдачу работ.

Работы второго этапа выполняют после приемки зданий под монтаж по акту.

Для выполнения электромонтажных работ по монтажу преобразовательных подстанций необходима следующая техническая документация: принципиальная и монтажная электрические схемы установки; рабочие чертежи расположения электрооборудования и аппаратуры, сборочные чертежи отдельных узлов; планы электрической и заземляющей сетей; спецификации электрооборудования и материалов; сметы на монтажные работы; проект производства работ или пояснительная записка; заводские инструкции по монтажу оборудования.

Оборудование подстанций доставляется в помещение упакованным в ящики. Разгрузку с автомобилей или платформ производят кранами, лебедками или другими подъемными средствами, имеющимися в помещении. Распаковку начинают с верхней обшивки, а затем удаляют боковые стенки. Распаковывать необходимо осторожно, чтобы не повредить оборудование. После распаковки проверяют соответствие оборудования техническим данным и его комплектность. В случае некомплектности или наличия отдельных повреждений оборудования следует составить акт с участием представителя заказчика.

После этого подъемными механизмами оборудование доставляют на место установки. При транспортировке и такелажных работах не допускаются толчки и удары, а также отклонение от вертикального положения на угол, больший 25—30°.

4.2. Монтаж ртутных преобразовательных подстанций

Требования к помещениям. Преобразовательная подстанция с разборными ртутными выпрямителями должна располагаться не ближе 25 м от жилых зданий, а центральные мастерские по переборке и капитальному ремонту выпрямителей — не ближе 100 м. На подстанции в изолированных помещениях должны размещаться: машинный зал; щит управления, мастерская по осмотру, переборке и ремонту ртутных выпрямителей (РВ), аккумуляторная и кислотная.

В подвальных помещениях подстанции разрешается размещать только теплообменники. Здание мастерской по ремонту, переборке и осмотру РВ должно быть изо-

лировано от всех производственных помещений, кроме машинного зала, с которым сообщаются через тамбур. Отдельный вход в мастерскую должен быть устроен со стороны помещения разборки выпрямителей, а выход — со стороны помещения сборки и формовки.

Кабельные каналы должны быть закрыты плотнопригнанными крышками с бортами на мягкой резине, не допускающими проникновения ртути в каналы.

В машинных залах стены должны быть оштукатурены цементом и иметь гладкую поверхность, а полы забетонированы цементом с добавлением жидкого стекла, мраморной крошки и гладко отшлифованы. Стены, окна и двери должны быть окрашены нитроэмалевыми красками, нитролаками или перхлорвиниловыми красками. Полы под каждым РВ покрывают нитроэмалевой краской с предварительной шпаклевкой и шлифовкой. Машинные залы должны быть оборудованы отоплением и принудительной приточной вентиляцией с подачей нагретого воздуха в холодное время года. Выброс удаляемого воздуха должен быть не ниже 1,5 м над крышей здания. Приточные установки должны иметь фильтры для улавливания пыли и газов. Для улавливания паров ртути на выхлопных отверстиях форвакуумных насосов устанавливают фильтры-поглотители.

Трубопроводы, служащие для подвода и отвода охлаждающей воды, должны быть изолированы от охладительной системы выпрямителя.

Если в качестве охлаждающей жидкости применяют антикоррозийные растворы с большой электрической проводимостью, то оборудование охладительной установки, имеющее потенциал корпуса выпрямителя, следует устанавливать на изоляторах, а трубопроводы между охладительной установкой и выпрямителем выполнять из изоляционных труб и шлангов. Подавать охлаждающую воду в теплообменник нужно через изоляционную вставку.

Температура в помещении не должна быть ниже 16 °С. Проводка освещения производится скрыто.

Полы в мастерских по осмотру, переборке и ремонту ртутных приборов должны иметь уклон к приямку (ловушке) для сбора ртути, устраиваемому в полу. Уклон пола должен быть 15—20 мм на метр. В конце уклона следует устанавливать желобок для стока ртути в приямок.

На месте выпрямители устанавливают на опорных изоляторах, закрепленных непосредственно в полу помещения (без фундаментов) подстанции, и выверяют по уровню горизонтальное положение верхних плит выпрямителей. Для удобства разборки и сборки РВ при формовке и в процессе эксплуатации вокруг них должна быть предусмотрена свободная площадка.

Рядом с РВ в соответствии с проектом устанавливают форвакуумные насосы. Шкафы управления, как правило, устанавливают в одном помещении с РВ, располагая их в один ряд. Корпуса шкафов управления устанавливают на полу на опорные изоляторы. Главные аноды соединяют с выводами питающих трансформаторов шинами или проводами непосредственно или через быстродействующие автоматы и анодные делители. Электрическую связь РВ со шкафами управления осуществляют кабелями или проводами, проложенными в стальных трубах.

4.3. Ревизия форвакуумного насоса

Ревизия форвакуумного насоса производится после установки и выверки. Для ревизии необходимо снять верхнюю крышку кожуха, освободить пружины штанги автоматического клапана, удалить из бака насоса остатки масла, протереть все доступные части насоса, затем закрыть крышку и затянуть болты. После этих операций бачок насоса надо заполнить турбинным маслом до отметки в маслоуказателе, повернуть вручную вал насоса и убедиться в плавности хода, включить на несколько секунд электромотор и проверить правильность вращения. Если смотреть со стороны двигателя, то он должен вращаться по часовой стрелке.

После этого необходимо проверить работу автоматического клапана, который должен открываться через 0,5—1 с после пуска двигателя и закрываться через 1—2 с после полной остановки электродвигателя. Затем необходимо проверить ртутный вакуумметр, цельность стекла и количество ртути. Если стекло имеет трещину, его необходимо заменить. Новое стекло необходимо протереть чистым батистом и хорошо просушить. Плохо просушенное стекло будет искажать показания вакуума и создавать в вакуумметре бурление ртути, что может привести его к разрушению.

После сборки вакуумметра и ревизии форвакуумного

насоса приступают к откачке форвакуумной системы. При правильной сборке насос должен в течение 20—25 мин непрерывной работы обеспечить остаточное давление, равное 15—20 мкм рт. ст. (0,002—0,0027 Па).

Допустимое предельное остаточное давление при работе форвауумного насоса в течение 1 ч 80 мкм рт. ст. (0,0106 Па). Если в течение этого времени не удастся получить предельного остаточного давления, то причиной этого является большое натекание (пропускание воздуха) форвакуумной системы или плохая работа насоса. Проверку натекания производят следующим образом: останавливают насос, измеряют избыточное давление, затем включают насос и через 1 ч снова измеряют давление. Если разность измерений давлений, представляющая собой натекание форвакуумной системы, превышает 15—20 мкм рт. ст. (0,002—0,0027 Па), то причиной высокого остаточного давления является плохая работа насоса. Для устранения обнаруженных недостатков необходимо произвести полную переборку насоса и пришлифовку клапанов и лопастей ротора насоса. При удовлетворительном состоянии системы приступают к определению подачи форвакуумного насоса. Подача насоса определяется по формуле, л/с.

$$Q = 0{,}75P_1/P_2.$$

Давление P_1 и P_2 находят следующим образом: болты уплотнения фланцев трубки, соединяющей форвакуумный насос с ртутным насосом, ослабляют и в бачок впускают воздух под давлением P_1, равным примерно 500 мкм рт. ст. (0,07 Па). Затем, поджав болты, пускают насос и через 3 мин замеряют вакуум P_2. На основании этих двух измерений и определяют производительность насоса, она должна быть не менее 0,5 л в 1 с.

После определения мощности насоса производят дальнейшую откачку в течение 30 мин до получения максимального возможного вакуума и открывают вакуумный кран ртутного выпрямителя. Это делают для того, чтобы проверить, нет ли течи в корпусе выпрямителя после транспортировки и монтажа в нормальных условиях. Откачку доводят до остаточного давления в корпусе выпрямителя 100—200 мкм рт. ст. (0,013—0,026 Па). Затем формовочный насос останавливают, измеряют давление P_2 и по формуле

$$\frac{P_2 - P_1}{t}$$

определяют натекание. При нормальном состоянии системы натекание не должно быть больше 20—30 мкм рт. ст. в час. Если после первоначальной откачки форвакуумной системы и открытия вакуумного крана давление в корпусе выпрямителя будет близким к атмосферному, необходимо продолжить дальнейшую откачку газов из корпуса выпрямителя по давлениям 100—150 мкм рт. ст. (0,013—0,02 Па). Если корпус имеет хорошее уплотнение и нет течи, время, нобходимое для доведения в нем вакуума до 100—150 мкм рт. ст. (0,013—0,02 Па), должно составлять 50—80 мин.

4.4. Ревизия ртутного насоса

У ртутного насоса глубокого вакуума проверяют исправность состояния сопел, целостность горелки, количество ртути в ртутнице, а также испытывают на предельный вакуум, который должен быть не выше 0,1 мкм рт. ст. ($1{,}3 \cdot 10^{-6}$ Па). Ртутный насос состоит из корпуса с рубашкой, охлаждаемого водой, фланца для присоединения к форвакуумному баку, ртутницы, электропечи, кожуха и системы сопел. При наружном осмотре проверяют целостность частей насоса и при удовлетворительном их состоянии заливают в ртутницу очищенную сухую ртуть. Заливка ртути ведется при установленной системе сопел. Для проверки насоса в работе необходимо включить электропечь. Образующиеся от нагрева пары ртути из ртутницы по трубам устремляются к верхнему соплу высокого вакуума, затем направляются вниз и, достигая холодных стенок внутренней поверхности корпуса, конденсируются, и ртуть через трубки стекает обратно в ртутницу. Для того, чтобы через возвратную трубу не уходили пары ртути, труба имеет петлю. Для пуска ртутного насоса требуется, чтобы давление, создаваемое масляным насосом, было не больше 1 мм рт. ст. (133,3 Па), а температура воды не выше 25 °С. После включения электрической печи насос начинает работать через 15 мин. При остановке насоса сначала выключают электрическую печь ртутного насоса, а через 15 мин прекращают подачу охлаждающей воды.

Перед откачкой корпуса выпрямителя проверяют количество ртути в насосе, для этого необходимо снять насос с выпрямителя, вылить ртуть в мензурку, замерить ее количество и снова залить в насос.

4.5. Обнаружение мест натекания

Форвакуумная система. Определить место натекания в форвакуумной системе сложно. При большой течи иногда можно определить место натекания по движению пламени зажженной свечи с одновременным просмотром всех уплотнений и трубопровода. Если таким способом не удается определить место натекания и его исправить, то окрашивают все уплотнения системы откачки лаком, лаком покрывают также наружные места соприкосновения уплотнения с фланцами или трубопроводом. Затем следят за вакуумом при работающем масляном насосе. Если вакуум остается без изменения, то покрывают лаком следующее уплотнение и т. д., пока не будет найдено то уплотнение, через которое происходит натекание. Если таким способом отыскать место натекания не удалось, то необходимо заново заменить форвакуумные уплотнения. При этом после каждой замены систему необходимо откачать и проверить натекание. Если после смены всех уплотнений натекание остается в прежних пределах, то источником натекания являются металлические детали. Детали, через которые происходит натекание, обнаруживают при помощи вспомогательных трубопроводов, соединяющих испытываемые детали с масляным насосом и вакуумметром. Испытание начинают с соединения специального трубопровода непосредственно с вакуумметром, и если масляный насос дает нормальное разряжение, то это значит, что данная часть форвакуумной системы не дает большого натекания. Затем испытывают трубопровод от масляного насоса до форвакуумного бачка и сам бачок. При испытании бачок соединяют трубопроводом с вакуумметром. Натекание в этом случае должно быть близким к норме. Если это условие не соблюдено, то восстанавливают нормальную вакуумную схему. Если после этого натекание будет опять большим, то масляный насос соединяют трубопроводом непосредственно с патрубком ртутного насоса и полученный объем откачивают до минимального давления, которое в случае отсутствия натекания должно быть близким к тому, которое было бы без насоса.

Корпус ртутного выпрямителя. Места натекания в корпусе ртутного выпрямителя определяют проверкой крепления фланцев. Порядок затяжки гаек рекомендуется производить в такой последовательности: каждая

следующая затягиваемая гайка должна быть диаметрально противоположна предыдущей. При затяжке гаек следует применять торцевой ключ с воротком длиной 200 мм. При работах по исправлению уплотнений необходимо постоянно вести замеры и записи вакуума, так как это ускоряет нахождение места натекания. Если после затяжки болтов на всех фланцах натекание не устранено, следует осмотреть все бьющиеся детали. Осмотр через лупу начинают с катодного фарфорового кольца. Затем осматривают изоляторы анодных выводов. Если после этого натекание не обнаружено, то вынимают поочередно все аноды, а на их место ставят заглушки, проверяя каждый раз натекание. При необнаружении натекания вынимают вакуумный корпус ртутного выпрямителя из охлаждающей рубашки и, соединив его с трубопроводом сжатого воздуха, поднимают давление до $(1—1{,}5)\cdot 10^5$ Па.

Затем мыльным раствором проверяют все сварные швы.

Устранение натекания в корпусе ртутного выпрямителя сопряжено с большими трудностями и большой затратой времени, поэтому при сборке необходимо тщательно шлифовать фланцы и устанавливать качественные вакуумные уплотнения.

4.6. Переборка металлических ртутных выпрямителей

Переборка металлических ртутных выпрямителей производится для проверки герметичности и целостности отдельных элементов, чистки головок анодов, внутренности выпрямителя и замены деталей. При переборке следует особо тщательно соблюдать вакуумную гигиену. Строгое соблюдение чистоты вызвано тем, что малейшее загрязнение анодов, ртути и других работающих частей нарушает режим работы ртутных выпрямителей, вызывает обратные зажигания и другие ненормальные явления.

Переборка заключается в разборке выпрямителя, чистке его деталей и обратной сборке, а также в ревизии форвакуумного насоса. Ее производят после окончания всех электромонтажных работ. Переборку производят в специальном помещении инструментом, промытым в высококачественном бензине. Другие работы выполнять этим инструментом не разрешается. Руки должны быть

совершенно чистыми. Работать следует в белом халате и головном колпаке, а на руках иметь белые нитяные перчатки. К деталям выпрямителя, находящимся в вакууме, можно прикасаться только через бумагу, приложенную к детали или руке.

Для выполнения работ по разборке, чистке и сборке ртутных выпрямителей переборочные мастерские должны быть укомплектованы следующими основными приспособлениями, инструментом и материалами: аппаратом для фильтрации ртути; стаканами для заглушки вакуумной трубы; поворотной стойкой для переборки анода; поворотной стойкой для вентиля; тележкой для перевозки вентилей; вращающейся кардощеткой; хомутом для завинчивания головки анода; верстаком с тисками; однофазной электросверлилкой; мехами ручными; столом с бортами; противнем; эмалированной посудой с крышкой емкостью до 0,5 л; стеклянной воронкой; грушей резиновой для сборки ртути; волосяными щетками (одежная жесткая, зубная); малярными кистями; круглыми и плоскими стальными щетками; чехлами из бязи для закрытия анодов; комплектами слесарного, электромонтажного и мерительного инструмента; пылесосом с набором наконечников; электродвигателем с гибким валом для чистки корпусов вентилей; настольным сверлильным станком; рамой для установки вентилей; приспособлением для регулирования анодов зажигания; муфельной печью для отжига металлизированных фарфоровых втулок; наждачными полотнами; белыми халатами, головными колпаками, полотенцами; чунями брезентовыми на обувь; предохранительными очками; папиросной бумагой; батистом; бязью; четыреххлористым углеродом чистым; высококачественным бензином и спиртом-ректификатом 96°. Количество необходимых материалов определяется проектом производства работ в зависимости от типов и количества ртутных выпрямителей, подлежащих переборке.

Разборку выпрямителя начинают с вскрытия фланца анода возбуждения. Ослабив болты между фланцем и верхней плитой выпрямителя, нарушают уплотнение и в корпус выпрямителя медленно, в течение 10—15 мин, впускают воздух. При достижении атмосферного давления отвинчивают и снимают все гайки и шайбы болтов уплотнения главных анодов, анодов возбуждения и зажигания. После этого маркируют главные аноды на-

сечкой рисок на фланцах и верхней плите выпрямителя, вынимают их по очереди из выпрямителя и устанавливают на стеллажах манжетами вверх, закрывают бумагой и завязывают киперной лентой. Затем снимают и устанавливают на стеллажи аноды возбуждения и зажигания. Манжеты анодов и иглу зажигания закрывают бумагой и перевязывают киперной лентой. После этого эмалированной кружкой или специальной лопаткой выбирают из катода ртуть в эмалированную посуду. Затем снимают гайки и изоляционные шайбы четырех катодных шпилек, оставляя две диаметрально расположенные шпильки нетронутыми. Далее ослабляют гайки на двух последних шпильках, открывают уплотнения, отвинчивают обе гайки, снимают катод, закрывают его бумагой и ставят на стеллажи. После разборки выпрямителя все отверстия корпуса плотно закрывают электрокартоном, а внутри его помещают лампу мощностью 200—300 Вт для поддержания в вакуумном корпусе температуры, предупреждающей образование конденсационной влаги.

Чистку начинают с анодных манжет, которые снимают с коронок с вынутыми из них фильтрами. После снятия манжет головки анодов немедленно покрывают бумагой. Очистку манжет и фильтров выполняют вручную кардолентой или проволочной щеткой. Очистку главных анодов производят острым ножом путем соскабливания верхнего слоя графита. Шлифованную часть фланцев чистят мелким наждачным полотном. Все детали, кроме анодных головок, протирают батистом, смоченным в чистом спирте. Далее собирают аноды и обертывают бумагой. У анодов возбуждения и зажигания очищают манжеты, анодные стержни, изоляторы протирают батистом, а фланцы шлифуют.

Далее производят переборку катода; при этой переборке очищают донницу, шлифуют фланцы, очищают фарфоровое изоляционное кольцо. Внутреннюю поверхность вакуумного корпуса очищают непосредственно перед сборкой металлической щеткой и пылесосом, после этого стенки его протирают батистом, смоченным в чистом спирте.

Сборка выпрямителя производится в такой последовательности. Сначала поочередно устанавливают все главные аноды, за исключением одного, укладывая манжеты удлиненной частью внутрь выпрямителя к катоду. Далее устанавливают оба анода возбуждения и, проте-

рев еще раз внутреннюю поверхность вакуумного корпуса батистом, смоченным в чистом спирте, устанавливают катод, затягивая сначала гайки двух противоположных шпилек, а затем и остальных.

Следующей операцией является заливка катода очищенной ртутью, которую производят через отверстие неустановленного главного анода. После заливки ртути устанавливают анод зажигания, подключают катушку и опробуют ход иглы. При возбужденной катушке игла должна погружаться в ртуть на 4—5 мм. При правильном ходе иглы приступают к установке последнего катода и окончательному закреплению фланцев всех анодов. Конечное разрежение в выпрямителе создается ртутным насосом, в котором ртуть подогревается нагревательным элементом и кипит при небольшом давлении при температуре около 200 °С.

Собрав полностью выпрямитель и систему откачки, включают форвакуумный насос и откачивают из корпуса ртутного выпрямителя воздух и газы до остаточного давления 300—400 мм рт. ст. (0,04—0,053 Па). Затем впускают воду в рубашку ртутного насоса и включают его грелку. Через 20—30 мин измеряют вакуум. Остаточное давление в баке должно быть не выше 0,3 мкм рт. ст. ($3{,}9 \cdot 10^{-5}$ Па). После откачки выпрямителя при остаточном давлении не выше 1 мкм рт. ст. ($1{,}3 \cdot 10^{-4}$ Па) измеряют сопротивление изоляции главных анодов, анодов возбуждения, зажигания, катода выпрямителя и корпуса выпрямителя относительно земли. При этом все провода и резиновые трубки водяного охлаждения должны быть отсоединены. Сопротивление изоляции во всех случаях должно быть не ниже 100 мОм.

4.7. Формовка разобранных ртутных выпрямителей

Формовку разобранных ртутных выпрямителей производят после полной сборки выпрямителей и системы откачки. Она заключается в удалении газов, находящихся в связанном состоянии, из электродов ртутного выпрямителя, стенок его вакуумного корпуса и деталей, находящихся внутри вакуумного корпуса (головки анодов, сеток, манжет, катода). Формовка производится постепенным прогреванием током 0—120 % его номинального значения при непрерывной откачке насосами выделяющихся газов. Для экономии электроэнергии и

создания условий безопасности формовку выпрямителей ведут на пониженном напряжении (30—60 В). Для получения пониженного напряжения применяют различные формовочные схемы (рис. 4.1).

Схема рис. 4.1, *а* рекомендуется при наличии нескольких выпрямительных агрегатов с первичным напряжением 6 кВ и выпрямленным напряжением 460, 600

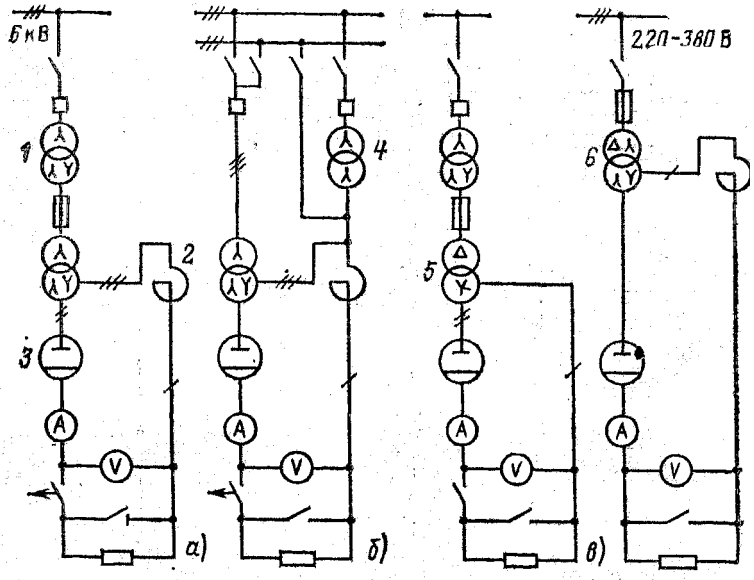


Рис. 4.1. Схемы формовки ртутных выпрямителей:

а — с двумя последовательно соединенными главными трансформаторами; *б* — с подачей на главный трансформатор напряжения от понижающего трансформатора; *в* — с питанием шестифазного формовочного трансформатора от одной звезды вторичной обмотки главного трансформатора; *г* — со специальным трансформатором, питающимся от сети собственных нужд; *1* — главный трансформатор; *2* — уравнительные реакторы; *3* — ртутные выпрямители; *4* — понижающий трехфазный формовочный трансформатор; *5* и *6* — шестифазные формовочные трансформаторы

и 825 В. При наличии источника тока напряжением 3 кВ это напряжение можно подать на главный трансформатор формуемого выпрямителя. На схеме рис. 4.1, *б* показана подача напряжения на главный трансформатор от понижающего трансформатора. На схеме рис. 4.1, *в* показано применение специального формовочного трансформатора, который присоединяется к фазам одной вторичной обмотки главного трансформатора.

Схема рис. 4.1, *в* рекомендуется в установках с высоким выпрямленным напряжением (3,3 кВ), когда для формовки требуется ток значительно больше номинального. При наличии большого количества выпрямителей, установленных на одной подстанции, для формовки применяют специальный формовочный трансформатор, питаемый от сети собственных нужд (рис. 4.1, *г*).

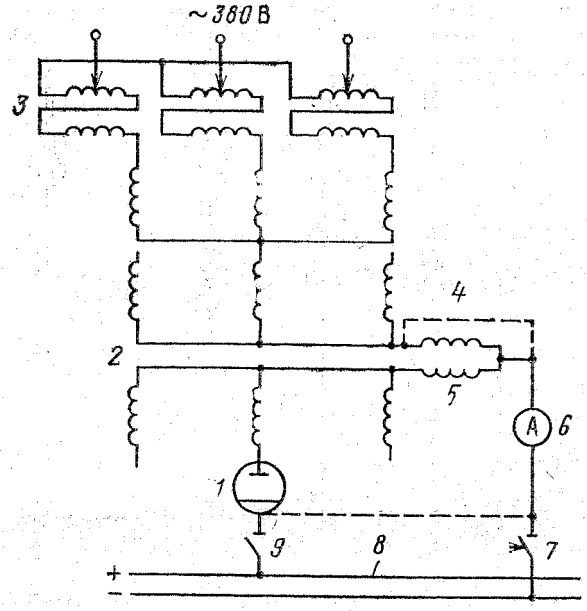


Рис. 4.2. Схема формовки ртутных выпрямителей в режиме тока короткого замыкания:

1 — ртутный выпрямитель; *2* — трансформатор ртутного выпрямителя; *3* — сварочные трансформаторы; *4* — закоротки; *5* — разделительная катушка; *6* — амперметр; *7* — отделитель; *8* — шина выпрямленного тока; *9* — разъединитель

В неуправляемых выпрямителях регулировка тока производится при помощи нагрузочного сопротивления, а в управляемых — при помощи сетки. Выпрямители, имеющие аппаратуру сеточного регулирования, формуются в режиме короткого замыкания и реостат предусматривается только для начального периода формовки (до тока 10—20 % номинального). На рис. 4.2 приведена схема формовки ртутных выпрямителей в режиме то-

ка короткого замыкания при напряжении 23—30 В между фазой и нулем вторичной обмотки трансформатора. Схема состоит из трансформатора, питающего выпрямитель, и трех однофазных сварочных трансформаторов напряжением 380/65 В. К первичной обмотке трансформатора понижаемое напряжение подается от сварочных трансформаторов, у которых первичные обмотки соединены последовательно с вторичными. В результате такого соединения получаются автотрансформаторы, обмотки которых соединяются в звезду. Регулирование напряжения во вторичных обмотках производится путем изменения места подключения витков первичных обмоток к питающей сети. Сначала устанавливается напряжение 24 В между фазой и землей вторичной обмотки трансформатора, при этом разделительная катушка должна быть закорочена. При полученном напряжении выпрямленный ток будет равен 30—35 А, а температура корпуса выпрямителя 20—23 °С. При дальнейшей откачке вакуума и повышении температуры корпуса выпрямителя ток будет автоматически возрастать. Если выделение газов происходит бурно и ухудшает вакуум, ток будет уменьшаться.

При формовке выпрямителя замеряют ток, напряжение и записывают в журнал. Для начала формовки проверяют натекание. Эта операция выполняется в такой последовательности. Сначала откачивают вакуумный корпус выпрямителя форвакуумным и ртутным насосами не менее 4 ч до установившегося предела откачки. Величина $P_{2ф}$ определяется по шкале вакуумметра. Затем закрывают вакуумный кран выпрямителя и электропечь ртутного насоса. Через 20 мин после прекращения работы ртутного насоса и достижения давления в вакуумметре, равного давлению в формовочной системе, измеряют предел откачки форвакуумной системы $P_{1ф}$ и включают электродвигатель форвакуумного насоса. После десятичасовой работы снова измеряют предельное давление в форвакуумной системе $P_ф$.

Натекание форвакуумной системы должно быть не больше 2 мкм рт. ст. в час; оно определяется:

$$P_ф = \frac{P_{2ф} - P_{1ф}}{t},$$

где t — время, ч.

Форвакуумная система откачивается до определенного предела, затем останавливают форвакуумный на-

сос и измеряют давление $P_{зф}$. Далее открывают вакуумный кран и через 3 мин, когда давление в форвакуумной системе и вакуумном корпусе ртутного выпрямителя уравновесится, измеряют общее давление в вакуумной системе и в вакуумном корпусе $P_з$.

Натекание вакуумного корпуса выпрямителя определяется как разность между давлением P_2 и начальным давлением в вакуумном корпусе выпрямителя P_1, деленная на время в часах, в течение которого вакуумный кран был в закрытом положении.

Давление P_2, которое было в вакуумном корпусе до открытия вакуумного крана, определяется по следующей формуле

$$P_2 = \frac{(V_к + V_ф) P_з - V_ф P_{зф}}{V_к},$$

где $P_{зф}$ — наименьшее давление в форвакуумной системе после ее продолжительной откачки; $P_з$ — общее установившееся давление в вакуумном корпусе выпрямителя и в вакуумной системе; $V_к$ и $V_ф$ — объем соответственно вакуумного корпуса ртутного выпрямителя и форвакуумной системы, л.

Выпрямители, имеющие индивидуальные теплообменники, перед формовкой подогревают 2—3 ч при температуре корпуса 60—70 °С. Для этого включают подогреватель и циркуляционный водяной насос теплообменника. Началом формовки считается включение цепи возбуждения, когда давление в выпрямителе должно быть не более 3 мкм рт. ст. Формовка считается оконченной, если давление в выпрямителе не будет превышать 0,5 мкм рт. ст. ($6{,}6 \cdot 10^{-5}$ Па). После этого приступают к формовке главных анодов. Ее начинают с нагрузки 30—50 А и постепенно доводят до 110 % номинального тока. При этом давление в корпусе выпрямителя не должно быть более 1 мкм рт. ст. ($1{,}3 \cdot 10^{-4}$ Па) в течение всего времени формовки. С начала формовки возбуждением выпрямитель охлаждают водой. В начале формовки температура корпуса выпрямителя должна быть 20—30 °С, а при номинальной нагрузке температуру доводят до 40 °С. Формовка считается законченной, если при нормальной нагрузке давление в корпусе выпрямителя в течение 4 ч будет держаться не более 0,5 мкм рт. ст. ($6{,}6 \cdot 10^{-5}$ Па). Для проверки степени отформованности корпуса выпрямителя повышают ток до

110 % номинального при температуре кожуха 40—43 °С. При этом вакуум не должен выходить ниже пределов, рекомендуемых заводом-изготовителем. После снятия нагрузки и окончания формовки через корпус выпрямителя в течение 5 ч должна проходить охлаждающая вода. Для улучшения герметичности при горячем корпусе рекомендуется подтянуть уплотнение. В период формовки определяют расход охлаждающей воды и измеряют падение напряжения в дуге выпрямителя. Определение этих величин должно производиться при достижении в выпрямителе номинального тока и температуры в корпусе 40 °С.

Расход воды при проточной системе охлаждения производится через сливную трубу выпрямителя мерным сосудом. При измерении записывают нагрузку выпрямителя, температуру входящей и выходящей воды, количество воды и время. Аналогичным методом определяют расход воды и для вакуумного насоса. При замкнутой системе охлаждения расход воды определяют по внешней водопроводной сети, охлаждающей теплообменник.

Для защиты выпрямителей при формовке от обратных зажиганий должна быть предусмотрена максимальная защита.

При формовке показания приборов записывают через каждые 15 мин, а когда давление станет устойчивым — через 30 мин.

После окончания формовки ртутный выпрямитель в течение 10 ч должен откачиваться, при этом происходит его остывание.

В период формовки рекомендуется через каждые 30 мин, а затем через 2 ч проверять равномерность нагрузки между анодами. Для выравнивания нагрузки необходимо перегруженные аноды отключать на 20—30 мин. При формовке необходимо предусмотреть защиту цепей от перегрузок и коротких замыканий.

4.8. Монтаж запаянных ртутных выпрямителей

Запаянные ртутные выпрямители в отличие от разборных не требуют переборки, не имеют откачивающих систем и в большинстве случаев не требуют формовки. Поэтому монтаж их не такой сложный, как разборных.

Хранить ртутные выпрямители следует в сухом отапливаемом помещении при температуре не ниже 5 °С.

При длительном хранении необходимо производить формовку по инструкции завода-изготовителя. Перед установкой запаянных выпрямителей проверяют состояние аппаратуры, монтаж и крепление болтов.

На место установки выпрямители доставляют в упаковке. Перед началом монтажа их распаковывают и устанавливают на изоляторах на полу (без фундамента). В большинстве случаев запаянные ртутные выпрямители поставляют собранными в специальных шкафах со всей необходимой аппаратурой вспомогательных устройств.

4.9. Монтаж полупроводниковых преобразовательных подстанций

Существуют три разновидности компоновки основных элементов преобразовательной установки в агрегат: моноблочная, функционально-узловая и совмещенная.

Под моноблочной компоновкой агрегата понимается такое конструктивное решение, при котором все основные элементы агрегата (трансформатор, силовая часть, коммутационная, сигнальная и защитная аппаратура) размещаются в одном шкафу или в щите, представляющем собой единое конструктивное целое.

Функционально-узловой называется такая компоновка агрегата, когда его основные элементы представляют собой функционально законченные изделия, каждое из которых оформлено в отдельное конструктивное целое. Агрегаты, построенные по этому принципу, могут компоноваться двояко:

1) основные элементы (трансформатор, силовой шкаф, шкафы распределительных устройств) устанавливаются вплотную друг к другу, соединяются между собой механически и электрически и представляют собой единый конструктивный комплекс;

2) основные элементы монтируются непосредственно на объекте (в предусмотренных для них местах), являются мобильными и соединяются между собой с помощью магистральных шинопроводов.

Совмещенной компоновкой называется такая, когда в целях уменьшения габаритов и массы, производственных площадей, экономии расходов материалов на изготовление и монтаж силовая часть агрегата и трансфор-

матор конструктивно оформляются в общий блок с общей системой охлаждения.

Агрегаты малой мощности (до 40 кВт) поставляются моноблочно в одном шкафу.

Агрегаты средней мощности (до 1000 кВт) поставляются в функционально-узловой компоновке в виде единого конструктивного комплекса (рис. 4.3).

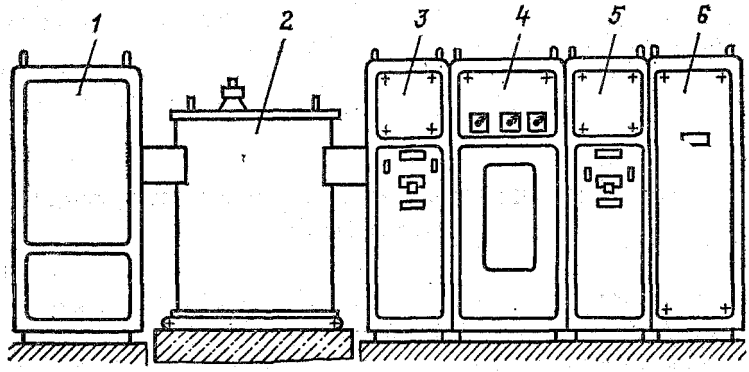


Рис. 4.3. Комплектный тиристорный агрегат:

1 — вводное устройство высокого напряжения; *2* — силовой трансформатор; *3* — шкаф с анодным агрегатом; *4* — тиристорный преобразователь; *5* — шкаф с катодным автоматом; *6* — шкаф со сглаживающим реактором

Для агрегатов большой мощности используется функционально-узловой способ с раздельной установкой основных элементов. Щит соединяется с остальными элементами агрегата непосредственно на объекте с помощью магистральной ошиновки.

Разборка полупроводниковых приборов не допускается. При монтаже их только удаляют консервирующую смазку и очищают контактные поверхности растворителями. Стропят щиты за рым-болты или за места, указанные заводом-изготовителем. Толчки и удары при монтаже не допускаются.

Порядок монтажа панелей в многопанельных щитах может быть различным: от одного конца к другому или от середины щита к концам. Устанавливают все щиты строго по отвесу и уровню, чтобы они в одном ряду образовывали единую плоскость, и скрепляют между собой так, чтобы зазоры в стыках не превышали 2 мм. Все крепления щитов к конструкциям, фундаментам и

между собой для удобства эксплуатации должны быть разъемными. Высоту от фундамента, закладных деталей или пола регулируют набором стальных прокладок между опорой и каркасом.

Приборы с естественным охлаждением устанавливают так, чтобы ребра охладителей находились в плоскости, обеспечивающей свободный проход воздуха снизу вверх, а приборы с принудительным воздушным охлаждением так, чтобы направление потока охлаждающего воздуха было вдоль ребер охладителя.

Глава пятая

МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И ПУСКОВЫХ УСТРОЙСТВ

5.1. Установка электрических машин на бетонных фундаментах

Фундаменты выполняются в соответствии с требованиями глав СНиП «Основания и фундаменты» и «Электротехнические устройства». Они должны соответствовать строительным и установочным чертежам, иметь горизонтальную поверхность без выступающей арматуры, трещин и раковин. Качество железобетона определяется по результатам испытаний строительной лабораторией. Допускается следующее отклонение строительных размеров, мм, не более:

основных размеров в плане	±30
высотных отметок поверхности (без учета высоты подливки)	—30
размеров уступов в плане	—20
размеров колодцев	+20
отметок уступов в выемках и колодцах	—20
осей анкерных болтов в плане	±5
осей закладных анкерных устройств в плане	±10
отметок верхних торцов анкерных болтов	+20

Высоту готового фундамента проверяют по заданным высотным реперам при помощи нивелира или гидростатического уровня. Особенно тщательно проверяют высоту фундаментов приводных двигателей. По данным замеров составляют схему исполнительной съемки фундамента (рис. 5.1). По этой съемке выбирают высоту

установочных приспособлений. Горизонтальность верхней плоскости фундаментов проверяют уровнем или нивелиром, а основные размеры — рулеткой.

Кроме высотных отметок проверяют форму и глуби-

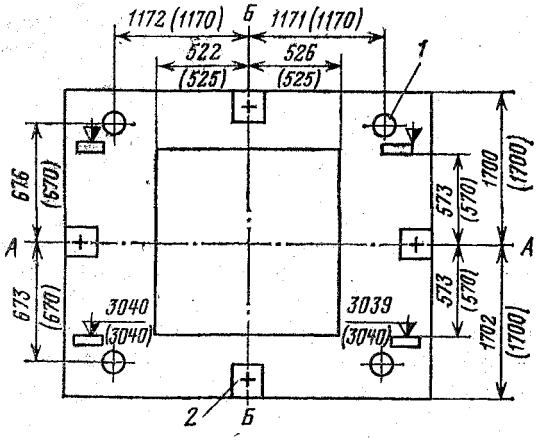


Рис. 5.1. Исполнительная схема съемки фундамента приводного двигателя:

АА и *ББ* — главные оси двигателя; фактические размеры и отметки приведены без скобок, проектные размеры и отметки — в скобках; *1* — колодец фундаментный; *2* — места отметки осей двигателя

ну колодцев под фундаментные болты, а также точное положение их осей. Схема замеров, выполняемых во время проверки верхнего пояса фундамента трехмашинного агрегата, показана на рис. 5.2. Основными осями фундамента являются продольная *АБ* и поперечная *ВГ*. Оси фундамента имитируют натянутые визирные струны, в качестве которых используют стальную рояльную проволоку диаметром 0,3—0,5 мм. Сначала струны натягивают по строительным реперам на уровне оси агрегата. При натяжении струны могут крепиться за стены машинного зала, деревянные козлы или специальные оседержатели.

Конструкция оседержателя со струной и отвесом показана на рис. 5.3. Натяжной груз подбирают в зависимости от диаметра струны: для струны диаметром 0,3 мм его масса 7 кг, для 0,5 мм 20 кг. Действительную продольную ось фундамента находят, отмечая на его поверхности краской или мелом середины межцентро-

ных расстояний парных колодцев под фундаментные болты и середину проема. При помощи отвесов, спущенных со струны, уточняют положение оси и фиксируют рисками на обрамлении фундамента.

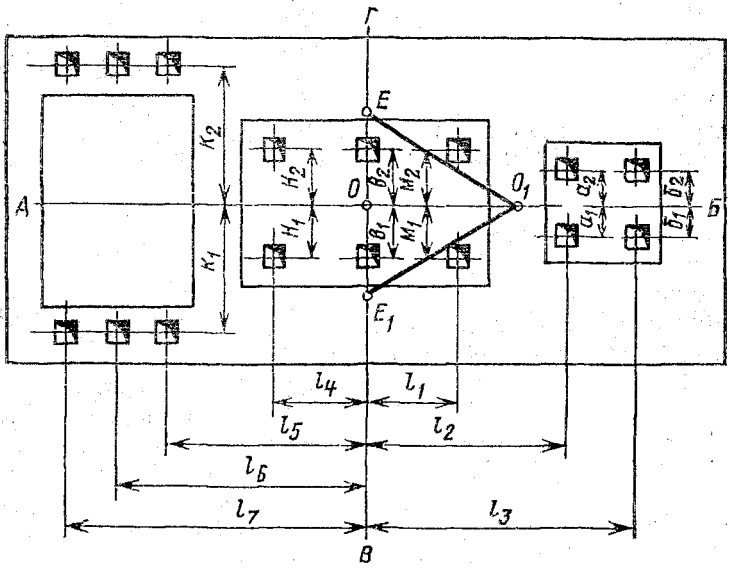


Рис. 5.2. Схема замеров верхнего пояса фундамента трехмашинного агрегата

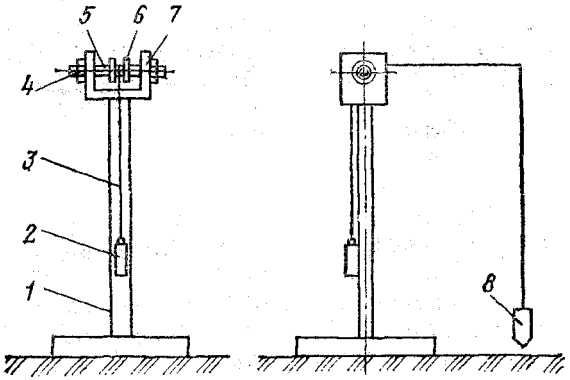


Рис. 5.3. Оседержатель со струной и отвесом:
1 — стойка; *2* — натяжной груз; *3* — струна; *4* — гайка; *5* — ось; *6* — несущий ролик; *7* — скоба; *8* — отвес

После натяжения и выверки продольной струны натягивают поперечную. Ее крепят перпендикулярно продольной оси. Положение струн определяют по чертежу и уточняют по отверстиям для фундаментных болтов.

Перпендикулярность струн проверяют следующим образом. От точки пересечения струн на поперечной струне отмечают отрезки OE—OE_1 (рис. 5.2) и точки E и E_1 отмечают на фундаменте. На произвольном расстоянии от точки пересечения осей O на продольной струне намечают и переносят на фундамент точку O_1. При перпендикулярности осевых линий отрезки O_1E и O_1E_1 должны быть равны.

Уточнив положение струн, приступают к проверке всех основных размеров фундамента по отношению к его осям, т. е. расстояний a_1, b_1; a_2, b_2 и т. д., расстояний l_1, l_2, l_3 и т. д.

Смещение и наклон колодцев могут быть допущены в том случае, если вертикально установленные болты отстоят от стенки колодца в любом месте на расстоянии не меньше своего диаметра. Вертикальность колодцев проверяется отвесом.

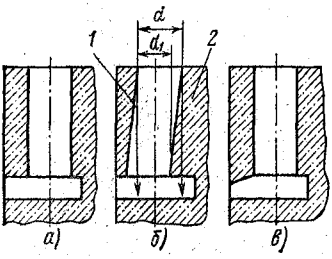


Рис. 5.4. Дефекты колодцев под фундаментные болты:
1 — отвес; *2* — фундамент

На рис. 5.4, *а* показана конструкция колодца, на рис. 5.4, *б* — колодец, в котором из-за перекоса опалубочной трубы рабочая часть отверстия вместо значения d имеет d_1, что вызовет перекос фундаментного болта. В колодце, приведенном на рис. 5.4, *в*, нижняя опорная плита болта получила перекос, вследствие чего фундаментный болт закрепить будет невозможно.

Для сокращения сроков монтажа и трудозатрат на монтаж электрических машин при сооружении фундаментов целесообразно устанавливать закладные детали в местах, где при монтаже будут расположены установочные приспособления (подкладки, клинья, клиновые домкраты). В качестве закладных деталей могут быть использованы стальные пластины толщиной 8—10 мм или строганые деревянные бруски толщиной 25—30 мм. Длина и ширина закладных деталей должна быть на

20—30 мм больше установочных приспособлений. Закладные детали укладывают на фундамент после окончания работ по бетонированию, но до начала схватывания бетона, придают им строго горизонтальное положение и нивелируют на одинаковую высотную отметку. После затвердения бетона деревянные бруски удаляют и под ними оказываются подготовленные места для размещения установочных приспособлений. Стальные пластины удалять не следует, в дальнейшем на них необходимо разместить установочные приспособления.

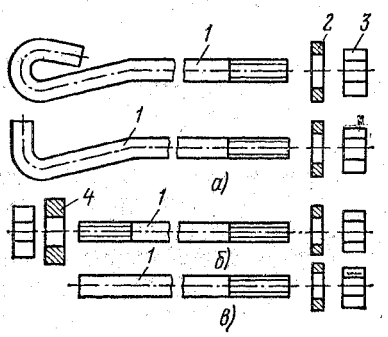


Рис. 5.5. Болты анкерные:
а — крюкообразные; *б* — прямой с анкерными плитами; *в* — прямой, закрепляемый в теле фундамента эпоксидным клеем; *1* — болт; *2* — шайба; *3* — гайка; *4* — плита анкерная

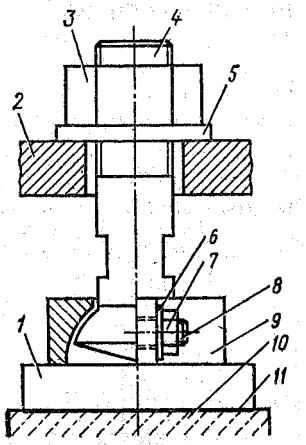


Рис. 5.6. Узел опорный:
1 — плита опорная; *2* — плита фундаментная; *3*, *7* — гайка; *4* — болт специальный; *5*, *6* — шайба; *8* — болт; *9* — сухарь; *10* — фундамент; *11* — клей

Крепление электрических машин к фундаментам. Электрические машины болтами крепят к фундаментным плитам, которые в свою очередь крепят к фундаментам с помощью крюкообразных, прямых с анкерными плитами или прямых гладких анкерных болтов, закрепляемых в теле фундамента эпоксидным клеем (рис. 5.5). Фундаментные плиты могут крепиться к фундаментам с помощью специальных опорных узлов (рис. 5.6), приклеенных также к поверхности фундамента эпоксидным клеем. С помощью крюкообразных анкерных болтов крепятся машины на фундаментах, не имеющих вентиля-

ционных камер. Анкерные болты с плитами применяют, когда фундаменты имеют вентиляционные камеры, а гладкие и опорные узлы на гладких фундаментах без анкерных колодцев.

Крюкообразные болты закрепляют в теле фундамента бетонной смесью после предварительной выверки электрических машин, а прямые с анкерными плитами той же смесью после окончательной выверки.

Крепление электрических машин прямыми гладкими анкерными болтами. Этот метод распространяется на монтаж преобразовательных агрегатов, поставляемых на место монтажа на общей фундаментной плите, синхронных компенсаторов и электрических двигателей, установленных на одной плите с технологическим оборудованием, т. е. на машины, не требующие центровки при монтаже. Когда анкерные колодцы не совпадают с отверстиями для анкерных болтов в фундаментных плитах, этим методом целесообразно монтировать все типы электрических машин, но при этом центровка машин производится 2 раза (до бурения колодцев и после).

Монтаж машин данным методом производится в следующем порядке: на фундаментах размечают центры будущих колодцев, бурят колодцы, подготовляют поверхности болтов и колодцев к склеиванию, приготовляют эпоксидный клей, закрепляют болты в колодце, устанавливают машину на установочные приспособления и выверяют ее.

Установка прямых гладких анкерных болтов. Эти болты устанавливают после сооружения фундаментов по достижении бетоном прочности не менее 15 000 кПа (150 кгс/см^2). Их заделывают в фундамент на глубину, равную 10 диаметрам болта. Длина болта принимается равной, мм,

$$L = 10d_б + H_п + 2h_г + 125, \qquad (5.1)$$

где $d_б$ — диаметр болта; $H_п$ — высота опорной полки фундаментной плиты; $h_г$ — высота гайки.

Длина резьбы должна составлять две высоты гайки плюс 100 мм.

Перед бурением колодцев на фундамент устанавливают агрегат, выверяют его по осям в плане, при необходимости центрируют с приводным механизмом и затем по отверстиям в фундаментной плите размечают центры будущих колодцев под анкерные болты.

Если установка агрегата на фундамент связана с большими трудностями, то разметку центров колодцев производят с помощью жесткого шаблона.

Колодцы в фундаментах диаметром до 60 мм бурят пневматическими перфораторами типа ПР, 60—85 мм — колонковыми перфораторами типа КС-50 или КС-75, а до 130 мм — полуавтоматическими станками типа НКР-100М. Колодцы диаметром до 120 мм могут быть также образованы с помощью ручного перфоратора типа ПР методом последовательного разбуривания отверстий с меньшего диаметра на больший.

Комплект бурового инструмента к перфораторам состоит из штанг и коронок. При оформлении заказов следует указать способ очистки отверстий и длину штанги, например буровая штанга БШ-25-1300 для бурения с продувкой или центральной промывкой; буровая штанга БШ-25-700 для бурения с подачей воды через боковую муфту — насадку. Первая цифра означает диаметр вписанной окружности штанги, а вторая — ее длину. Для коронок диаметром более 30 мм буровые штанги изготовляют из шестигранной стали. Для коронок диаметром до 30 мм нижнюю часть буровых штанг следует протачивать до диаметра 20 мм на длину, равную глубине пробуриваемых скважин, с образованием на конце штанги конуса для насадки коронки (угол заточки конуса $3°30'\pm6'$). Типы буровых коронок определяют по диаметру колодца в зависимости от диаметра болта и толщины клеевого слоя, равного 3—8 мм для болтов диаметром до 48 мм, 5—12 мм для болтов диаметром выше 48 мм.

Для последовательного разбуривания колодцев с диаметром 60—120 мм ручными перфораторами рекомендуется применять специальный тип коронок (рис. 5.7).

Первое число после буквенного обозначения коронки означает рабочий диаметр коронки, мм, второе — начальный диаметр конуса, мм. Для всех коронок угол посадочного конуса $\alpha=7°$. Допускается переточка коронок с большего диаметра на меньший.

По размеченным местам перфоратором бурят колодец на заданную глубину. Если случайно колодец пробурен на глубину больше необходимой, то его засыпают песком до заданной отметки.

Попавшие в сечение пробуриваемого колодца элемен-

ты арматуры или случайные металлические предметы, расположенные на глубине до 30—40 мм, прорезают резаком любого типа, а на бо́льших глубинах электросваркой. Если на фундаменте нет выступающей арматуры для подключения заземляющего провода, то необходимо пробурить дополнительное отверстие до арматуры.

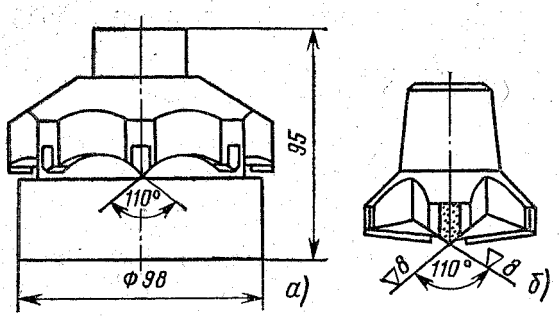


Рис. 5.7. Коронки буровые несерийные:
а — на диаметр колодца 110—120 мм; *б* — на диаметр колодца 70 мм

Плавление металлических частей в скважине производят при токе сварки 600—1000 А. При этом рекомендуется использовать неплавящиеся графитные электроды диаметром 5—10 мм или металлические электроды диаметром 5—7 мм с покрытием при сварочном токе 600 А.

По мере накопления расплавленный металл и шлак необходимо выдувать воздухом давлением 200—300 кПа (2—3 кгс/см²). Диаметр шланга для продувки колодцев должен составлять 0,4—0,6 диаметра колодца. После окончания бурения колодцы необходимо продуть сжатым воздухом и закрыть.

За 2—4 ч до приготовления клея подготовляют поверхность колодцев и болтов к склеиванию. Для этого колодцы продувают сжатым воздухом, замеряют их глубину и проверяют, нет ли в них посторонних предметов, воды или масла. С болтов удаляют консервирующее покрытие, зачищают их металлическими щетками и непосредственно перед опусканием в клей протирают ацетоном. Если поверхность болтов корродирована, то в зоне установки их желательно протравить в 20 %-ном растворе соляной кислоты. После травления болты также необходимо протереть ацетоном.

После подготовки поверхностей к склеиванию приготовляют клей и выливают его из небольшой посуды в колодец на высоту

$$h = \frac{H\left(d_к^2 - d_б^2\right)}{d_к^2}, \qquad (5.2)$$

где H — глубина колодца; $d_к$ — диаметр колодца; $d_б$ — диаметр болта.

Примерная высота h клея в колодцах для болтов различных диаметров приведена ниже:

$d_б$, мм	16	18	22	24	27	30	36
h, см	12	13	15	16	17	18	19

Продолжение

$d_б$, мм	40	48	56	64	72	80	90	100
h, см	20	22	28	30	32	33	34	35

Болт в колодец медленно опускают рукой. Через 24 ч после установки болтов можно производить дальнейшие работы по установке агрегата, а через 48 ч можно окончательно затягивать гайки анкерных болтов. При необходимости время передачи нагрузки на болты может быть сокращено до 3 ч установкой болтов, предварительно нагретых до температуры 150 °С. Крепление агрегатов к фундаменту с помощью приклеенных гладких анкерных болтов показано на рис. 5.8.

Крепление электрических машин к фундаментам с помощью опорных узлов заключается в том, что электрические машины приклеивают к бетонным фундаментам эпоксидным клеем с помощью опорных узлов специальной конструкции (см. рис. 5.6), которая позволяет устанавливать машины на фундаментах с углом наклона до 15°. При монтаже электрических машин данным способом на фундаменте делают разметку площадок под опорные пластины. Размер стороны площадки должен быть на 50 мм больше стороны пластины. Площадку очищают от цементной пленки шлифовальными машинами. Во время выверки машины опорные узлы находятся в подвешенном на фундаментной плите состоянии. После выверки машины и подготовки поверхностей к склеиванию на площадку фундамента наносят слой клея толщиной 5—10 мм и опорные узлы прижимают к фундаменту до появления излишка клея у краев плас-

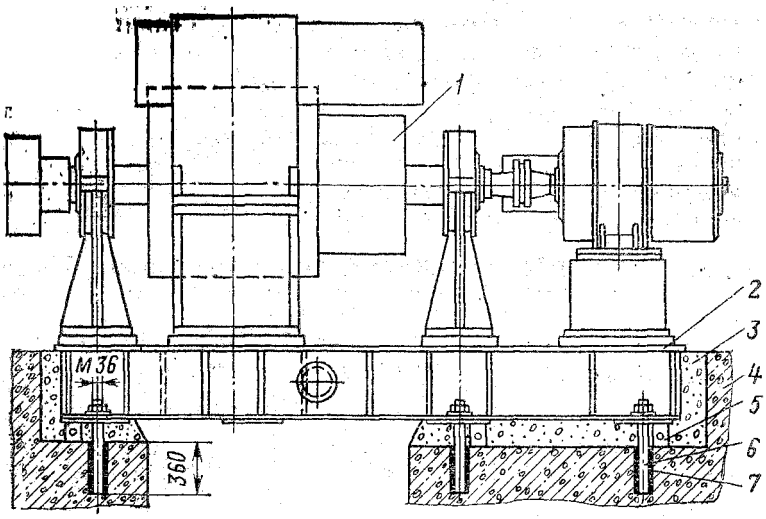


Рис. 5.8. Крепление агрегата на бетонном фундаменте приклеенными анкерными болтами:

1 — агрегат; *2* — плита фундаментная; *3* — бетон подливки; *4* — фундамент; *5* — приспособление установочное; *6* — болт анкерный; *7* — слой клея

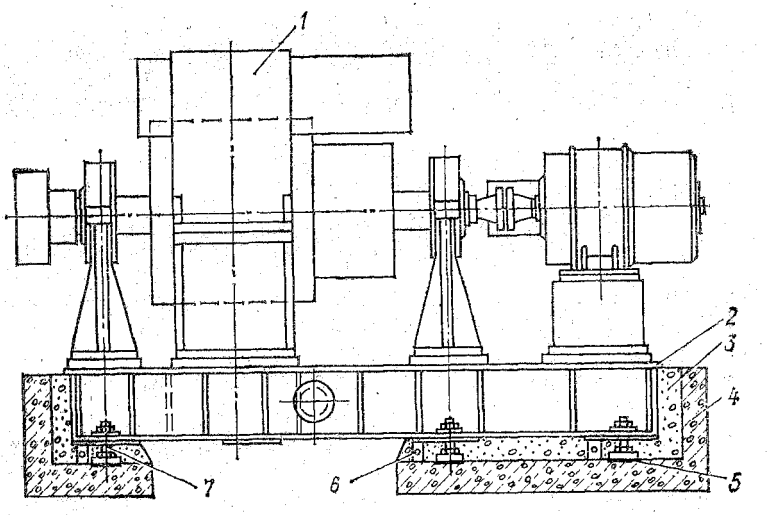


Рис. 5.9. Крепление агрегата к бетонному фундаменту с помощью опорных узлов:

1 — агрегат; *2* — фундаментная плита; *3* — подливка; *4* — фундамент; *5* — слой клея; *6* — установочное приспособление; *7* — узел опорный

тины (рис. 5.9). Прочность клеевого соединения зависит от марки бетона, площади склеивания и жесткости опорной пластины. Расчетная несущей способности клеевого соединения крепежного узла с бетоном марки 200 при статической нагрузке приведена в табл. 5.1. При передаче динамических нагрузок необходимо вводить коэффициент 0,8, учитывающий снижение прочности соединения бетон — клей — металл.

Таблица 5.1. Расчетная несущая способность клеевого соединения крепежного узла с бетоном марки 200 при статической нагрузке

Размер пластины, мм	Толщина пластины, мм	Несущая способность, Н (кгс)
100×100	10	9540 (954)
	16	12 110 (1211)
	20	13 550 (1355)
150×150	10	16 360 (1636)
	16	21 760 (2176)
	20	25 190 (2519)
200×200	10	21 800 (2180)
	16	31 390 (3189)
	20	38 150 (3815)
250×250	10	22 690 (2269)
	16	40 620 (4062)
	20	49 920 (4992)
300×300	10	24 480 (2448)
	16	48 960 (4896)
	20	61 200 (6120)

Через 24 ч после приклейки болтов крепежного узла можно затягивать гайки с усилием, не превышающим 25 000 Н (2500 кгс) (стандартными гаечными ключами без надставок). Окончательную затяжку гаек болтов крепежных узлов следует производить после достижения бетоном подливки прочности не менее $12 \cdot 10^6$ Па (120 кгс/см^2), но не ранее чем через 4 сут после подливки.

Приготовление клея. Для закрепления электрических машин на бетонных фундаментах выбрана эпоксидная композиция, состав которой приведен в табл. 5.2. Данная композиция клея выбрана исходя из его преимуществ перед другими композициями, применяемыми в

Таблица 5.2. Состав эпоксидного клея

Состав клея	Марка	Составляющие клея, мас. ч.
Эпоксидная смола	ЭД-16 или ЭД-20	100
Полиэтиленполиамин	ПЭПА	15
Дибутилфталат или полиэфиркрилат	ДБФ или МГФ-9	20
Песок вольский или кварцевый	ПВ или ПК	200

строительстве. Такой состав обладает высокой адгезией к бетону, железобетону, металлу и другим материалам, относительно высоким сопротивлением шва растяжению, сжатию, изгибу при приложении как статических, так и динамических нагрузок, минимальной усадкой при наборе прочности, возможностью регулирования процесса набора прочности во времени.

Для приготовления клея применяют компоненты, соответствующие требованиям ГОСТ, снабженные заводскими паспортами со сроком годности с момента изготовления, не превышающим 12 мес для эпоксидной смолы и пластификаторов, 6 мес для отвердителя.

До приготовления клея смолу ЭД-16 или ЭД-20 заблаговременно пластифицируют. Для этого порцию смолы (10—20 кг) разогревают в водяной бане до температуры 70 °С, затем вводят в нее пластификатор ДБФ или МГФ и тщательно перемешивают 10—15 мин до исчезновения пузырьков. После этого пластифицированную смолу охлаждают до температуры окружающей среды. Ввиду того что технологическая жизнеспособность клея, приготовленного по данному рецепту, при температуре окружающей среды 20 °С составляет 85 мин, приготовление его рекомендуется производить порциями по 3—5 кг в такой последовательности. Необходимое количество пластифицированной смолы, отвердителя и песка отвешивают в отдельные емкости. Затем в пластифицированную смолу вводят отвердитель (ПЭПА) и смесь перемешивают 5 мин, после чего вводят песок и продолжают перемешивать еще 5 мин. Качество перемешивания смолы с отвердителем определяют получением одноцветной жидкости при стекании ее с поднятого штапеля. Качество перемешивания клея после введения

наполнителя (песка) определяют при достижении равномерного распределения зерен песка в объеме клея.

Приготовление клея при температуре окружающей среды от +15 до —20 °С требует предварительного подогрева пластифицированной смолы и песка до температуры 30 °С, но не выше 40 °С.

Подогревать смолу рекомендуется в водяной бане. Перемешивать клей следует в посуде типа противень или в клеемешалках с водяным охлаждением. Перед употреблением клей должен иметь температуру 30—35 °С, но не более 40 °С.

Необходимая масса клея для приклеивания анкерных болтов определяется по формуле:

$$M = \frac{\pi H}{4}\left(d_к^2 - d_б^2\right) N\gamma, \qquad (5.3)$$

где H — глубина колодца; $d_к$ — диаметр колодца; $d_б$ — диаметр болта; N — количество болтов; γ — плотность клея.

Необходимая масса клея для приклейки пластин определяется по формуле

$$M = FSN\gamma, \qquad (5.4)$$

где F — площадь пластины; S — толщина клеевого слоя; N — количество пластин.

Пример. Требуется приклеить 20 пластин площадью 100 см² каждая. Толщина клеевого слоя принята 6 мм. Потребная масса клея

$$M = FSN\gamma = 100 \cdot 0{,}6 \cdot 20 \cdot 2 = 2400 \text{ г}.$$

Количество составляющих эпоксидного клея в частях по массе:

а) состав клея: ЭД-16—100; ДБФ—20;

ПЭПА — 15;

Песок — 200

Итого 335

б) масса одной части

$$m = \frac{M}{335} = \frac{2400}{335} \approx 7{,}134 \text{ г};$$

в) масса составляющих

ЭД = 16 + ДБФ 120 · 7,134 = 856 г;

ПЭПА 15 · 7,134 = 107 г;

Песок 200 · 7,134 = 1427 г.

Контроль качества производства работ. При выполнении работ контролируют их качество. Пооперационному контролю подлежат диаметр, вертикальность и глубина колодцев, приготовление и распределение клея.

Для контроля качества клея из каждой партии поступающих на стройку компонентов приготовляют и испытывают образцы клея на сжатие (ГОСТ 4651—82). Образцы изготовляют в стальных формах (рис. 5.10) на

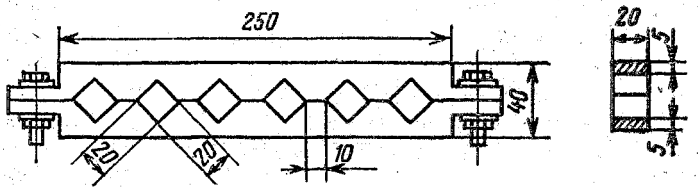


Рис. 5.10. Форма для изготовления образцов клея

стеклянном поддоне. При этом формы наполняют самотеком без уплотнения. Образцы выдерживают при температуре 20 °С в течение 3 сут. После извлечения образцов из формы верхнюю грань их шлифуют. Одновременно на сжатие испытывают не менее пяти образцов. Для испытания следует применять гидравлический пресс малой мощности, позволяющий определить прочность клея с погрешностью до 1 %.

Допустимым к производству следует считать клей, показавший при сжатии прочность не менее 50 000 кПа (500 кгс/см²).

Для контроля качества приклейки на фундаменте устанавливается не менее трех образцов для испытаний. Испытания могут быть проведены с помощью гидравлического пресс-насоса системы И. В. Вольфа или гидравлического домкрата со специальным приспособлением.

Удовлетворительное качество работ определяется средним сцеплением при сдвиге:

$$\tau = \frac{P}{F} \geqslant 6000 \text{ кПа } (60 \text{ кгс/см}^2), \qquad (5.5)$$

где τ — среднее сцепление на контакте клей—металл, кПа (кгс/см²); P — максимальная нагрузка, Н (кгс); F — площадь склеивания, см².

Установка и выверка электрических машин на бетонных фундаментах может производиться на пакетах металлических подкладок, клиньях, клиновых домкратах или винтовых устройствах, устанавливаемых под фундаментные плиты. Эти установочные приспособления необходимы для выверки (центровки) и обеспечения горизонтального положения фундаментных плит, а также для регулировки высотных отметок устанавливаемых машин. После монтажа и подливки фундаментных плит бетонной смесью пакеты металлических подкладок и клиньев остаются в бетоне подливки и являются несущими элементами. Клиновые домкраты и винтовые устройства после подливки оборудования бетонной смесью извлекают из-под фундаментной плиты, поэтому такой метод монтажа называется бесподкладочным. При этом методе монтажа несущим опорным элементом является сама бетонная подливка, которая выполняется жесткими бетонными смесями, содержащими пластифицирующие добавки. В этом случае значительно увеличивается площадь контакта основания оборудования с подливкой, что способствует повышению общей прочности сцепления оборудования с фундаментом.

Установка фундаментных плит на пакетах металлических подкладок и клиньях. На закладные детали или подготовленные горизонтальные площадки укладывают металлические подкладки или клинья так, чтобы их об-

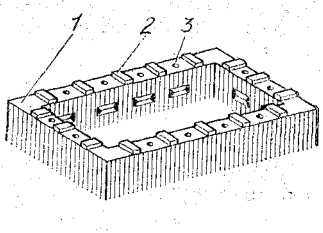


Рис. 5.11. Фундамент под электрическую машину с уложенными на нем подкладками:

1 — фундамент; *2* — подкладка; *3* — анкерный колодец

щая высота составляла 50—100 мм. В пакете клинья могут применяться в сочетании с подкладками. Число деталей в пакете на одну опору по высоте не должно быть более трех. Клинья должны быть парные с уклоном не более 1 : 25. Пакеты клиньев и подкладок устанавливают под ребра жесткости с обеих сторон анкерного болта, в местах сосредоточенных нагрузок (подшипниковые стояки), а также в других местах с интервалом 800—1000 мм (рис. 5.11); они должны выступать из-под фундаментной

плиты с обеих сторон на 25—35 мм. Ширина клиньев и подкладок 50—100 мм.

При монтаже приводных электродвигателей их выверка по высоте и в плане производится в процессе центровки.

Для определения горизонтальности фундаментных плит преобразовательных агрегатов, синхронных компенсаторов и двигателей, установленных на одной плите с технологическим оборудованием, т. е. машин, не требующих центровки при монтаже, целесообразно использовать гидростатический уровень, состоящий из резинового шланга со вставленными на концах стеклянными трубками с делениями, наполненными жидкостью. В качестве жидкости предпочтение следует отдать керосину. При измерениях стеклянные трубки прикладывают к торцам фундаментной плиты, причем уровень жидкости в одной трубе должен совпадать с верхней плоскостью фундаментной плиты, а уровень во второй трубке устанавливается на том же уровне по закону сообщающихся сосудов.

Расстояние от уровня второй трубки до верхней плоскости второго конца плиты показывает, на сколько надо поднять или опустить данную сторону плиты (рис. 5.12).

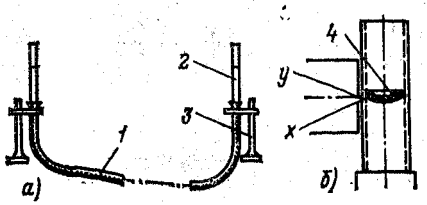


Рис. 5.12. Уровень гидростатический:

а — конструкция; *б* — измерение; *1* — трубка резиновая (медицинская); *2* — трубка стеклянная; *3* — штатив; *4* — пояс натяжения (меникс); *x* — контрольная точка уровня; *y* — интересующая нас точка на машине

Для этих же целей можно использовать монтажную линейку вместе с уровнем.

Установка фундаментных плит на клиновых домкратах и винтовых устройствах. Количество установочных приспособлений выбирают из условия установки их у анкерных болтов и в местах сосредоточенных нагрузок с таким расчетом, чтобы отношение суммарной грузоподъемности установочных приспособлений к монтажной массе оборудования был не менее 1,5, а количество их не менее 4 шт.

На рис. 5.13 показан клиновой домкрат с техническими характеристиками:

Грузоподъемность, кН	100 (10 тс)
Высота подъема, мм	10
Усилие на ключе, Н (при длине ключа 300 мм)	390 (39 кгс)
Размеры, мм:	
длина	400
ширина	100
высота	80
масса, кг	15

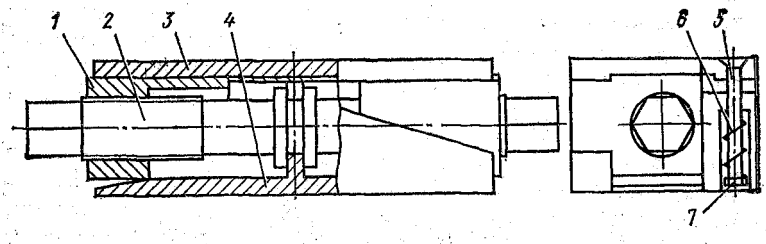


Рис. 5.13. Домкрат клиновой:

1 — клин; *2* — винт; *3* — опора верхняя; *4* — опора нижняя; *5* — винт; *6* — пружина; *7* — гайка

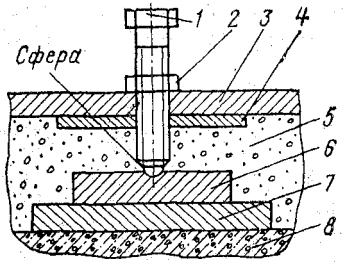


Рис. 5.14. Устройство винтовое:

1 — винт; *2* — контргайка; *3* — фундаментная плита; *4* — накладка; *5* — подливка бетонная; *6* — пластина упорная; *7* — подкладка опорная; *8* — фундамент

На неподвижном основании домкрата установлены два подвижных клина с винтом, имеющим ходовую резьбу, который сводит и разводит подвижные клинья в осевом направлении. При перемещении винтом подвижных клиньев верхнее основание домкрата поднимается строго вертикально, не создавая при этом никаких сдвигающих усилий на основание оборудования. Перед началом выверки оборудования домкрат следует установить так, чтобы он имел запас хода в обе стороны.

При монтаже на винтовых устройствах (рис. 5.14) выверку оборудования по осям в плане производят при минимально вывернутых винтах, что значительно повышает

их жесткость, после чего производят его выверку по высоте и горизонтали путем вывертывания винтов.

Фундаментная плита установленной и выверенной машины должна опираться на все установочные приспособления. Проверку производят щупом. Точность установки (не более 0,03 мм/м) проверяют гидростатическим уровнем или поверочной монтажной линейкой и уровнем.

После окончательной выверки положение фундаментной плиты фиксируют частичной затяжкой гаек анкерных болтов стандартными гаечными ключами без надставок. Затем домкраты ограждают опалубкой, устанавливают общую опалубку и подливают плиту бетонной смесью. Винтовые устройства ограждать не следует, так как они легко вывертываются из бетона при их смазке солидолом. После достижения бетоном подливки прочности не менее 5000 кПа (50 кгс/см^2) домкраты с опалубкой удаляют, а образовавшиеся ниши заполняют бетонной смесью того же состава, что и смесь подливки. Когда бетон достигает прочности не менее 12 000 кПа (120 кгс/см^2), но не ранее чем через 4 сут после подливки, окончательно затягивают гайки анкерных болтов. До этого никакие работы, которые могут вызвать смещение оборудования, производить не следует.

Монтаж машин, прибывших в разобранном виде. После выверки фундаментных плит в местах установки стояков подшипников устанавливают металлические прокладки, а для изолированных подшипников также и изоляционные прокладки. Количество прокладок определяет завод-изготовитель электрической машины и указывает в установочных чертежах. Прокладки должны выступать не менее чем на 5 мм за опорную поверхность стояков. Подшипниковые стояки устанавливают таким образом, чтобы контрольные шпильки совпадали с отверстиями под них в плитах, потом их крепят болтами для изолированных подшипников с изолированными втулками и шайбами. После крепления стояков к фундаментной плите следует проверить установку фундаментных плит по оси вала. Для этого на полости разъема стояков *5* (рис. 5.15) устанавливают металлические пластины *4* шириной около 200 мм с нанесенными на них по оси подшипника рисками *2*. По отвесам *3*, опущенным с визирной струны *1*, имитирующей осевую линию вала, закрепленной на оседержателе *7*, устанавливают стояки так, чтобы острия отвесов были в створе с осевыми линиями *6* под-

шипников. Для того чтобы положение подшипниковых стояков было одновременно зафиксировано как в продольном, так и в поперечном направлении вала, опускают по два отвеса на осевые линии.

Сопротивление изоляции изолированных стояков после затяжки крепежных болтов, измеренное мегаоммет-

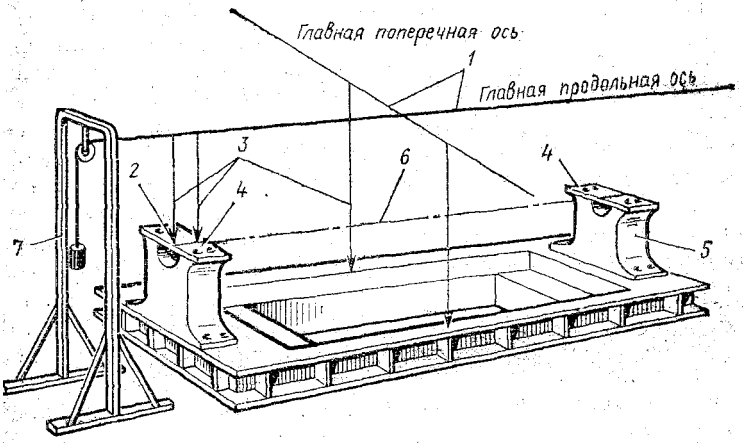


Рис. 5.15. Проверка положения фундаментных плит по осям валов после установки подшипниковых стояков

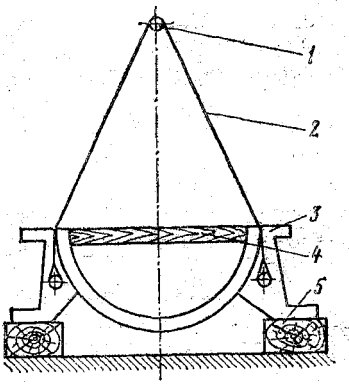


Рис. 5.16. Строповка нижней половины статора:

1 — крюк крана; *2* — строп; *3* — полустанина нижняя; *4* — брус распорный; *5* — шпала

ром на напряжение 1000 В, должно быть не менее 1 мОм.

После проверки подшипников на предусмотренные чертежом места устанавливают разгрузочные домкраты и приступают к установке и выверке нижней половины статора, которую стропят так, как это показано на рис.

5.16. При выверке нижней половины статора добиваются равенства всех размеров, показанных на рис. 5.17. Регулировку по высоте производят установкой прокладок под лапы станины. Потом с помощью специальной траверсы устанавливают ротор (якорь), производят его центровку с приводным механизмом и приступают к установке верхней половины статора, которую устанавливают по заводским контрольным шпилькам. В пазы статора укладывают недостающую обмотку, соединяют ее, паяют, изолируют, бандажируют и измеряют изоляцию обмотки. Затем устанавливают снятые полосы и измеряют сопротивление изоляции их обмоток.

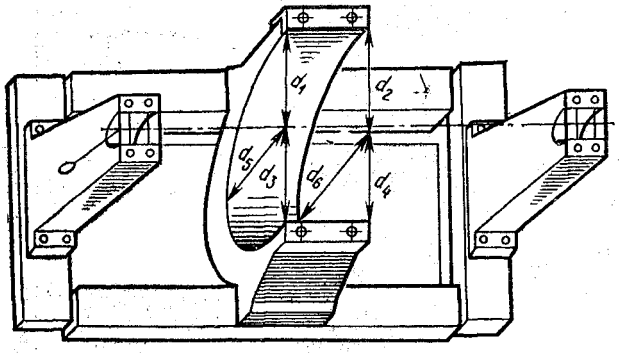


Рис. 5.17. Выверка нижней половины статора по главной оси

Если статор не разъемный, то один стояк устанавливают после ввода ротора в статор. Ввод ротора в статор является сложной монтажной операцией. Из-за относительно малого воздушного зазора между статором и ротором при неосторожном или неправильном выполнении этой операции можно повредить сердечники и обмотки статора и ротора.

Способ ввода ротора выбирают в зависимости от конструкции машины, наличия подъемно-транспортных средств и приспособлений. Статор может иметь расточку, нижняя отметка которой расположена ниже плоскости фундаментной плиты. В этом случае статор приподнимают на необходимую высоту и устанавливают на шпалы.

Перед вводом ротора в статор нижнюю часть расточки статора выстилают электрокартоном, иногда поверх его укладывают изогнутый по форме расточки статора

стальной лист. Затем стропят ротор за бочку, предварительно обернув ее резиновым ковриком или подложив доски, вывешивают его так, чтобы он принял горизонтальное положение, и при помощи крана вводят его в расточку статора. Во время ввода положение ротора относительно статора должно быть отрегулировано так, чтобы зазоры между сталью ротора и статора были визуально равномерными.

Ротор подвигают до тех пор, пока конец вала не выйдет за пределы статора. Потом его опускают на брусья, балки и производят перестроповку. Застропив ротор за

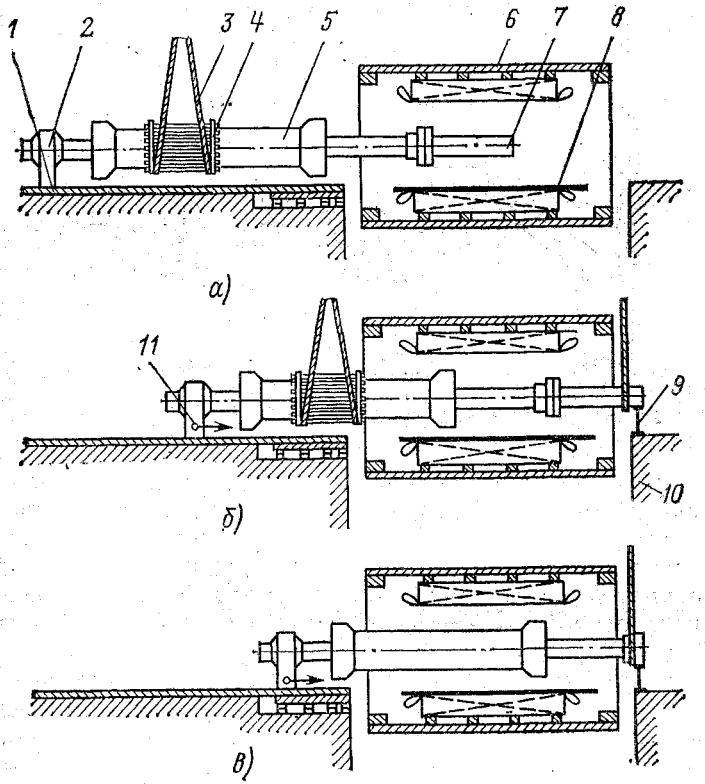


Рис. 5.18. Схема ввода ротора в статор с удлинителем вала:

а — начало ввода; *б* — перестроповка ротора; *в* — окончание ввода; *1* — лист металлический; *2* — подшипник; *3* — трос; *4* — резиновый коврик или деревянный мат; *5* — ротор; *6* — статор; *7* — удлинитель вала; *8* — электрокартон; *9* — двутавровая балка или вымостка из шпал; *10* — фундамент; *11* — места строповки тали

вал, его укладывают в подшипники. Если длина вала ротора недостаточна для того, чтобы конец вала вышел за пределы расточки статора, вал наращивают удлинителем. Способ ввода ротора в статор с удлинителем показан на рис. 5.18.

Если ротор введен в приподнятый статор, то его опускают на расточку статора. Стропят статор и вместе с

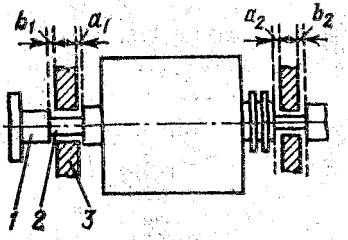


Рис. 5.19. Проверка осевого разбега вала:

1 — вал; *2* — шейка вала; *3* — торцы вкладышей; *а, б* — зазоры

ротором приподнимают, вынимают шпалы из-под лап. Весь груз медленно опускают и вал ротора укладывают в подшипники. Пользуясь отжимными винтами в лапках станины, статор приподнимают и под лапы станины устанавливают регулировочные прокладки.

Если грузоподъемность крана не позволяет одновременно поднимать статор и ротор, то поочередно стропят за одну сторону и удаляют шпалы.

Тяжелые роторы большой длины вводят в расточку статора с помощью специальных тележек, поставляемых заводами вместе с машиной.

После установки статора и ротора проверяют осевой разбег вала, т. е. зазоры между заточками шеек вала и торцами вкладышей подшипников (рис. 5.19). Они задаются заводами-изготовителями. При отсутствии данных завода следует руководствоваться следующим: разбег вала при диаметре его шеек до 200 мм должен находиться в пределах 2—4 мм, а при диаметре шеек выше 200 мм — около 2 % диаметра шейки вала.

Регулировку осевых зазоров производят перемещением подшипниковых стояков.

5.2. Соединение и центровка электрических машин с механизмами

Соединение валов электрических машин между собой или с валами приводных машин осуществляется муфтами различных типов и может быть жестким, полужестким или эластичным (гибким) (рис. 5.20).

Перед насадкой полумуфт на вал проверяют соответствие посадочных размеров отверстия в ступице полумуфты диаметру конца вала, отсутствие конусности (если это не предусмотрено конструкцией) и эллипсоидности. Отверстие в ступице полумуфты измеряют микрометри-

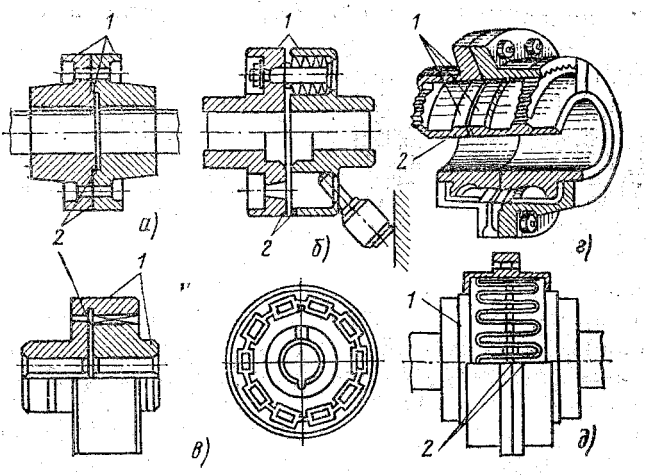


Рис. 5.20. Типы полумуфт:

а — жесткая поперечно-свертная; *б* — втулочно-пальцевая; *в* — упругая с резиновыми пластинами; *г* — зубчатая; *д* — переменной жесткости (пружинная); *1, 2* — точки измерения радиального и осевого биения

ческим нутромером, а диаметр конца вала — микрометрической скобой. По этим измерениям определяют натяг, который задается заводом-изготовителем машины; при отсутствии этих данных натяг при горячей посадке можно принять 0,08—0,1 мм на каждые 100 мм диаметра вала.

Перед насадкой полумуфт посадочный конец вала и отверстие в ступице тщательно очищают, удаляют заусенцы и шероховатости, подгоняют шпонки и смазывают маслом.

Шпонка должна плотно размещаться в канавке, а ее высота должна быть такой, чтобы между ее верхней плоскостью и дном канавки был небольшой зазор.

Небольшие полумуфты с призматической шпонкой в холодном состоянии насаживают вручную равномерны-

ми ударами кувалды через медную или алюминиевую прокладку.

У двигателей с коническим концом вала в торце вала предусмотрено резьбовое отверстие, и коническая полумуфта насаживается на вал путем завертывания болта.

При горячей посадке полумуфт применяют следующие виды нагрева: индукционный с применением токов промышленной частоты (50 Гц), газовыми и другими горелками или в маслянных ваннах.

Нагревают полумуфту вблизи вала, на который она должна быть насажена, а тяжелые — в подвешенном состоянии после центровки по валу. После насадки полумуфты необходимо зафиксировать ее положение на валу. Для удобства посадки перед нагревом на полумуфту надевают жесткий хомут с двумя ручками.

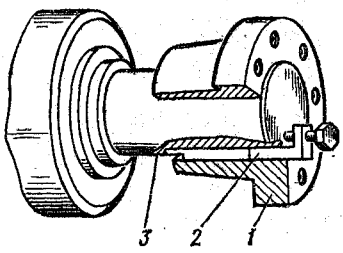


Рис. 5.21. Шпонка временная для насадки полумуфт:

1 — полумуфта; *2* — шпонка временная; *3* — вал

Когда полумуфта фиксируется на валу тангенциальной клиновой шпонкой, ее устанавливают после посадки полумуфты. Для правильного направления шпоночного паза ступицы в паз вала устанавливают временную призматическую шпонку небольшой длины ($^1/_3$ длины шпоночного паза) с заплечиком и нарезным отверстием для болта (рис. 5.21). Заплечик делают для того, чтобы не затянуть ее в шпоночный паз при насадке полумуфты. Удаляют временную шпонку с помощью болта.

После охлаждения полумуфты проверяют ее торцевое и радиальное биение (рис. 5.22). Для проверки торцевого биения в диаметрально противоположных точках торца полумуфты (рис. 5.22, *а*) на расстоянии 5—10 мм от краев устанавливают два индикатора часового типа *I* и *II*. Разделив окружность на восемь частей, плавно поворачивают вал и последовательно записывают показания индикаторов, включая повторные измерения в точках *1—5*. Если индикаторы не были сдвинуты во время измерений, то результаты первых и последних измерений в точках *1—5* должны совпадать. В противном случае измерения следует повторить.

Применение двух индикаторов автоматически исключает влияние осевого перемещения ротора при определении биения. Пример записи показаний индикаторов приведен в табл. 5.3.

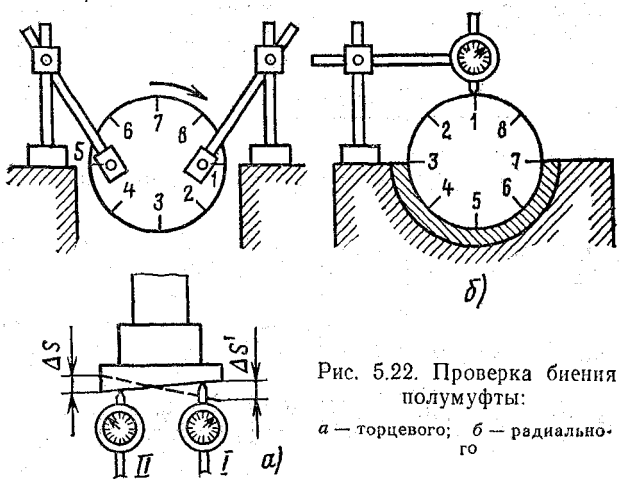


Рис. 5.22. Проверка биения полумуфты:

а — торцевого; *б* — радиального

Таблица 5.3. Запись показаний индикаторов при измерении торцевого биения

Номера точек		Показания индикаторов		Биение полумуфты, мкм
индикатор 1	индикатор 2	1	2	
1	5	0	0	0
2	6	+2	−2	2
3	7	+4	−4	4
4	8	+6	−6	6
5	1	+8	−8	8
6	2	+16	+4	6
7	3	+14	+6	4
8	4	+12	+8	2
1	5	+10	−10	0

Биение торца полумуфты численно равно половине алгебраической разности показаний индикаторов. Знак плюс обозначает выпуклость поверхности в точке измерения.

Для измерения радиального биения полумуфты индикаторы устанавливают в вертикальной плоскости (рис.

5.22, *б*). На муфтах, имеющих замки, биение проверяют как по периферии, так и по замкам. Места установки индикаторов на полумуфтах различных типов показаны на рис. 5.20.

Допустимые биения различных полумуфт приведены в табл. 5.4.

Таблица 5.4. Допустимые торцевые и радиальные биения полумуфты, мм

Тип полумуфты	Частота вращения, об/мин	
	1500—3000	1000 и ниже
Жесткая поперечно-сварная	0,02	0,03
Втулочно-пальцевая и другие с резиновыми пластинами	0,03	0,05
Зубчатая и переменной жесткости	—	0,06

На отдельно стоящих электрических машинах, а также на машинах, к которым будут прицентровываться другие машины, перед центровкой необходимо проверить уклон шеек вала. Измерения производят уровнем с точностью измерения не менее 0,1 мм на 1 м длины. Для измерений уровень устанавливают поочередно на каждую шейку вала. Во избежание ошибки уровнем производят два замера на каждой шейке, переставляя уровень на 180°. Большее показание уровня обозначают n_1, меньшее n_2. Если пузырек уровня при обоих замерах отклонился в одну и ту же сторону от измеряющего, то действительный замер будет равен

$$n = \frac{n_1 + n_2}{2}. \qquad (5.6)$$

Если пузырек отклонился в разные стороны, то действительный замер будет равен

$$n = \frac{n - n_2}{2}. \qquad (5.7)$$

На другой шейке вала замеры производят в том же порядке и полученный результат обозначают m. Разницу в высоте сторон рассчитывают по формуле

$$\Delta h = \frac{n - m}{2} la, \qquad (5.8)$$

где n — измерение на первой шейке вала в делениях уровня; m — то же на второй шейке вала; l — расстояние между осями подшипников, м; a — цена деления уровня, мм/м.

Линию вала выравнивают подъемом одной стороны вала ротора прокладками, устанавливаемыми под стояком подшипника. Высоту подъема контролируют уровнем, размещенным на валу ротора.

Пример. Расстояние между осями подшипников двигателя $l=2{,}85$ м. Цена деления валового уровня $a=0{,}1$ мм/м. Показания уровня: $n=+4$ деления (правая сторона), $m=-0{,}5$ деления (левая сторона).

Определить, какую сторону необходимо поднять или опустить, чтобы вал двигателя оказался в горизонтальном положении:

$$\Delta h = \frac{n-m}{2} la = \frac{+4-(-0{,}5)}{2} 2{,}85 \cdot 0{,}1 = 0{,}64 \text{ мм}.$$

Следовательно, левую сторону необходимо поднять на 0,64 мм.

Центровка валов сводится к тому, что соответствующей установкой фундаментных плит и подшипников агрегата добиваются, во-первых, параллельности торцов соединяемых полумуфт и, во-вторых, совпадения центров вращения этих полумуфт.

В практике электромонтажного производства применяют следующие способы центровки валов: при помощи одной пары радиально-осевых скоб по полумуфтам; машин с одноопорным валом; способом обхода одной точкой; по струне; при помощи двух пар радиально-осевых скоб. При монтаже наиболее широко применяется центровка валов при помощи одной пары радиально-осевых скоб. При всех способах центровки приспособления для центровки должны быть жесткими.

Предварительную проверку совпадений линии валов производят при помощи щупа и линейки. Линейку накладывают на обод одной полумуфты и щупом измеряют радиальный и осевой зазоры. Такой замер производят в четырех местах по концам двух взаимно перпендикулярных диаметров полумуфты по предварительно нанесенным рискам. При правильном взаимном расположении валов радиальные зазоры при одинаковых диаметрах полумуфт должны равняться нулю, а осевые зазоры должны быть равны между собой и отличаться не более чем на 0,01 мм на каждые 100 мм диаметра вала.

Профиль сечения линейки, применяемой при центровке, имеет форму клина. Толщина его лезвия 0,2 мм, длина линейки 100—300 мм. Наиболее узкая рабочая грань и две смежные с ней пришабрены. Можно использовать любую другую металлическую линейку с пришабренными гранями.

Центровка валов при помощи одной пары радиально-осевых скоб. Скобы для центровки изготовляют из стали любой марки. Их устанавливают на полумуфты так, чтобы можно было одновре-

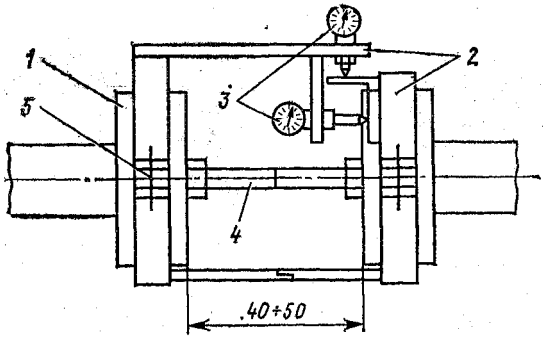


Рис. 5.23. Установка пары радиально-осевых скоб для центровки валов:
1 — полумуфта; *2* — скоба; *3* — индикатор часового типа; *4* — болт; *5* — болтовое крепление

менно измерять радиальные и осевые зазоры при различных положениях вала (рис. 5.23). Внешнюю скобу устанавливают на полумуфте выверенной машины. Чтобы вращать оба центрируемые ротора одновременно, одна скоба должна заходить в зацепление с другой. Валы раздвигают и устанавливают их так, чтобы расстояние между валами соответствовало установочному чертежу с учетом осевого разбега вала электродвигателя. Для того чтобы это расстояние в процессе центровки оставалось неизменным, между валами по их центрам вставляют болт с гайкой или встречные деревянные клинья. Длина болта должна быть на 3—5 мм меньше выбранного расстояния между валами. Отвинчивая гайку, раздвигают валы. Такое положение валов должно оставаться неизменным в процессе всей центровки. Если валы будут проворачиваться вручную, на один из них в удобном для

проворачивания месте устанавливают приспособление для поворота. Для того чтобы приспособление не скользило по валу, под него подкладывают наждачную бумагу, сложенную вдвое, рабочей стороной наружу (рис. 5.24).

После установки всех приспособлений обязательна проверка надежности их закрепления.

При измерениях оба вала одновременно поворачивают от исходного 0° на 90, 180 и 270° в направлении вращения приводного двигателя и записывают показания

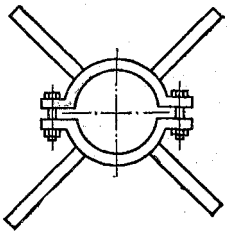


Рис. 5.24. Приспособление для проворачивания валов вручную

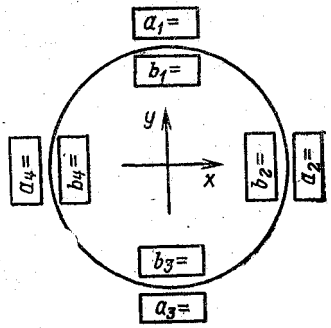


Рис. 5.25. Запись результатов измерений при центровке валов одной парой радиально-осевых скоб

индикаторов в этих четырех положениях. Запись результатов измерений производят так, как показано на рис. 5.25, где a_1—a_4; b_1—b_4 — соответственно радиальные и осевые показания индикаторов при углах поворота 0, 90, 180 и 270°. Такой порядок записи принят условно, если смотреть на торец полумуфты со стороны выверенной машины.

Критерием правильности произведенных измерений является соблюдение следующих равенств: $a_1+a_3=a_2+a_4$ и $b_1+b_3=b_2+b_4$, т. е. каждая сумма радиальных и осевых показаний индикаторов по двум взаимно перпендикулярным диаметрам должна быть одинакова или разница между этими суммами не должна превышать допуска на центровку, который указывается заводом-изготовителем электрической машины. Кроме того, для контроля правильности измерений следует после четырех измерений вновь установить валы в первоначальное по-

ложение (0°), показания индикаторов в этом положении должны соответствовать первоначальным.

Необходимые перемещения фундаментной плиты производят на основании показаний индикаторов. Значение перемещения рассчитывается по формулам:

$$\left.\begin{aligned} y_1 &= \frac{a_1 - a_3}{2} + \frac{b_1 - b_3}{2} \cdot \frac{l_1}{r}; \\ y_2 &= \frac{a_1 - a_3}{2} + \frac{b_1 - b_3}{2} \cdot \frac{l_2}{r}; \\ x_1 &= \frac{a_2 - a_4}{2} + \frac{b_2 - b_4}{2} \cdot \frac{l_1}{r}; \\ x_2 &= \frac{a_2 - a_4}{2} + \frac{b_2 - b_4}{2} \cdot \frac{l_2}{r}, \end{aligned}\right\} \quad (5.9)$$

где x_1 и y_1 — значения соответственно горизонтального и вертикального перемещения подшипника, ближайшего к муфте; x_2 и y_2 — значения соответственно горизонтального и вертикального перемещения второго подшипника; l_1, l_2 — расстояния от середины первого и второго подшипников до торца полумуфты; r — радиус скобы, отнесенный к точке измерений осевого зазора.

Положительные значения x_1 и x_2 соответствуют перемещению вправо, отрицательные — влево; положительные значения y_1 и y_2 — перемещению вверх, отрицательные — вниз.

Однако поскольку пользоваться формулами в условиях монтажа несколько затруднительно, при центровке поступают следующим образом. Одну сумму радиальных и осевых показаний индикаторов делят пополам, таким образом, находят средние значения. Смотрят по записям замеров и перемещением фундаментной плиты, следя по индикаторам, убирают наибольшее или наименьшее показание индикатора, приближая его к среднему. Затем повторяют замеры и опять убирают наибольшее отклонение от среднего. Так продолжают до тех пор, пока показания каждого индикатора во всех четырех точках будут равны или находиться в пределах допуска на центровку.

Центровка валов по полумуфтам. При этом способе центровки для измерения радиальных зазоров применяют скобу *1* (рис. 5.26), которую прикрепляют к полумуфте *5* при помощи болта *2*. В скобу вставляют

индикатор *3*. Несоосность в радиальном направлении измеряют индикатором, а в осевом — щупом между торцами полумуфт. Измерения производят при установке обоих валов *4* роторов в четырех положениях (0, 90, 180 и 270°). При каждом положении измеряют один радиаль-

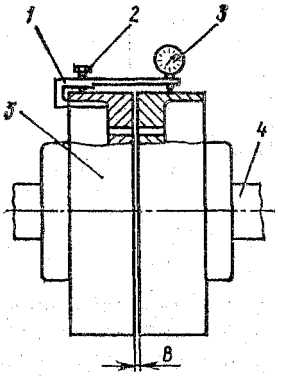


Рис. 5.26. Центровка валов по полумуфтам при помощи одной скобы

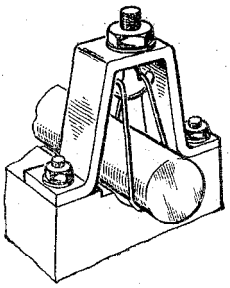


Рис. 5.27. Приспособление для подъема валов при выкатке вкладышей

ный и четыре осевых зазора. Осевые зазоры измеряют при каждом положении полумуфт в четырех точках по концам двух перпендикулярных диаметров по предварительно нанесенным рискам. Результирующие осевые зазоры равняются среднему значению зазора в данной точке, т. е.

$$\left.\begin{aligned} b_1 &= \frac{b_1^{\mathrm{I}} + b_1^{\mathrm{II}} + b_1^{\mathrm{III}} + b_1^{\mathrm{IV}}}{4}; \\ b_2 &= \frac{b_2^{\mathrm{I}} + b_2^{\mathrm{II}} + b_2^{\mathrm{III}} + b_2^{\mathrm{IV}}}{4}; \\ b_3 &= \frac{b_3^{\mathrm{I}} + b_3^{\mathrm{II}} + b_3^{\mathrm{III}} + b_3^{\mathrm{IV}}}{4}; \\ b_4 &= \frac{b_4^{\mathrm{I}} + b_4^{\mathrm{II}} + b_4^{\mathrm{III}} + b_4^{\mathrm{IV}}}{4}. \end{aligned}\right\} \qquad (5.10)$$

Критерием правильности произведенных измерений осевых зазоров при каждом из четырех положений рото-

ра является равенство сумм по вертикальному диаметру. Это равенство относится также и к результирующим зазорам. Для определения перемещения фундаментной плиты используют показания индикатора и результирующие зазоры.

Центровка машин с одноопорным валом. Прицентровываемый (одноопорный) вал одним концом опирается на свой подшипник, а другим на поясок соединительной полумуфты, так как в этом случае валы между собой соединяются полумуфтами (см. рис. 5.20). Между торцами полумуфт оставляют зазор 1—2 мм. При центровке полумуфты соединяют временными болтами, диаметр которых несколько меньше, чем диаметр болтов муфты. Затем производят центровку по полумуфтам и временные болты по одному заменяют постоянными. После затяжки постоянных болтов производят проверку центровки, так как она может быть нарушена в результате неравномерной затяжки.

Для проверки со стороны подшипника на шейке вала устанавливают два индикатора: один в вертикальной, а другой в горизонтальной плоскости, прикрепив их к подшипнику, и отмечают показания индикатора, установленного в вертикальной плоскости. Затем при помощи приспособления (рис. 5.27) приподнимают конец вала, извлекают нижний вкладыш подшипника и возвращают конец вала в прежнее положение; индикатор, установленный в вертикальной плокости, должен дать прежнее показание. Поворачивая ротор на 0, 90, 180, 270°, измеряют биение конца вала по индикатору, установленному в горизонтальной плоскости.

Правильность центровки и соединения полумуфт определяют по биению конца вала, которое должно соответствовать техническим условиям завода-изготовителя, а при их отсутствии могут быть приняты следующие значения:

Частота вращения, об/мин	1000	100—1500	1500—3000
Допустимое биение, мм	0,15—0,20	0,12—0,15	0,05—0,08

Центровка по струне. Центровку вала двигателя с валом приводного механизма, соединенных между собой промежуточным валом без собственных подшипников, производят по струне (рис. 5.28). Для этого на полумуфтах двигателя и приводного механизма устанавливают два стальных угольника, внешние стороны

которого простроганы под углом 90°. Угольники крепят одной стороной к торцевым плоскостям полумуфты, а по другим натягивают визирную струну из стальной проволоки диаметром 0,3—0,5 мм.

Между струной и угольниками замеряют угловое и боковое смещения. При поворотах валов струну следует снимать.

Центровка способом обхода одной точкой. Когда один вал не может поворачиваться при цен-

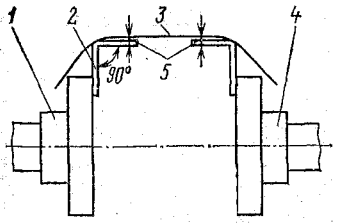


Рис. 5.28. Центровка валов по струне:

1 — вал двигателя; *2* — угольник; *3* — визирная струна; *4* — вал редуктора клети; *5* — места замера зазора

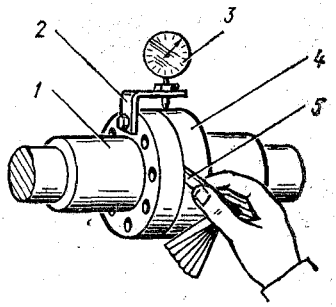


Рис. 5.29. Центровка валов методом обхода одной точкой:

1 — полумуфта двигателя; *2*—центровочная скоба; *3* — индикатор; *4* — полумуфта приводного механизма; *5* — щуп

тровке, зазоры между валами измеряют при вращении одного вала (рис. 5.29). Для этого на полумуфте вращающего вала крепят центрующую скобу. Центровку ведут обходом другой полумуфты одной точкой. Боковое смещение измеряют индикатором на ободе другой полумуфты. Угловое смещение измеряют щупом между торцами полумуфт. Валы при этом должны быть заперты упорами.

Подливка фундаментных плит электрических машин бетонной смесью. Не позднее чем через 2 сут после центровки и оформления соответствующей документации электрическую машину подливают, т. е. зазор между фундаментной плитой и фундаментом заполняют бетонной смесью, иногда фундаментную плиту заливают полностью до верхней плоскости. Перед этим поверхность фундамента очищают, продувают и увлажняют. Толщина слоя подливки должна быть 50—100 мм. При наличии

на фундаментной плите ребер жесткости зазор принимают от их нижней отметки. Подливку производят вибрационным способом при температуре окружающего воздуха 5÷20 °С, при более низких температурах бетон подливки подогревают электроподогревом или пропариванием. Подачу смеси производят без перерыва с одной стороны фундаментной плиты до ее выхода с противоположной. Уровень смеси со стороны подачи должен превышать уровень подливаемой поверхности не менее чем на 100 мм. Предварительно, для удаления избыточного воздуха, перед подачей в подливаемую плоскость бетонную смесь следует провибрировать.

Непрерывное вибрирование смеси при подливке производят вибраторами с гибким валом. Вибрирование бетонной смеси прекращают после выхода ее с противоположной стороны и заполнения всего пространства, ограниченного опалубкой.

Для контроля качества бетона подливки и скорости его твердения из той же бетонной смеси изготовляют двенадцать образцов размером 100×100×100 мм. Девять образцов оставляют вблизи электрической машины для определения фактической прочности бетона на 4, 7, 14-е сутки твердения, а три образца отправляют в строительную лабораторию для определения марочной прочности бетона. Осадка стандартного конуса бетонной смеси и раствора должна быть не более 3 см.

Состав и приготовление бетона подливки. При бесподкладочном методе монтажа для приготовления бетонной смеси подливки обычно применяют следующие материалы: портландцемент обычный, пластифицированный или гидрофобный марки не ниже 300 по ГОСТ 10178—76*; щебень или гравий 5—10 мм и 5—20 мм по ГОСТ 10268—80. Наибольший размер фракции крупного заполнителя должен составлять $^1/_3$ высоты подливочного слоя, но не более 25 мм; песок для строительных работ с модулем крупности $M_к$=1,5÷3,5 мм, с количеством пылевидных или илистых частиц не более 5 % по массе по ГОСТ 8737—77*.

Подливку оборудования цементно-песчаным раствором производят при отсутствии в районе монтажа крупного заполнителя, если доставка его из другого района экономически нецелесообразна, или в случае некондиционности крупного заполнителя, например сильной загрязненности.

Для повышения подвижности в бетонную смесь рекомендуется вводить пластифицирующие добавки СДБ (сульфитно-дрожжевая бражка), СНВ (смола нейтрализованная воздухововлекающая). Дозировка пластифицирующей добавки СДБ принимается 0,15—0,3 %, а СНВ — 0,01 % массы цемента.

При использовании пластифицированного цемента в смесь вводят только добавку СНВ, а при использовании гидрофобного цемента только добавку СДБ.

Для лучшей пластификации пластифицирующие добавки двух противоположных видов вводят в бетонные (растворные) смеси раздельно. Смеси приготовляют в следующем порядке: вначале с большим количеством воды (около $^2/_3$ объема) вводят добавку СДБ, после чего смесь перемешивают до однородности, а затем доливают оставшуюся часть воды с добавкой СНВ и смесь вновь перемешивают до достижения однородности.

Примерный расход материалов для приготовления 1 м³ бетонной смеси при подливке фундаментных плит электрических машин, кг:

Для бетона на щебне

Цемент	325
Песок (мелкого)	770
Щебень	1140
Вода	178
СДБ	0,2 % массы цемента
СНВ	0,01 % массы цемента

Для бетона на гравии

Цемент	275
Песок	635
Гравий	1345
Вода	151
СДБ	0,2 % массы цемента
СНВ	0,01 % массы цемента

Для цементно-песчаного раствора

Цемент	400
Песок	1800
Вода	176
СДБ	0,2 % массы цемента
СНВ	0,01 % массы цемента

Пригонка вкладышей. После соединения валов приступают к пригонке вкладышей. Небольшие царапины и шероховатости на рабочей поверхности вкладыша удаляют гладилкой. Площадь соприкосновения нижнего

вкладыша проверяют при помощи краски, а затем по следам сухого трения шейки вала о вкладыш. Краску приготовляют из сурика, синьки или голландской сажи, смешивая их с маслом. Краску наносят на шейку вала тонким слоем, так как жирный слой будет затушевывать не только места, требующие шабровки, но и те, которые шабровки не требуют. После нанесения краски вал опускают на вкладыши и поворачивают на один-два оборота. Выступающие места на рабочей поверхности вкладыша при этом покрываются пятнами краски. Затем вал поднимают, выкатывают вкладыши и снимают шабером краску. Более тонкую доводку поверхности производят по следам сухого трения, т. е. без смазки шейки вала краской. Для этого вал вытирают насухо, опускают на вкладыш и проворачивают, после этого выступающие части вкладыша имеют блестки, которые удаляют шабером.

После пришабровки вкладышей приступают к измерению зазоров в подшипниках в соответствии с формуляром завода-изготовителя машины. В недоступных для измерения местах зазоры определяют с помощью оттисков. Для этого свинцовую проволоку диаметром 1—1,5 мм укладывают в места, размер которых необходимо измерить, собирают подшипник и обжимают его крышку болтами. Затем крышку снимают, разбирают подшипник и измеряют микрометром толщину получившихся свинцовых пластин.

Пригонка и регулировка подшипников высокочастотных генераторов (ВЧ). Подшипники ВЧ-генераторов (рис. 5.30) называют подшипниками с сегментными вкладышами. Вкладыши *2* (верхний и нижний) состоят из отдельных сегментов *6*, каждый из которых имеет баббитовую наплавку (подушку). Сегменты могут перемещаться в своих гнездах, что позволяет им самоцентрироваться в некоторых пределах относительно шейки вала. Положение каждого сегмента можно регулировать регулировочными винтами *4*, размещенными в корпусе *1* и упирающимися в сферическое углубление основания сегмента. В радиальном направлении сегменты ограничены в своем перемещении упорами *3*, а в осевом — упорными кольцами *7*, расположенными по торцам общего основания. Эти кольца одновременно являются и лабиринтовыми уплотнениями вкладышей.

Смазка подшипников принудительная. Масло в подшипник подают через полый стопор *5*, ввернутый в корпус верхнего вкладыша, который, кроме того, предотвращает поворачивание вкладышей подшипника на шейке вала при его вращении. Для стока масла из подшипника нижний вкладыш снабжен трубкой *8*. Для того, чтобы обеспечить необходимый зазор между шейкой вала и

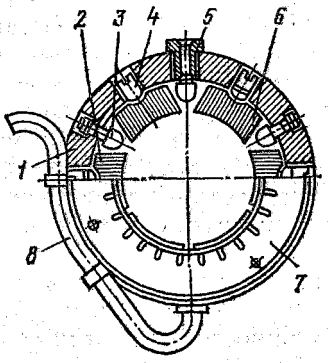


Рис. 5.30. Подшипник с сегментными вкладышами

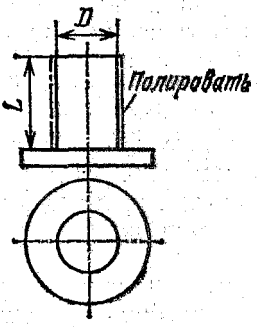


Рис. 5.31. Шаблон (оправка) для пригонки сегментных вкладышей

верхним вкладышем, при ревизии сегментных подшипников проверяют заданные заводом-изготовителем зазоры и производят дополнительную регулировку сегментов, если это окажется необходимым. Проверку и регулировку сегментов относительно шейки вала выполняют на специально изготовленном для этой цели металлическом шаблоне для пригонки сегментных вкладышей (рис. 5.31). Диаметр шаблона *D* должен быть больше фактического диаметра вала на 0,2 мм, а длина *L* больше ширины вкладыша на 50—60 мм. Рабочая поверхность шаблона полируется.

На шаблон накладывают каждый сегмент в отдельности и, прижимая его рукой, поворачивают несколько раз на шаблоне. Выступающие места рабочей поверхности сегмента покрываются пятнами краски. Норма соприкосновения сегмента вкладыша с шаблоном два-три пятна на 1 см^2. При необходимости производят шабровку рабочей поверхности сегментов вкладышей.

После окончательной пришабровки рабочей поверхности сегментов производят сборку вкладышей и регулировку положения сегментов относительно шейки вала. Для регулировки устанавливают верхний и нижний вкладыши на выступ шаблона и скрепляют их шпильками между собой. Если корпуса верхнего и нижнего вкладышей не соединяются вплотную, то ребра лабиринтового уплотнения полуколец снимают шабером в необходимых пределах. Далее с регулировочных винтов снимают пружины, запирающие их, и поворотом винтов устанавливают сегменты так, чтобы они плотно прилегали к поверхности шаблона.

Необходимо учесть, что высокочастотные генераторы имеют малый воздушный зазор между ротором и статором, поэтому при сборке вкладышей подшипников подъем вала необходимо осуществлять только домкратами.

Монтаж ВЧ-преобразовательных агрегатов вертикального исполнения. Агрегаты устанавливают на виброизолирующих опорах на горизонтальный, ровный и рассчитанный на массу преобразователя фундамент без какого-либо крепления к нему.

При перемещении преобразовательного агрегата его стропят только за рым-болты, расположенные на верхнем щите. Поднимать агрегат другими способами категорически запрещается.

До установки агрегата на фундамент разбирают упаковку и снимают его с подставок. Резьбовые отверстия в нижнем щите, оставшиеся после снятия агрегата с подставок, заглушают болтами с пружинными шайбами. Если эти отверстия останутся незакрытыми, возможно попадание внутрь преобразовательного агрегата загрязненного воздуха, что приведет к преждевременному выходу его из строя. Затем закрепляют электромагнит (при его наличии) и выверяют воздушные зазоры. Далее гибкими шлангами к штуцерам подсоединяют напорный и сливной трубопроводы и проверяют герметичность системы охлаждения. Для этого, не закрывая окон для замера зазоров на нижнем подшипниковом щите, испытывают каждую ветвь системы охлаждения давлением 400 кПа (4 кгс/см^2) в течение 2 мин при закрытом выходе и проверяют отсутствие вытекания воды через открытые окна.

Все электрические присоединения, а именно: выводы обмотки статора, выводы рабочей обмотки и обмотки

возбуждения генератора, выводы датчиков контроля и защиты — выполняют только гибкими проводами.

Для проверки горизонтальности положения преобразователя на верхнюю плоскость электромагнита (а при его отсутствии на другое ровное основание) устанавливают уровень. Затем при помощи виброизолирующих опор, которые допускают регулировку по высоте в пределах 10 мм, по уровню добиваются строго горизонтального положения преобразователя.

Выверка воздушного зазора между статором и ротором. Выверку зазоров производят после пригонки вкладышей подшипников. Зазоры измеряют щупом с обеих сторон ротора (якоря): у явнополюсных машин — под каждым полюсом на середине полюсного башмака, а у неявнополюсных машин в четырех точках.

Допустимая разница в воздушных зазорах между наибольшим и наименьшим значениями в процентах среднеарифметического не должна превышать: у асинхронных машин 10 %, у синхронных тихоходных машин с частотой вращения до 250 об/мин 10 %, у синхронных машин с частотой вращения 250 об/мин и выше 5 %, у машин постоянного тока с петлевой обмоткой при зазоре под главным полюсом до 3 мм 10 %, при зазоре выше 3 мм 5 %. У машин с волновой обмоткой эти допуски могут быть увеличены в 2—2,5 раза. Разница зазоров между якорем и дополнительными полюсами должна быть не более 5 %.

Воздушные зазоры регулируют установкой соответствующих прокладок под лапы статора и разворотом его относительно продольной оси.

Измерение воздушных зазоров ВЧ-генераторов. Воздушный зазор разделяет неподвижный статор и вращающийся ротор. Когда ось расточки статора и ось вращения ротора совпадают, воздушный зазор является концентрическим. Параллельное смещение оси ротора называется эксцентриситетом ротора, а воздушный зазор в этом случае — эксцентрическим. Абсолютный эксцентриситет ротора (рис. 5.32) определяют по формуле

$$e_x = \frac{\delta_2 - \delta_1}{2}, \qquad (5.11)$$

где δ_1 и δ_2 — воздушные зазоры между ротором и зубцами статора в одной плоскости x, y.

Относительный эксцентриситет ротора — это абсолютный эксцентриситет ротора в плоскости измерения, отнесенный к среднему зазору:

$$\varepsilon_x = \frac{e_x}{\delta_{ср}}, \text{ где } \delta_{ср} = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2}. \qquad (5.12)$$

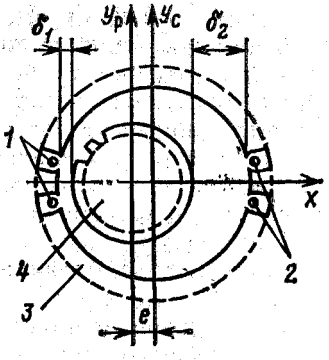


Рис. 5.32. Эксцентриситет ротора относительно статора:

1 и *2* — измерительные катушки; *3* — статор; *4* — ротор; $y_с$ — ось ординат центра статора; $y_р$ — ось ординат центра ротора; e — абсолютный эксцентриситет; δ_1 и δ_2 — воздушные зазоры

С учетом (5.11) уравнение (5.12) принимает вид:

$$\varepsilon_x = \frac{e_x}{\delta_{ср}} = \frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 + \delta_1}. \qquad (5.13)$$

При измерении воздушного зазора между активной сталью статора и ротора, а следовательно, и эксцентриситета ротора обычно пользуются специальным мерительным инструментом — щупом длиной 400—600 мм, имеющим калиброванные пластины с диапазоном измерения 0,2—0,3 мм. Этого недостаточно для измерения воздушного зазора у ВЧ-генераторов, у которых точность установки относительно малого воздушного зазора оказывает значительное влияние на правильность общего монтажа. К точности установки воздушных зазоров предъявляют особые требования. Например, при среднерасчетном воздушном зазоре $\delta_{ср} = 1{,}15$ у генераторов типа ВГО-500-2500 при монтаже эксцентриситет ε допускается равным 0,05. Следовательно, при измерениях допускаемая разница между среднерасчетным и измеренным значениями зазоров составит:

$$\Delta = \delta_{ср}\varepsilon = 1{,}15 \cdot 0{,}05 = 0{,}0575 \text{ мм}. \qquad (5.14)$$

Эта разница, естественно, не может быть измерена теми средствами, которые обычно применяют для изме-

рения воздушных зазоров обычных электрических машин, и поэтому улучшают механические способы измерения воздушных зазоров, а также измеряют воздушные зазоры с помощью электрических приборов на неподвижной машине, находящейся в стадии монтажа.

При первом способе изготовляют более точные щупы для измерения воздушных зазоров с разницей между толщинами калиброванных пластин до 0,05 мм. Но при измерениях такими щупами возможны ошибки по следующим причинам: места измерения могут иметь шероховатость и неровности, а также неравномерный слой окраски активного железа; измерения зависят от субъективных ощущений измеряющего: щуп можно заталкивать в воздушный зазор с различными усилиями и получать различные данные. Поэтому при измерениях щупом активную сталь статора и ротора в местах измерений зачищают от краски и шероховатостей. Измерения проводят с двух сторон генератора: в восьми точках с каждой стороны у генераторов горизонтального исполнения и в четырех — у генераторов вертикального исполнения. Измерение зазоров двигателя и генератора агрегата вертикального исполнения производят щупом в вертикальном положении агрегата в четырех местах при четырех положениях ротора, для чего на верхнем и нижнем подшипниковых щитах предусмотрено по четыре отверстия, закрытые крышками.

При измерении зазора двигателя совмещают отверстия на вентиляторе с отверстиями на верхнем подшипниковом щите, проворачивая ротор. Для проворачивания ротора необходимо, отвинтив пробку на крышке подшипника, ввинтить в центровое отверстие вала болт М20×120 и с помощью ключа повернуть ротор.

Для получения доступа к окнам нижнего подшипникового щита для измерения зазора генератора преобразовательный агрегат устанавливают на специально изготовленную подставку.

Для измерения и контроля симметрии воздушного зазора применяют систему, в которую входят специальные измерительные катушки. Катушки намотаны на диаметрально противоположные зубцы статора в горизонтальной и вертикальной плоскостях и охватывают зубец по всей длине у генераторов мощностью до 500 кВт (ротор короткий) или на половине длины с двух сторон у генераторов большей мощности (ротор длинный). Таким об-

разом, у генераторов до 500 кВт имеется четыре измерительных катушки, а у генераторов большей мощности — восемь. При работе генератора на холостом ходу в измерительных катушках наводится ЭДС, обратно пропорциональная значению воздушного зазора и в основном зависящая от тока возбуждения генератора.

Если в диаметрально противоположных катушках *1* и *2* (см. рис. 5.32) ЭДС равны E_1 и E_2, а $E_1 = 1/\delta_1$, $E_2 = 1/\delta_2$, то справедливо равенство:

$$\frac{E_1 - E_2}{E_1 + E_2} = \frac{1/\delta_1 - 1/\delta_2}{1/\delta_1 + 1/\delta_2} = \frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 + \delta_1} = e_x/\delta_{ср} = \varepsilon_x. \quad (5.15)$$

Таким образом, подключив к измерительным катушкам вольтметр и измерив напряжение, после соответствующего расчета получают относительный эксцентриситет ротора, который после монтажа генератора должен быть не более 0,05. При всех последующих измерениях регулировку воздушных зазоров генератора производят, когда относительный эксцентриситет больше 0,8.

Положенная в основу метода обратно пропорциональная зависимость между напряжением и воздушным зазором действительна только для генераторов с номинальной частотой 1000 и 2500 Гц. Действительный относительный эксцентриситет ротора для генераторов большей частоты получают умножением эксцентриситета на поправочный коэффициент, который для генераторов с номинальной частотой 4000 Гц равен 0,6, для генераторов 8000—10 000 Гц 0,4.

Не все ВЧ-генераторы, находящиеся в эксплуатации, имеют измерительные катушки, которые можно вмонтировать при монтаже или ревизии генератора. В этих случаях измерительные катушки выполняют одновитковыми из провода марки ПСД диаметром 0,35 мм. На провод надевают стеклочулок марки АСЭ4 внутренним диаметром 1 мм. Для генераторов с открытыми рабочими пазами катушку можно заделать и внутрь прокладки. В этом случае прокладку прессуют из восьми слоев стеклоткани толщиной 0,1 мм, пропитанной эпоксидной смолой, и запекают вместе с катушкой.

Сопротивление изоляции катушек относительно корпуса должно быть не ниже 40 мОм. На выходе из паза к концам измерительных катушек припаивают выводные концы из провода марки ПСД диаметром 0,7—0,8 мм, на которые надевают электроизоляционную труб-

ку с внутренним диаметром 2 мм. Места соединения выводных концов с катушками изолируют стеклолентой. Выводные концы выводят на выводы теплоконтроля.

У вращающихся генераторов проверку воздушных зазоров при помощи измерительных катушек производят в следующем порядке.

Обмотку возбуждения генератора (ОВГ) шунтируют сопротивлением гашения. Запускают агрегат и доводят его частоту вращения до номинальной, подают в ОВГ ток не более половины номинального, измеряют ЭДС на каждой диаметрально расположенной катушке, определяют абсолютный и относительный эксцентриситеты и воздушные зазоры по формулам, приведенным выше.

На неподвижной машине проверку воздушных зазоров производят милливеберметром типа М-119. Особенностью его является подвод тока к его подвижной рамке, осуществляемый при помощи безмоментных спиралей, в связи с чем при отсутствии тока в рамке последняя может занимать любое произвольное положение. В случае использования милливеберметра, так же как и в рассмотренном выше способе, применяют измерительные катушки, уложенные в диаметрально противоположные пазы статора. При включении и выключении тока возбуждения в измерительных катушках наводится ЭДС, вследствие чего подвижная рамка милливеберметра поворачивается на угол, пропорциональный магнитному потоку, пересекающему витки измерительных катушек.

Порядок операций при измерениях милливеберметром следующий: обмотку возбуждения шунтируют сопротивлением гашения, устанавливают в ОВГ ток, равный половине номинального, поворачивают ротор так, чтобы его зубцы находились против зубцов статора, на которые наложены измерительные катушки (рис. 5.33).

Устанавливают стрелку милливеберметра посредине шкалы, подключают прибор к выводам катушки, например *1*, отключают ток возбуждения и записывают показания прибора по максимальному углу поворота рамки. Включают ток возбуждения и убеждаются в том, что максимальный угол поворота рамки не изменился, аналогично повторяют измерения на диаметрально противоположной катушке *3*, определяют относительный эксцентриситет по формуле

$$\varepsilon = \frac{C_1 - C_3}{C_1 + C_3}, \qquad (5.16)$$

где C_1, C_3 — показания прибора в делениях шкалы при измерении ЭДС соответственно в катушках *1* и *2* (см. рис. 5.33).

Затем определяют относительный эксцентриситет в другой плоскости, например на катушках *2* и *4* и т. д.

Вместо милливеберметра для замера эксцентриситета можно использовать баллистический гальванометр типа М197.

По результатам проведенных измерений и расчетов

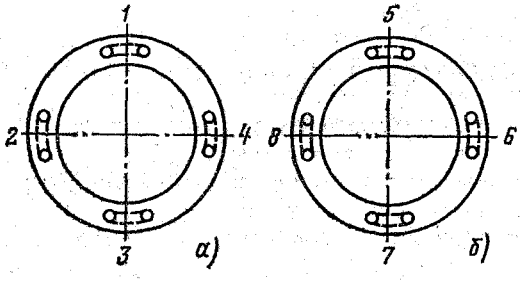


Рис. 5.33. Одна из схем укладки измерительных катушек:
а — вид со стороны, противоположной приводу; *б* — вид со стороны привода; *1—8* — измерительные катушки

делают вывод о необходимости регулирования воздушных зазоров. Если эксцентриситет ротора превышает допустимое значение, необходимо его уменьшить, смещая статор генератора.

При положительном эксцентриситете в вертикальной плоскости статор генератора поднимают, а при отрицательном опускают на значение, мм,

$$e = \varepsilon_{вер}\,\delta_{ср}. \qquad (5.17)$$

При положительном значении эксцентриситета в горизонтальной плоскости статор генератора смещают влево, а при отрицательном — вправо на значение, мм,

$$e = \varepsilon_{гор}\,\delta_{ср}. \qquad (5.18)$$

Перемещение статора относительно фундаментной плиты (с неподвижно установленным ротором) в вертикальной плоскости производят отжимными болтами. Приподняв ими статор, под его лапы подкладывают металлические регулировочные прокладки.

Перемещение статора относительно фундаментной плиты в горизонтальной плоскости производят с помо-

щью приваренных к фундаментной плите четырех отжимных устройств. Перемещение статора относительно плиты с ротором в вертикальной и горизонтальной плоскостях контролируют индикаторами часового типа.

Результаты измерений зазоров (после их окончательного регулирования) заносят в формуляр монтажа агрегата.

Установка щеточного механизма. Траверсы щеточного механизма устанавливают по заводским меткам. Правильное положение обеспечивают установкой и регулировкой щеткодержателей на пальцах траверсы или бракетах так, чтобы ось щеток была параллельна оси коллектора. Проверку положения щеток на нейтрали производят индукционным методом при неподвижной машине и полностью пришлифованных щетках. Для этого траверсу устанавливают по заводским меткам, к обмотке возбуждения *ОВ* (рис. 5.34) через реостат *R* подводят постоянный ток от аккумуляторной батареи *АБ*. Для того чтобы не было пробоя изоляции при размыкании цепи, ток в обмотке не должен превышать 10 % номинального. К зажимам якоря присоединяют магнитоэлектрический милливольтметр на 45 или 75 мВ (желательно с нулем в середине шкалы).

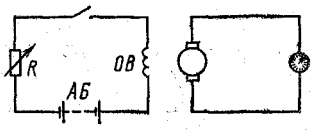


Рис. 5.34. Схема установки щеток на нейтраль

Затем замыкают и размыкают цепь возбуждения, при этом стрелка прибора отклоняется в ту или другую сторону. Траверсу со щетками двигают до тех пор, пока отклонения стрелки не будут минимальными. В начале измерений прибор следует включать на наибольший предел измерения. По мере перемещения траверсы и уменьшения отклонения стрелки необходимо постепенно увеличивать его чувствительность. Рекомендуется проверять положение траверсы на нейтрали при нескольких положениях якоря. При этом якорь следует поворачивать в сторону его номинального вращения, чтобы избежать влияния на показания прибора возможного перемещения щеток в щеткодержателях. Нажатие щеток проверяют динамометром; оно должно соответствовать указаниям заводов-изготовителей и зависит от марки щеток.

Пришлифовку щеток к поверхности коллектора или контактных колец производят шлифовальной шкуркой,

которую протаскивают в направлении вращения ротора (якоря) (в реверсивных машинах протаскивание производят в обе стороны).

5.3. Монтаж станций управления

Станции управления выпускаются промышленностью открытого и шкафного исполнения. Станция открытого исполнения представляет собой панель (рис. 5.35), на которой установлены электрические приборы и аппараты, соединенные между собой.

Станцией шкафного исполнения считается станция открытого исполнения, установленная в шкафах.

На место монтажа станцию управления доставляют в заводской упаковке. После распаковки проверяют номинальные данные станции по фирменной табличке (тип, ток, напряжение); они должны соответствовать данным проектной документации и общей схеме установки.

Монтаж станции управления. Сначала устанавливают ее на фундамент и крепят анкерными болтами. Высоту от фундамента регулируют набором стальных шайб между каркасом и фундаментом; панели устанавливают так, чтобы отверстия в боковых каркасах совпадали. Расположение отверстий для крепления в боковых каркасах выполнено так, что они позволяют производить установку станции в один ряд с другими аналогичными панелями, которые соединяют болтами. Специальными заземляющими винтами и шинами заземляют станцию и удаляют предохранительную смазку с контактов и некрашеных торцов магнитных систем контактов, реле и другой аппаратуры. После этого выполняют монтаж внешних электрических соединений станции, калибровку электроаппаратуры, проверку и наладку схем, а также все другие монтажно-наладочные операции, предшествующие пуску электрической машины в соответствии с техническими условиями и рабочими чертежами и другими техническими документами. При укладке проводов внешних соединений необходимо использовать имеющиеся для этой цели специальные детали крепления.

Перед подачей напряжения необходимо вручную проверить плавность хода подвижных частей всех аппаратов. Главную цепь можно включать только после тщательной проверки правильности работы схемы и опробования ее работы без нагрузки.

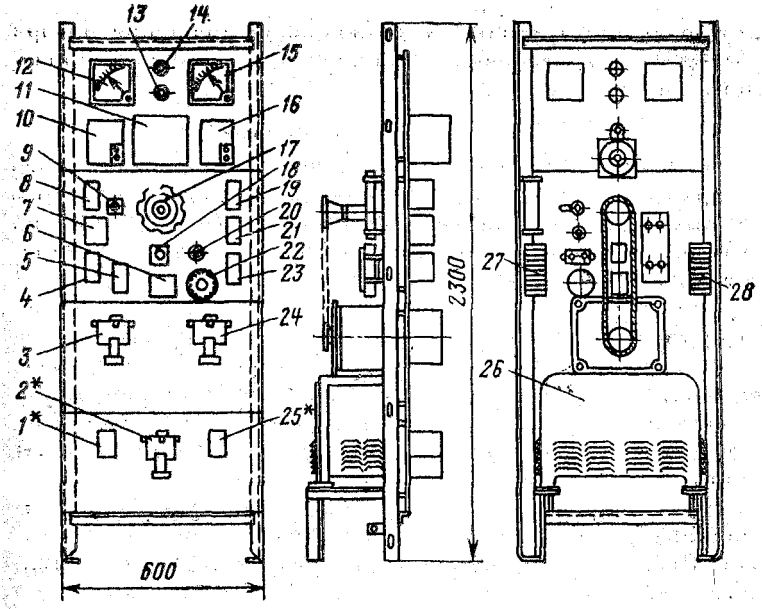


Рис. 5.35. Общий вид станций управления НН736-А2 и ПН736-А2Ф:

*1** — реле индивидуальной форсировки РФ; *2** — контактор форсировки КФ; *3* — основной контактор цепи возбуждения возбудителя КП1; *4* — выходное реле защиты от асинхронного хода РПЗ; *5* — выходное реле защиты от пробоя вентилей возбудителя РП4; *6* — ключ управления возбуждением КУВ; *7* — реле времени защиты от асинхронного хода РВ; *8* — реле пускового тока РПТ; *9* — кнопка деблокировки защиты от асинхронного хода КнДЗ; *10* — выключатель оперативного напряжения В1; *11* — реле направления реактивной мощности РМ; *12* — фазометр для измерения коэффициента мощности двигателя (cos φ); *13* — лампа контроля исправности цепей управления с белой линзой ЛБ; *14* — лампа сигнализации аварийных режимов с красной линзой ЛК1; *15* — амперметр для измерения тока возбуждения возбудителя А; *16* — выключатель источника напряжения возбуждения возбудителя В2; *17* — регулятор возбуждения ручной *R*4; *18* — кнопка отключения двигателя КнА; *19* — реле наличия переменного напряжения в обмотке возбуждения возбудителя РН; *20* — лампа сигнализации пробоя вентиля возбудителя ЛК2 (с красной линзой); *21* — реле промежуточное РП2; *22* — регулятор установки напряжения двигателя *R*3; *23* — реле промежуточное РП1; *24* — контактор аварийного гашения поля КП2; *25** — реле групповой форсировки РПФ; *26* — регулятор возбуждения автоматический РВСД; *27* — панель внешних подключений КЛ1; *28* — панель внешних подключений КЛ2

* Аппараты, устанавливаемые только на станции ПН736-А2Ф

5.4. Условия включения в работу электрических машин без сушки

В качестве критерия для оценки влажности изоляции обмоток в настоящее время измеряют три величины: сопротивление изоляции R_{60}", коэффициент абсорбции —

отношение $R_{60''}/R_{15''}$ и коэффициент нелинейности K_U отношение R_{Umin}/R_{Umax}.

Сопротивление изоляции $R_{60''}$ обмоток вновь вводимых в эксплуатацию электрических машин мощностью до 5000 кВт на номинальное напряжение до 10,5 кВ приведено в табл 5.5.

Таблица 5.5. Допустимое сопротивление изоляции обмоток $R_{60''}$ электродвигателей мощностью до 5000 кВт включительно

Температура обмотки, °С	$R_{60''}$, мОм, при номинальном напряжении машины, кВ		
	3—3,15	6—6,3	10—10,5
10	30	60	100
20	20	40	70
30	15	30	50
40	10	20	35
50	7	15	25
60	5	10	17
75	3	6	10

Для машин мощностью выше 5000 кВт, а также для всех машин на номинальное напряжение выше 10,5 кВ наименьшее сопротивление изоляции, измеренное при температуре 75 °С, определяют по формуле

$$R_{60''} = \frac{U_{ном}}{1000 + 0{,}01S_{ном}},$$

где $U_{ном}$ — номинальное линейное напряжение, В; $S_{ном}$ — номинальная мощность, кВ·А.

Если сопротивление изоляции, вычисленное по этой формуле, будет ниже 0,5 мОм, то наименьшее допустимое значение принимается равным 0,5 мОм.

Для температур ниже 75 °С (но не ниже 10 °С) наименьшее значение сопротивления изоляции обмоток машин определяется умножением значений, полученных по формуле, на температурный коэффициент $K_т$, значения которого приведены в табл. 5.6.

Электродвигатели на напряжение до 1 кВ включают без сушки, если сопротивление изоляции обмоток, измеренное при температуре 10—30 °С, составляет не менее 0,5 мОм.

Роторы электрических машин, охлаждаемые газом, не подвергают сушке, если сопротивление изоляции обмоток при температуре 10—30 °С не менее 0,5 мОм для

Таблица 5.6. Значение температурного коэффициента $K_т$

Температура, °С	$K_т$	Температура, °С	$K_т$
75	1	40	3,4
70	1,2	30	4,7
60	1,7	20	6,7
50	2,4	10	9,4

генераторов и синхронных компенсаторов и 0,2 мОм — для электродвигателей.

Допускается ввод в эксплуатацию синхронных машин мощностью до 30 мВт с неявнополюсными роторами, охлаждаемых газом, имеющих сопротивление изоляции не ниже 2 кОм при температуре 75 °С или 20 кОм при температуре 20 °С.

Коэффициент абсорбции. Генераторы и синхронные компенсаторы с газовым охлаждением обмоток статора, а также двигатели мощностью выше 5000 кВт включаются без сушки, если значения коэффициента абсорбции при температуре 10—30 °С не ниже 1,3.

Электродвигатели мощностью до 5000 кВт включительно на напряжение выше 1 кВ включаются без сушки, если коэффициент абсорбции при температуре 10—30 °С не ниже 1,2.

Коэффициент нелинейности. Коэффициент нелинейности K_U, определенный по зависимости токов утечки от испытательного напряжения для генераторов, синхронных компенсаторов и двигателей мощностью более 500 кВт с газовым охлаждением, должен быть не более 3.

Испытание изоляции производится относительно корпуса, между обмотками различных фаз, ветвей и напряжений. Для измерения сопротивления изоляции применяют мегаомметры на напряжение 250, 500, 1000, 2500 В.

Мегаомметром напряжением 2500 В испытывается изоляция обмотки статора электрической машины напряжением выше 1 кВ; мегаомметром напряжением 1 кВ — изоляция обмотки ротора (допускается 500 В), подшипников генератора и возбудителя, водородных уплотнений вала, щитов вентиляторов, стяжных болтов стали статора, цепей возбуждения (допускается 500 В).

Мегаомметром 500 В испытывается изоляция диффузоров и обтекателей, а также термоиндикаторов. Исправность мегаомметра во время работы может быть проверена вращением ручки генератора. При разомкнутых зажимах стрелка прибора должна устанавливаться на отметку ∞, при замкнутых зажимах — на нулевую отметку. Испытания изоляции мегаомметром производятся двумя лицами с соблюдением правил техники безопасности. Перед проведением измерений необходимо подробно ознакомиться с оборудованием, эксплуатационными данными, режимами работы, данными предыдущих измерений сопротивления изоляции. Результаты измерений сравнивают с предыдущими измерениями при одних и тех же условиях или с нормами.

Работая с мегаомметром, корпус устанавливают горизонтально, при испытании изоляции относительно земли обмотку присоединяют к зажиму «линия», а зажим «земля» заземляется. По окончании измерений изоляция испытуемой обмотки должна быть разряжена. Если предполагаются повторные измерения, то время разряда должно быть не менее времени заряда, в противном случае измерения дадут завышенное значение сопротивления изоляции и заниженное значение коэффициента абсорбции.

Глава шестая

МОНТАЖ ШИНОПРОВОДОВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ

6.1. Монтаж магистральных и распределительных шинопроводов

Магистральные шинопроводы служат для присоединения к ним распределительных шинопроводов, силовых распределительных пунктов, щитов и отдельных мощных электроприемников.

Для сетей переменного тока промышленностью выпускаются шинопроводы серии ШМА, а для постоянного тока — ШМАД. Технические данные магистральных шинопроводов приведены в табл. 6.1.

Шинопровод состоит из отдельных секций, соединяемых сваркой, болтами или штепсельными разъемами. В комплект шинопровода, кроме секций, входят ответви-

Таблица 6.1. Технические данные магистральных шинопроводов

Род тока	Тип	Номинальный ток, А	Номинальное напряжение, В	Количество, шт., и размеры, мм, шин на фазу	Сечение короба, мм²
Переменный	ШМА73	1600	660	2 (90×8)	300×160
	ШМА68Н	2500	660	2 (120×10)	444×215
		4000	660	2 (160×12)	444×259
	ШМА16	1600	660	1 (160×8)	237×180
	ШМА73П	1600	660/380	2 (90×8)	300×160
	ШМА79	1000	660/380	120×6	—
		1600	660/380	160×8	—
		2500	660/380	2 (120×8)	—
		4000	660/380	2 (160×10)	—
Постоянный	ШМАД70	1600	До 1200	2 (80×8)	354×166
		2500	До 1200	3 (80×8)	344×166
		4000	До 1200	3 (120×10)	410×212
		6300	До 1200	3 (160×12)	410×257
	ШМАДК70	1600	До 1200	2 (80×8)	354×166
		2500	До 1200	3 (80×8)	344×156
		4000	До 1200	3 (120×10)	410×212
		6300	До 1200	3 (160×12)	410×257

тельные коробки с предохранителями, автоматическими выключателями и разъединителями; угловые и торцевые крышки; болтовые сжимы; торцевые заглушки; переходные муфты; штепсели, заряженные шнуром; кожухи и изоляционные материалы.

Технические данные выпускаемых в настоящее время секций магистральных шинопроводов приведены в табл. 6.2.

Распределительные шинопроводы служат для питания цеховых электроприемников.

Технические данные распределительных шинопроводов приведены в табл. 6.3, а секций — в табл. 6.4.

Открытые токопроводы или шинные магистрали монтируют в следующем порядке. В мастерской электротехнических заготовок выполняется заготовка рулонов алюминиевых шин. Шины правят, а затем сваривают между собой в рулоны длиной 50—300 м и наматывают на кассеты. Одновременно проверяют и комплектуют шинодержателями крепежные конструкции с изоляторами, подбирают изоляционные (секционные) вставки, шинные, распорки, натяжные устройства. Комплект материалов открытого токопровода доставляют на место монтажа.

Таблица 6.2. Секции магистральных шинопроводов

Секция	Тип шинопровода							
	ШМА73, 1600 А	ШМА73П, 1600 А	ШМА68Н, 2500 А	ШМА68Н, 4000 А	ШМАД70, 1600 А	ШМА16, 1600 А	ШМА79, 1000 А	ШМА79, 1600 А
Прямая								
Длина, мм:								
750	У2130	У2130П	У1730	У1760	У1690	—	У3030	У3230
1500	У2131	У2131П	У1731	У1761	У1691	—	У3031	У3231
3000	У2132	У2132П	У1732	У1762	У1692	У3332	У3032	У3232
4500	—	—	У1733	У1763	У1693	—	—	—
6000	У2133	У2133П	—	—	—	—	—	—
Угловая:								
вертикальная	У2138	У2138П	У1738	У1768	—	У3338	—	—
горизонтальная	У2139	У2139П	У1739	У1769	—	У3339	У3039	У3239
с изгибом на ребро	—	—	—	—	У1695	—	—	—
с изгибом на плоскость	—	—	—	—	У1696	—	—	—
Тройниковая:								
вертикальная	У2150	У2140П	У1740	У1770	—	—	—	—
	У2140	—	—	—	—	—	—	—
горизонтальная	У2141	У2141П	У1751	У1781	—	—	У3041	У3241
Присоединительная	У2142	—	У1757	У1773	—	У3342	У3042	У3242
	У2144	—	—	—	—	—	—	—
Фазировочная	У2143	—	У1758	—	—	—	—	—
	У2145	—	—	—	—	—	—	—
С компенсатором	У2146	У2146П	У1746	—	—	—	—	—
Подгоночная	У2147	У2147П	У1747	У1777	У1694	—	—	—
Гибкая	У2148	—	У1748	—	—	—	—	—
Ответвительная	—	У3768П	—	—	—	У3355	У3051	У3251
Ответвительная горизонтальная с боковым выводом приводов:								
630 А	У2151	—	—	—	—	—	—	—
1000 А	—	—	У1742	—	—	—	—	—
Прямая с боковым сжимом	—	—	—	—	—	—	У3035	У3235

Примечание. Кроме секций, приведенных в таблице, выпускаются ответвительные секции с разъединителем, автоматическими выключателями, предохранителями и переходные на другой шинопровод.

Таблица 6.3. Технические данные распределительных шинопроводов

Тип	Номинальный ток, А	Номинальное напряжение, В	Размеры шин на фазу, мм	Сечение короба, мм²
ШРА73	250	380/220	35×5	284×95
	400	380/220	50×5	284×95
	630	380/220	80×5	284×125
ШРА73В	400	380/220	50×5	284×95
ШРМ75	100	380/220	4 (3,56×11,2)	70×80

Сначала производят установку концевых и промежуточных опорных конструкций. С помощью электрической лебедки разматывают шины с кассеты и натягивают их поверх нижнего пояса ферм. Начальный конец шины при-

Таблица 6.4. Секции распределительного шинопровода

Секция	Тип шинопровода					Количество присоединений (ответвлений)
	ШРА73, 250 А	ШРА73, 400 А	ШРА73, 630 А	ШРА73В, 400 А	ШРМ75, 100 А	
Прямая						
Длина, мм:						
750	—	—	—	—	У2882	1
1000	У2020	У2040	У2060	У2040	—	—
1500	—	—	—	У2907	У2881	3
2000	—	—	—	У2916	У2878	2
3000	У2022	У2042	У2062	У2042	У2879	3
3000	—	—	—	—	У2880	6
3000	—	—	—	—	У2883	—
3000	У2018	У2054	У2074	—	—	2
Угловая, мм:						
вертикальная вверх	У2023	У2043	У2063	У2043	—	—
	У2024	У2044	У2064	У2044	—	—
вертикальная вниз	У2025	У2045	У2065	—	У2896	—
горизонтальная правая	У2026	У2046	У2066	—	У2897	—
горизонтальная левая						
Гибкая	У2029	У2049	У2069	—	У2884	—
Вводная	У2030	У2056	У2076	У2056	У2885	—
Подгоночная	У2021	У2054	У2074	—	—	—
Междуэтажная (1500 мм)	—	—	—	У2915	—	—
Универсальная (1750—2250 мм)	—	—	—	—	У2907	—

крепляют к тяговому тросу лебедки. Во избежание повреждения шин от трения о поверхность ферм на промежуточных опорных конструкциях устанавливают раскаточные ролики.

Размотку начинают со средней шины. Один конец ее закрепляют на изоляторе с помощью концевого шинодержателя, а второй — в натяжном устройстве, после чего производят предварительную натяжку шины в анкерном пролете.

Перед размоткой и натяжкой одной крайней шины концы натяжных конструкций укрепляют оттяжками во избежание перекоса и поломки их от больших крутящих моментов. Размотку и предварительную натяжку крайней шины производят так же, как и средней. Затем раскатывают вторую крайнюю шину. При ее раскатке и натяжке концы натяжных конструкций дополнительно раскреплять не требуется (возникновению крутящих моментов препятствует раскатанная первой и предварительно натянутая крайняя шина с другой стороны токопровода). После этого снимают раскаточные ролики и укладывают шины в шинодержатели, устанавливают шинные распорки и производят окончательное натяжение 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.

Закрытые или защищенные шинопроводы монтируют укрупненными блоками, предварительно собранными в МЭЗ. Магистральные шинопроводы обычно комплектуют в блоки длиной 12 м из трех-четырех секций по 3 м или из двух секций по 4,5 м. В соответствии с разбивкой трассы шинопровода производят сварку секций или соединение их на болтовых сжимах и выполняют изоляцию стыков.

После завершения основных строительных работ на объекте и приемки помещения под монтаж транспортируют укрупненные блоки шинопровода на место монтажа. Секции или блоки укладывают на автомашину с прицепом — на специальный трайлер в один ряд, опорными уголками вниз. Укладку в два ряда делают только

при транспортировке в специальных контейнерах. Укладка секций или блоков навалом не допускается.

Разметку оси прокладки шинопроводов и мест установки опорных конструкций производят в соответствии с рабочими чертежами. Разметку ведут гидростатическим уровнем и отвесом или с помощью нивелира по отметкам чистого пола, перекрытий, ферм, балок и других строительных конструкций. Отметки строительной части дает строительная организация.

Магистральные шинопроводы прокладывают на кронштейнах по фермам, колоннам, стенам, балкам, на стойках, устанавливаемых на полу, или подвешивают под перекрытием. Монтаж начинают со сложных узлов: с вертикальных участков или присоединительных секций на подходах к комплектным трансформаторным подстанциям (КТП). Вертикальные участки начинают монтировать с нижней угловой секции и затем наращивают шинопровод вверх до отметки верхнего горизонтального участка. Горизонтальные прямые участки шинопровода, секции с компенсатором и подгоночные секции монтируют в последнюю очередь. Обычно в цеху устанавливают несколько КТП и магистральные шинопроводы от соседних КТП соединяют через секционный автоматический выключатель. При этом ответственной операцией является фазировка соединяемых шинопроводов. Необходимое чередование фаз обеспечивают с помощью специальных секций, установленных на подходе к КТП.

Блоки на опорные конструкции поднимают электролебедками или мостовым краном, а крепление их, сборку и сварку стыков выполняют с автогидроподъемника, автовышки, самоходных подмостей или мостового крана. При подъеме блоков применяют специальную траверсу (рис. 6.1). При монтаже с автогидроподъемника к нижнему поясу ферм крепят монтажный ролик, через который пропускают трос лебедки. К концу 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 настиле крана 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.

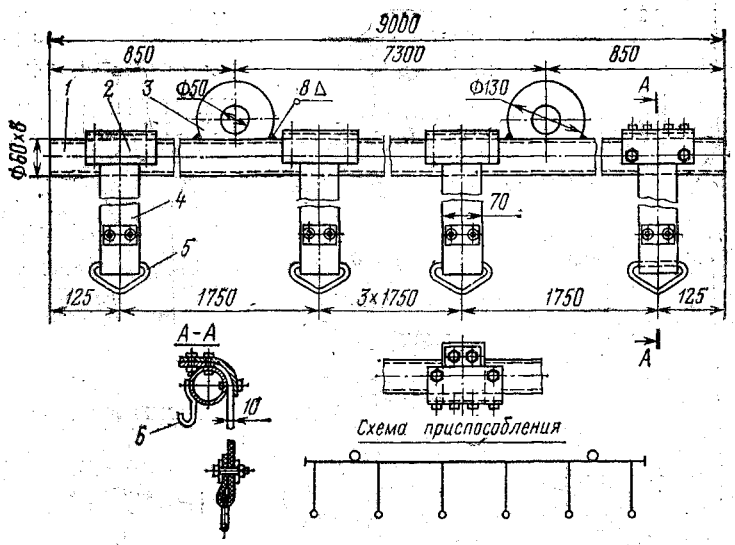


Рис. 6.1. Траверса для подъема шинопроводов:
1 — труба; *2* — скоба; *3* — серьга; *4* — лента конвейерная; *5* — петля; *6*—крюк

Монтаж с самоходных подмостей выполняют аналогично описанному выше. При прокладке в стесненных условиях, например в подвальных помещениях машинных залов, монтаж выполняют с гидравлической платформы с электроприводом.

После подъема и установки блоков на места креплений стыкуют смежные секции. При этом опорные уголки секций, являющиеся нулевым проводом и заземляющей магистралью металлического короба, сваривают между собой, создавая тем самым непрерывную цепь заземления и зануления. По концам соединительного уголка делают вырезы, что обеспечивает удобство выполнения сварки опорных уголков (рис. 6.2). Крепление секций на горизонтальных участках выполняют прижимами, обеспечивающими возможность 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

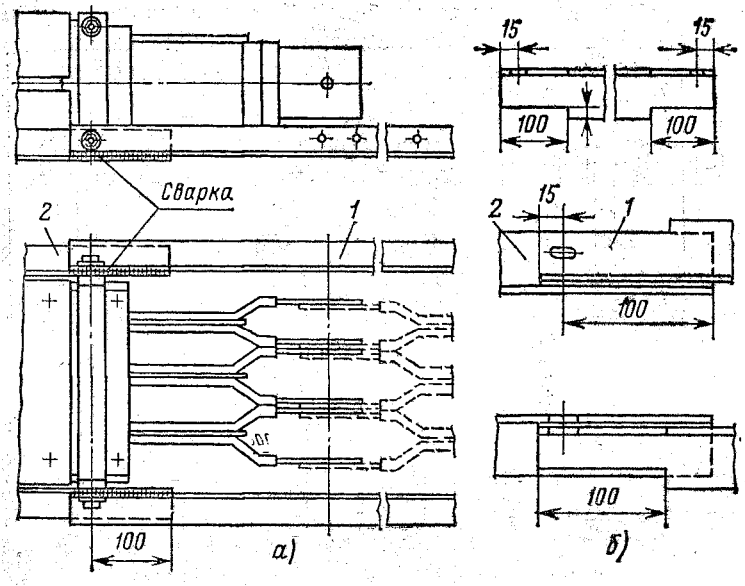


Рис. 6.2. Соединение опорных уголков шинопровода:

а — подготовка несущих уголков для сварки; *б* — деталь вырезки полок опорного уголка и соединительной перемычки; *1* — перемычка; *2* — опорный уголок секций

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 поставляют в ограниченном количестве. Во всех остальных случаях шины секций следует соединять 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 над полом, на стенах и колоннах выполняют на специальных опорных конструкциях (стойках, кронштейнах, подвесах, рис. 6.3). Опорные конструкции устанавливают заблаговременно, когда производят подготовку и комплектование секций. Расстояние между соседними опорными кон-

струкциями принимают не более 3 м. Секции шинопровода в МЭЗ тщательно осматривают для выявления возможных повреждений, удаляют консервирующую смазку с контактных поверхностей токоведущих шин, с

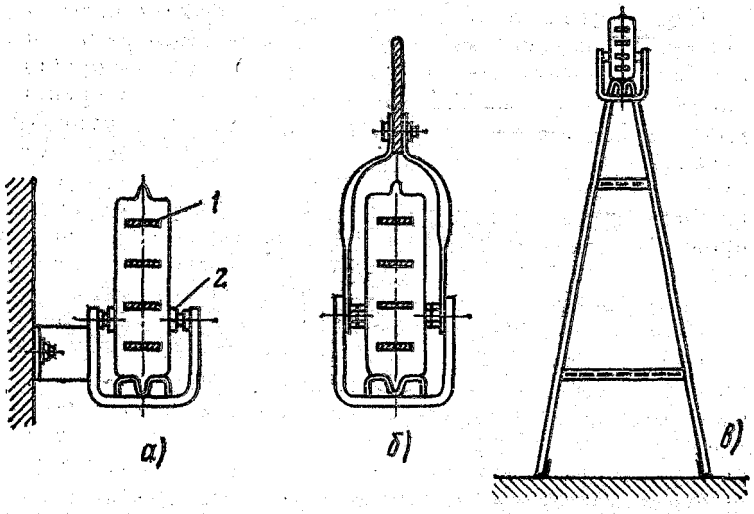


Рис. 6.3. Установка шинопроводов на опорных конструкциях:
а — на кронштейнах; *б* — на подвесках; *в* — на стойках; *1* — нулевая шина; *2* — болты зажимные

токоведущих поверхностей коробов секций и корпусов вводных и ответвительных коробок в местах вводных и ответвительных коробок.

После доставки секций на место установки и подъема на опорные конструкции их закрепляют зажимными болтами. При этом нулевая шина должна располагаться сверху. Короба смежных секций соединяют винтами и соединительными планками. Соединительные планки приваривают к лапкам, чем обеспечивается непрерывность цепи заземления. Проводники заземления приваривают к соединительной планке. После того как секции соединены, 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 отверстие в ее съемном дне или верхней крышке. Корпус коробки

крепят к коробу шинопровода винтами. Между съемным дном и корпусом коробки обеспечивают надежный контакт и корпус коробки заземляют перемычкой на проводнике заземления. Присоединительные элементы вводной коробки располагают снизу соединения 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 коробок. Перед установкой к коробке подсоединяют провода. При этом участок проводки длиной 0,5 м выполняют гибким проводом для обеспечения возможности снятия коробки без отсоединения проводов. Для ввода проводов сечением более 35 мм^2 предварительно увеличивают до необходимого размера отверстие в задней стенке короба.

Провода или оболочку защищенных проводов 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 шинопровода.

После окончания монтажа перед включением шинопровода под напряжением проверяют наличие крышек на не занятых коробками монтажных и штепсельных окнах, наличие торцевых крышек на концах шинопровода, надежность всех контактов в цепи заземления от электроприемника до корпуса и самого корпуса шинопровода с заземляющей сетью электроустановки.

6.2. Монтаж осветительных шинопроводов

Осветительные шинопроводы служат для питания светильников и электроприемников небольшой мощности, выпускаются промышленностью на напряжение 380/220 В. Шинопровод типа ШОС67 выпускается на номинальный ток 25 А, а типа ШОС73 — на 100 А. Технические данные секций осветительных шинопроводов приведены в табл. 6.5.

Осветительные шинопроводы устанавливаются на стенах, колоннах, фермах, перекрытиях, тросах, специаль-

Таблица 6.5. Секции осветительного шинопровода

Секция	Тип шинопровода		Количество присоединений (ответвлений)
	ШОС67, 25 А	ШОС73, 100 А	
Прямая			
Длина, мм:			
3000	У1630	—	6
3000	У1642	У1962	3
3000	У1644	У1966	—
1500	У1638	—	3
500	У1637	—	—
1000	—	У1960	—
Вводная	У1641	У1967	—
Гибкая 1000 мм	У1640	—	—
Гибкая 1600 мм	У1643	У1965	—
Угловая левая	—	У1964	—
Угловая правая	—	У1963	—

ных несущих трубах, а также на распределительных шинопроводах при их совместной прокладке. Соединение смежных секций и подсоединение светильников выполняют штепсельным контактом. Светильники подвешивают с помощью хомута с крюком или крепят к строительным конструкциям. Шинопроводы крепят на подвесах, кронштейнах, стойках, устанавливаемых непосредственно на строительных элементах зданий. При этом расстояние между крепежными конструкциями не должно превышать 3 м. При невозможности выполнения этого условия для монтажа осветительного шинопровода применяют усиливающий профиль (стальная прямоугольная труба 60×30×3 мм), прокладываемый параллельно шинопроводу. Сборку блока шинопровод — профиль выполняют в зоне монтажа до подъема в проектное полоежние.

В местах, где расстояние между точками жесткого крепления превышает 3 м, допускается подвеску шинопровода выполнять промежуточным креплением тросами, закрепляемыми к шинопроводам подвесками в местах соединения секций.

Соединение секций осветительных шинопроводов выполняют следующим образом. Ослабляют четыре винта, скрепляющих полумуфты, до образования зазора в 3—4 мм; вывертывают на полтора-два оборота сжимные винты штепсельной розетки; вставляют вилку в розетку перемещением одной из двух секций. Правильность фик-

сации вилки в розетке контролируют головками сжимных винтов розетки, которые при полном заходе располагаются против овального отверстия в нижней полумуфте, через которое затягивают два стяжных винта штепсельной розетки.

Перед присоединением штепселя вынимают заглушку из окна шинопровода и ориентируют штепсель относительно окна таким образом, чтобы имеющийся на одной стороне штепселя выступ совпал с прорезью в окне. При установке и извлечении штепселя нажимают на выступающую часть элемента крепления штепселя к коробу шинопровода.

6.3. Монтаж троллейных шинопроводов

Троллейный шинопровод ШТА75 служит для питания мостовых кранов, кран-балок, тельферов, а ШТМ76, ШТМ73 и ШТМ72 — для питания электродрелей, электрошлифовальных машин и другого электрифицированного инструмента.

Технические данные троллейных шинопроводов приведены в табл. 6.6, а их секций — в табл. 6.7.

Таблица 6.6. Технические данные троллейных шинопроводов

Тип шинопровода	Номинальный ток, А	Номинальное напряжение, В	Размеры, мм	Сечение короба, мм
ШТА75	400	660	—	70×80
ШТА75	250	660	—	170×140
ШТМ76	100	380	Медные двутаврового сечения 4(6,9×6)	195×222 94×80
ШТМ73	250	660	—	—
ШТМ72	400	660	—	—

Троллейные шинопроводы прокладывают на стенах, бетонных и металлических колоннах, подкрановых балках, а также вдоль монорельсов, двутавровых балок, конвейеров и крепят к несущим конструкциям за соединительные муфты через каждые 3 м. Промежуточную подвеску применяют для дополнительного крепления угловых секций. Конструкции для крепления шинопроводов поставляют комплектно заводы-изготовители.

Таблица 6.7. Секции троллейных шинопроводов

Секция	Тип шинопровода				
	ШТА75, 250 А	ШТА75, 400 А	ШТМ76, 100 А	ШТМ73, 250 А	ШТМ72, 400 А
Прямая					
Длина, мм:					
750	У2601	—	У2372	У2301	—
1500	У2603	У2703	У2371	У2303	У2202
2000	—	—	У2368	—	—
3000	У2604	У2704	У2370	У2304	У2201
4000	—	—	У2369	—	—
6000	У2605	У2705	—	У2305	У2209
Концевая	У2606	У2706	У2397	У2326	У2206
Для ввода каретки	У2607	У2707	У2390	У2307	У2204
Разъединительная	У2625	У2715	—	У2325	У2215
Компенсационная	У2926	У2714	У2389	У2326	У2214
Угловая					
Длина, мм, при радиусе закругления, град:					
1000 при 45	У2611	—	—	У2311	—
1000 при 60	У2612	—	—	У2312	—
1200 при 45	У2613	—	—	У2313	—
1200 при 90	У2614	—	—	У2314	—
1400 при 45	У2615	—	—	У2315	—
1400 при 90	У2616	—	—	У2316	—
1600 при 45	У2617	—	—	У2317	—
1600 при 90	У2618	—	—	У2318	—
1800 при 45	У2619	—	—	У2319	—
1800 при 90	У2620	—	—	У2320	—
675 при 90	—	—	У2373	—	—
925 при 90	—	—	У2388	—	—
1125 при 90	—	—	У2376	—	—

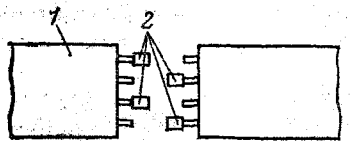


Рис. 6.4. Расположение шин при стыковке секций троллейного шинопровода:

1 — шинопровод; *2* — зажимы соединительные

Сборку троллейных шинопроводов производят на козлах. Шинопроводы комплектуют в блоки длиной 9—12 м (три-четыре секции). Подъем более крупных блоков не рекомендуется, так как это может привести к перекосу секций и образованию порогов между троллеями.

Сборку троллейного шинопровода в блоки выполняют в таком порядке.

Проверяют размеры выступающих концов троллеев (рис. 6.4). На длинные концы соединяемых троллеев натягивают соединительные зажимы и стыкуют троллеи; к нулевому троллею прикрепляют заземляющую перемычку; устанавливают соединительную муфту, тщатель-

но проверив стыковку рабочих плоскостей короба, на котором перемещаются ролики каретки токосъема. После закрепления соединительной муфты устанавливают крышку; короб троллейного шинопровода в месте подвода питания и на концах линии соединяют заземляющими перемычками с верхней крышкой.

Поднимают блоки или секции шинопровода на крепежные конструкции с помощью мостовых или автомобильных кранов, электрических или ручных рычажных лебедок, самоходных выдвижных подмостей, гидравлических платформ или подъемников, автопогрузчиков со специальными приставками.

Подъем шинопровода на проектную отметку лебедкой выполняют следующим образом:

подъемный ролик закрепляют по центру над местом установки шинопровода; при невозможности жесткого крепления ролик должен быть приведен в это положение оттяжками;

тяговыми трос закрепляют по центру траверсы с блоком шинопровода и пропускают через подъемный ролик;

к концам траверсы привязывают веревки, которыми с нулевой отметки корректируют положение траверсы с блоком.

Троллейные шинопроводы крепят к кронштейнам за соединительные муфты или с помощью промежуточных подвесок, установленных непосредственно на коробе. Промежуточные подвески применяют также и для временного крепления (фиксации) при монтаже. После этого устанавливают вводные каретки токосъемника и проверяют легкость их передвижения по всей троллейной линии. Примеры установки и крепления троллейных шинопроводов показаны на рис. 6.5.

Чтобы уменьшить потери напряжения, троллеи из стали обычно дополняют устройством подпитки из алюминиевых шин, прокладываемых параллельно троллеям. При этом стальная часть выполняет функции токосъема. К стальным троллеям шины подпитки присоединяют через каждые 1,5 м. Стальные троллеи и алюминиевые подпиточные шины соединяют сталеалюминиевыми планками. Стальную часть планки крепят к стальному троллею, а алюминиевую — к подпиточной шине.

На линиях большой протяженности примерно через каждые 30—40 м, а в местах переходов через температурные швы устанавливают тепловые компенсаторы,

В средней точке между двумя компенсаторами троллеи закрепляют неподвижно. На остальных троллеедержателях троллеи наглухо не закрепляют, чтобы была обеспечена возможность их продольного перемещения.

Подвод электроэнергии к троллеям выполняют через специальную вводную секцию. На вводах, питающих

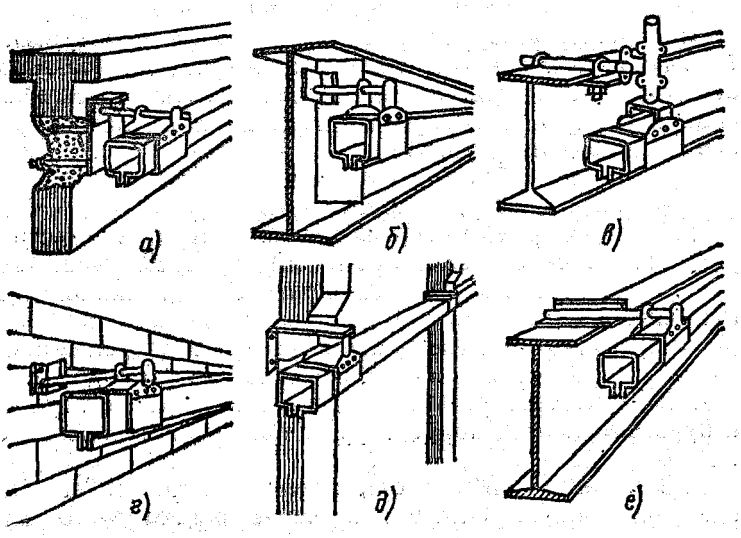


Рис. 6.5. Варианты установки (крепления) шинопроводов с помощью кронштейнов:

а — на железобетонных балках; *б* — на металлических балках; *в*, *е* — при прокладке вдоль монорельса; *г* — при прокладке вдоль стены; *д* — при прокладке вдоль стены с колоннами

троллеи, устанавливают автоматические выключатели; коммутирующие аппараты ввода оборудуются приспособлением, обеспечивающим их запирание в отключенном положении.

Троллеи после прокладки окрашивают. Рекомендуется применять ту же окраску, что принята для ошиновки (ж, з, к). Поверхность токосъема троллеев не окрашивают.

Глава седьмая

МОНТАЖ КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ И ЭЛЕКТРОПРОВОДОК ДО 1 кВ

7.1. Обозначения и область применения кабельных изделий

Кабельные изделия служат для передачи электроэнергии и электрических сигналов информации или для изготовления обмоток электрических устройств. В зависимости от конструктивных особенностей кабельные изделия разделяют на электрические провода, шнуры и кабели.

Провод — это металлический проводник, состоящий из одной или нескольких скрученных проволок или одной и более изолированных жил, поверх которых (в зависимости от условий прокладки и эксплуатации) могут быть легкая неметаллическая оболочка, обмотка или оплетка из волокнистых материалов или проволоки, и не предназначенный, как правило, для прокладки в земле. Существуют неизолированные и изолированные провода. Изолированные провода подразделяют на обмоточные для изготовления обмоток электротехнических устройств, установочные для электрических распределительных сетей низкого напряжения, а также выводные, монтажные, зажигания, термоэлектронные, сопротивления и ленточные.

Шнур представляет собой две или более изолированные жилы повышенной гибкости. По назначению и конструкции шнур близок к изолированному проводу.

Кабель — это одна или несколько изолированных жил в металлической или неметаллической оболочке, поверх которой (в зависимости от условий прокладки и эксплуатации) имеется защитный покров. В зависимости от назначения различают кабели: силовые — для передачи электроэнергии токами промышленных частот; радиочастотные — для передачи электромагнитной энергии на радиочастотах; связи — для передачи сигналов информации токами различных частот; управления — для цепей дистанционного управления, релейной защиты и автоматики; контрольные — для цепей контроля и измерения; сигнально-блокировочные — для цепей сигнализации и блокировки, а также геодезические, гидроакустические, термопарные и нагревательные.

В зависимости от конструктивных особенностей различают кабели для стационарной и нестационарной прокладки. Кабели для стационарной прокладки предназначены для передачи и распределения электроэнергии в стационарных установках; кабели для нестационарной прокладки предназначены для присоединения передвижных машин, механизмов и оборудования к электрическим сетям и передвижным источникам электроэнергии.

Силовые кабели (в дальнейшем просто кабели) состоят из токопроводящих жил, изоляции и защитных элементов.

Совокупность изолированных жил образует кабельный сердечник. Для защиты сердечника от внешних воздействий применяют защитные элементы: кабельные экраны, оболочки и защитные покровы.

Кабельный экран служит для защиты внешних цепей от влияния электромагнитных полей токов, проходящих по кабелю, и обеспечения симметрии электрического поля.

Кабельная оболочка предназначена для защиты кабеля от влаги и других внешних воздействий. Наиболее распространены металлические (свинцовые, алюминиевые), пластмассовые (поливинилхлоридные, полиэтиленовые) и резиновые оболочки. Металлические и резиновые оболочки абсолютно герметичны, в пластмассовые оболочки при определенных условиях влага может проникнуть. Если изоляция выполнена из легко увлажняющегося материала (например, бумаги), применяют металлические оболочки. Для кабелей с резиновой и пластмассовой изоляцией используют оболочки из шлангового поливинилхлоридного пластиката или полиэтилена. Резиновую оболочку изготовляют для кабелей с резиновой изоляцией. В отдельных конструкциях кабелей с пластмассовой и резиновой изоляцией применяют металлические оболочки.

Свинцовые оболочки имеют достаточную гибкость и высокую стойкость против коррозии, но недостаточную механическую прочность. При воздействии вибрации, особенно в сочетании с повышенными температурами, свинцовые оболочки разрушаются.

Алюминиевые оболочки имеют высокую механическую прочность. Достаточная проводимость алюминия при определенных условиях обеспечивает использование оболочки трехжильного кабеля в качестве нейтрали в четырехпроводной электрической сети, а также экрана.

Однако алюминиевые оболочки не обладают достаточной гибкостью, поэтому в отдельных конструкциях кабелей их гофрируют. Из-за слабой коррозионной устойчивости алюминия приходится применять поверх оболочек водонепроницаемые защитные кабельные покровы из шлангового поливинилхлоридного пластиката или полиэтилена.

Защитный кабельный покров является дополнительной защитой от внешних воздействий и состоит из кабельной брони, подушки и наружного покрова.

Кабельная подушка — это внутренняя часть защитного покрова, наложенная под броней для предохранения находящегося под ней элемента (например, оболочки) от коррозии и механических повреждений лентами или проволоками брони. Основными материалами при изготовлении подушек являются крепированная бумага, пластмассовые ленты (нити) и битумные составы.

Наружный кабельный покров — это наружная часть защитного кабельного покрова, наложенная поверх брони и предназначенная для защиты ее от коррозии и механических воздействий. Он может быть изготовлен из волокнистых материалов, пропитанных специальными защитными или негорючими составами, или защитного шланга, выпрессованного из пластмассы или резины.

Кабельные изделия различают по маркам. Марка — это его условное буквенно-цифровое обозначение, указывающее назначение и основные конструктивные признаки, т. е. тип кабельного изделия, а также дополнительные признаки (материал оболочки, род защитного покрова и др.).

Обозначение марки кабеля состоит из последовательно расположенных букв русского алфавита, означающих материал жилы, изоляции, оболочки и тип защитного покрова. В зависимости от положения в марке кабеля одна и та же буква может иметь различные значения. Поэтому важно соблюдать определенный порядок следования букв, обозначая конструктивные элементы кабеля от жилы к наружным покровам.

Алюминиевые жилы обозначают буквой А. Жилы, выполненные из меди, буквенных обозначений не имеют. При однопроволочных жилах в конце марки приводят две строчные буквы, взятые в скобки (ож).

Бумажная пропитанная изоляция буквенных обозначений не имеет. Обедненно пропитанную бумажную изо-

ляцию обозначают буквой В в конце марки через дефис, а бумажную изоляцию с нестекающим составом — буквой Ц, располагаемой в виде исключения впереди обозначения материала жилы. Изоляцию из поливинилхлорида, полиэтилена, резины обозначают соответственно буквами В, П, Р. Если для изоляции использован самозатухающий, вулканизированный или вулканизированный самозатухающий полиэтилен, то к прописной букве П добавляют соответственно строчные буквы с, в или вс и обозначение принимает вид Пс, Пв или Пвс. Изоляцию из резины повышенной теплостойкости обозначают буквами Рт.

Материал и конструктивные особенности оболочки кабеля обозначают следующими буквами: А — гладкая алюминиевая, Аг — гофрированная алюминиевая, С — свинцовая, В — поливинилхлоридная, П — полиэтиленовая, Н — резиновая, не распространяющая горение. В обозначении трехжильных кабелей, изолированные жилы которых имеют металлическую оболочку, перед буквой, указывающей материал оболочки, ставят букву 0.

В марку кабеля, не имеющего защитного покрова поверх металлической, пластмассовой или резиновой оболочки, добавляется буква Г, следующая после обозначения материала оболочки.

Конструкцию элементов защитного покрова кабеля обозначают в таком порядке: кабельные броня, подушка, наружный покров. Исполнение кабельной брони обозначают буквами: Б — из двух стальных лент, П — из плоских стальных оцинкованных проволок, К — из круглых стальных оцинкованных проволок, ББГ — из одной профилированной оцинкованной ленты, наложенной «в замок». Отсутствие поверх брони наружных кабельных покровов указывается буквой Г после обозначения исполнения брони.

Исполнение кабельной подушки маркируют таким образом: без обозначения — нормального исполнения, б — без подушки, л — усиленная с одним слоем пластмассовых лент (2л — особо усиленная с двумя слоями пластмассовых лент), п — с выпрессованным полиэтиленовым шлангом, в — с выпрессованным поливинилхлоридным шлангом.

Исполнение наружного кабельного покрова маркируют так: без обозначения — нормальный, н — из стеклян-

Продолжение табл. 7.1

Марка кабеля	Число жил	Номинальное сечение жил, мм²	Элементы конструкции	
			Оболочка	Защитный покров
СРБГ АСРБГ	2, 3 2 3	2,5—185 4—240 2,5—240	Свинцовая	БГ
ВРБ АВРБ	2, 3 2 3	2,5—185 4—240 2,5—240	Поливинилхлоридная	Б
ВРБГ АВРБГ	2, 3 2 3	2,5—185 4—240 2,5—185		БГ
НРБ АНРБ	2, 3 2 3	2,5—185 4—240 2,5—185	Резиновая, маслостойкая, не распространяющая горение	Б
НРБГ АНРБГ	2, 3 2 3	2,5—185 4—240 2,5—185		БГ

ной пряжи или штапелированного волокна, пропитанного негорючим составом, Шп — из выпрессованного полиэтиленового шланга, Шв — из выпрессованного поливинилхлоридного шланга.

Наиболее распространенные марки силовых кабелей приведены в табл. 7.1 и 7.2.

Выбор кабелей по нагреву, токовым нагрузкам, условиям короткого замыкания и потерям напряжения производится в соответствии с требованиями ПУЭ. Кабели в свинцовой оболочке применяют для подводных линий, в шахтах, опасных по газу и пыли, для прокладки в коррозионных средах.

Области применения кабелей зависят от условий среды, в которых они будут работать, сложности трассы, по которой будут проложены, и способов прокладки.

В зависимости от характера и степени воздействия окружающей среды все производственные помещения и установки делят на внутренние и наружные. Внутренние

Таблица 7.2. Силовые кабели с пластмассовой изоляцией (ГОСТ 16442—80)

Марка	Число жил	Номинальное сечение жил, мм², при напряжении, В		Элементы конструкции		
		660	1000	Изоляция	Оболочка	Защитный покров
АВВГ	1, 2, 3, 4	2,5—50	2,5—240	Поливинилхлоридный пластикат	Поливинилхлоридный пластикат	—
	5	—	2,5—35			
ВВГ	1, 2, 3, 4	1,5—50	1,5—240			
	5	—	1,5—25			
АПВГ	1, 2, 3, 4	2,5—50	2,5—240	Полиэтиленовая		—
	5	—	2,5—35			
ПВГ	1, 2, 3, 4	1,5—50	1,5—240			
	5	—	1,5—25			
АПсВГ	1, 2, 3, 4	2,5—50	2,5—240	Из самозатухающего полиэтилена		—
	5	—	2,5—35			
ПсВГ	1, 2, 3, 4	1,5—50	1,5—240			
	5	—	1,5—25			
АПвВГ	1, 2, 3, 4	2,5—50	2,5—240	Из вулканизирующегося полиэтилена		—
	5	—	2,5—50			
ПвВГ	1, 2, 3, 4	1,5—50	1,5—240			
	5	—	1,5—25			
АВАШв, ВАШв	2, 3, 4	—	6—240	Поливинилхлоридный пластикат		Шв
АПвАШв, ПвАШв	2, 3, 4	—	6—240	Из вулканизирующегося полиэтилена	—	Шв
АВБбШв, ВБвШв	2, 3, 4	4—50	6—240	Поливинилхлоридный пластикат	—	БвШв
АПБбШв, ПБбШв, АПсБбШв, ПсБбШв	2, 3, 4	4—50	6—240	Полиэтиленовая из самозатухающего полиэтилена	—	ВбШв
АПвБбШв, ПвБбШв	2, 3, 4	4—50	6—240	Из вулканизирующегося полиэтилена	—	БбШв

Таблица 7.1. Силовые кабели

Марка кабеля	Число жил	Номинальное сечение жил, мм²	Элементы конструкции	
			Оболочка	Защитный покров
С пропитанной бумажной изоляцией напряжением до 1 кВ				
СГ, АСГ	1 2 3 4	10—800 6—150 6—240 10—185	Свинцовая	—
СБ, СБГ, АСБ, АСБГ	1 2 3 4	10—800 6—150 6—240 10—185		Б и БГ
СП, СПГ, АСП, АСПГ	1 2 3	50—800 25—150 25—240		П и ПГ
ААГ	1 3 4	10—800 6—240 10—185	Алюминиевая	—
ААШв, ААШп	1 3 4	10—800 6—240 10—185		Шв и Шп
С резиновой изоляцией напряжением 660 В				
СРГ	1	1—240	Свинцовая	—
	2, 3	1—185		
АСРГ	1	4—300		
	2	4—240		
	3	2,5—240		
ВРГ	1, 2, 3	1—240	Поливинилхлоридная	—
АВРГ	1	4—300		
	2,3	2,5—300		
НРГ	1, 2, 3	1—240	Резиновая, маслостойкая, не распространяющая горение	—
АНРГ	1	4—300		
	2, 3	2,5—300		
СРБ	2, 3	2,5—185	Свинцовая	Б
АСРБ	2	4—240		
	3	2,5—240		

помещения и установки в зависимости от содержания влаги, пыли, температуры, наличия химически активных воздействий, опасности пожара или взрыва разделяют на сухие, влажные, сырые, особо сырые, пыльные, жаркие, с химически активной средой, пожароопасные и взрывоопасные.

При относительной влажности воздуха до 60 % помещения считают сухими, до 75 % — влажными, более 75 % — сырыми. Помещения, в которых относительная влажность близка к 100 %, а потолки, стены и полы постоянно влажные, относят к особо сырым.

Пыльными называют такие помещения, в которых по условиям производства выделяется пыль в таких количествах, что она оседает на проводах и кабелях, проникает внутрь электротехнических устройств. При этом в помещениях может быть пыль, проводящая и не проводящая электрический ток.

Жаркими называют помещения, в которых температура длительно превышает 30 °С.

Помещениями с химически активной средой называют помещения, в которых по условиям производства постоянно или длительно содержатся пары или образуются отложения, разрушающе действующие на изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

Пожароопасными называют помещения, в которых применяют или хранят горючие вещества. По степени пожароопасности их разделяют на три класса: П-I, П-II и П-IIа.

Взрывоопасными называют помещения, в которых по условиям технологического процесса могут образовываться взрывоопасные смеси горючих газов или паров с воздухом, кислородом или другими газами-окислителями, горячих пылей и волокон с воздухом при переходе во взвешенное состояние. По степени взрывоопасности их разделяют на пять классов: В-I, В-Iа, В-Iб, В-II, В-IIа.

Наружные установки в зависимости от опасности возникновения пожара или взрыва разделяют на нормальные, пожароопасные и взрывоопасные. Пожароопасные установки относят к классу П-III, а взрывоопасные — к классу В-Iг.

Механические воздействия на кабель, возникающие при прокладке, определяют сложностью (конфигурацией) кабельной трассы. На сложных участках трасс, где при монтажных и ремонтно-эксплуатационных работах воз-

никает опасность повреждений защитного поливинилхлоридного шланга, применение кабелей марки ААШв не рекомендуется. При использовании на протяженных кабельных линиях кабелей марки ААШв могут быть применены на отдельных сложных участках трассы вставки из кабелей других соответствующих марок или приняты специальные меры, исключающие повреждение поливинилхлоридного шланга.

Если при эксплуатации кабель подвергается значительным растягивающим усилиям, то для прокладки используют кабели, бронированные круглыми или плоскими стальными оцинкованными проволоками.

Строительная длина кабелей. Упаковка и маркировка. Кабели отличаются от других электротехнических изделий большой протяженностью. Поэтому для упаковки кабелей применяют цилиндрические барабаны (ГОСТ 5151—79Е). В зависимости от диаметров шейки и щеки кабельные барабаны различают по номерам (от № 4 до № 30).

Длина кабеля, наматываемого на барабан, зависит от диаметров шейки и щеки барабана, расстояния между щеками барабана и наружного диаметра кабеля.

При изготовлении кабеля на заводе получают изделия различной длины. Поэтому введено понятие нормированной длины кабельного изделия в одном отрезке, называемое строительной длиной кабельного изделия. Например, строительная длина кабеля с бумажной пропитанной изоляцией в зависимости от номинального напряжения и сечения жил составляет 200—450 м; с резиновой изоляцией 125 м; с пластмассовой изоляцией 100—300 м. При поставке с завода партии кабелей допускается определенный процент отгрузки маломерных отрезков от длины сдаваемой партии.

На одном барабане при необходимости допускается намотка до тех отрезков кабеля одной марки, на одно напряжение, с одинаковым числом и сечением жил. Кабели с пластмассовой или резиновой изоляцией и оболочкой иногда сматывают в бухты, внутренний диаметр которых не менее 15 диаметров кабеля по оболочке.

Намотку кабеля на барабаны производят ровными рядами. Последний ряд располагают на расстоянии, равном не менее 100 мм у многожильных кабелей и 50 мм у одножильных. Внутренний конец кабеля выводят через отверстие овальной формы в щеке барабана и зашивают

металлическим листом, а наружный закрепляют на внутренней стороне барабана (врастяжку).

Концы кабелей с резиновой, поливинилхлоридной или полиэтиленовой оболочкой герметически закрывают специальными колпачками и обматывают лентами, соответствующими материалу оболочки. Концы кабелей с металлической оболочкой заделывают горячим способом (запаивают припоем) или завальцовывают металлическими колпачками. При транспортировке и хранении их геометричность не нарушают.

Каждый барабан с кабелем на напряжение выше 1 кВ снабжают протоколом электрических испытаний. Барабан обшивают досками. На каждом барабане или ярлыке, прикрепленном к бухте, делают надписи, где указывают товарный знак предприятия-изготовителя, марку кабеля, число жил в кабеле, номинальное сечение жилы в квадратных миллиметрах, номинальное напряжение кабеля в киловольтах; общую длину кабеля (число отрезков и их длину) в метрах; массу брутто или нетто (при поставках в бухтах) в килограммах; дату выпуска (год, месяц); номер барабана или бухты; штамп отдела технического контроля предприятия-изготовителя (на ярлыке); обозначение стандарта или технических условий. На барабан наносят также предупреждающие надписи («Катать по стрелке», «Не класть плашмя», «При разгрузке не сбрасывать»), стрелку, указывающую направление вращения барабана при перекатывании.

7.2. Монтаж кабелей и проводов на кабельных конструкциях, в лотках и коробах

На кабельных конструкциях провода и кабели прокладывают открыто по стенам и потолкам.

Перед прокладкой осматривают состояние кабелей на барабанах. Затем с помощью мегаомметра определяют целостность изоляции жил.

Для прокладки кабелей применяют несущие конструкции, собираемые из перфорированных металлических профилей, и крепежные детали (скобы, болты, гайки и шайбы). Одиночные кабели прокладывают на крючках-подвесах, закрепляемых в стойках (рис. 7.1).

Кабели наружным диаметром более 18 мм, прокладываемые горизонтально или вертикально, должны иметь опоры длиной 4—10 м. При этом кабели, прокладывае-

мые на горизонтальных прямолинейных участках, на опорах не крепят, а кабели, прокладываемые на вертикальных участках, крепят на каждой опоре [16].

Независимо от расстановки опорных кабельных конструкций кабели закрепляют на расстоянии не более 0,5 м от соединительных коробок, муфт и концевых заде-

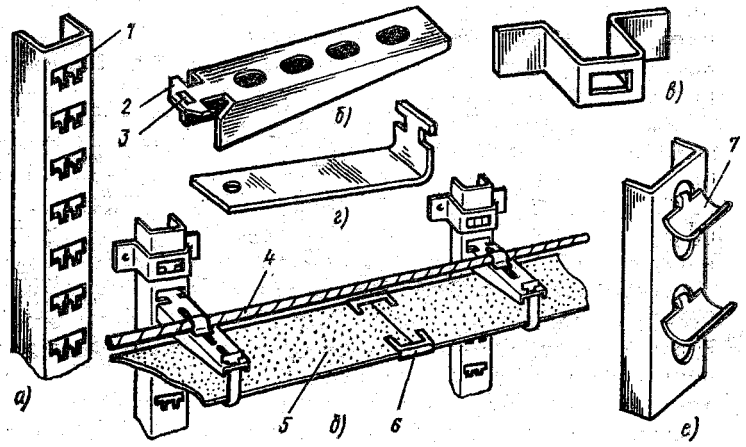


Рис. 7.1. Сборные кабельные конструкции «елочного» типа:
а — стойка; *б* — полка; *в* — скоба; *г* — подвеска; *д* — огнестойкие перегородки; *е* — стойка с подвесками; *1* — язык; *2* — хвостовик; *3* — овальное отверстие хвостовика; *4* — кабель; *5* — асбестоцементная перегородка; *6* — соединитель; *7* — подвеска

лок. При закреплении небронированных кабелей соблюдают осторожность, чтобы не повредить их оболочку. Для этого применяют эластичные прокладки под опоры и скобы, которые должны быть шире их на 5—6 мм.

Кабели с поливинилхлоридной оболочкой, проходящие в помещениях, прокладывают в местах, где они не могут быть повреждены грызунами, или защищают их коробами или сетками.

Кабельные конструкции «елочного» типа, изготовляемые на заводах, состоят из перфорированных стоек и полок. Стойки корытообразной формы выполняют из листовой стали толщиной 2,5 мм и высотой 400, 600, 800, 1200 и 1800 мм. В зависимости от высоты стойки имеют 8, 12, 16, 24 и 36 фасонных отверстий для размещения кабельных полок с различными или одинаковыми расстояниями в пределах одной стойки.

Кабельные полки изготовляют длиной 160, 250, 350 и 450 мм. Овальные отверстия полок допускают крепление кабелей на определенном расстоянии друг от друга, специальная конструкция узла сочленения полки со стойкой не требует сварки (исключение составляют конструкции, используемые для вертикальной прокладки кабелей).

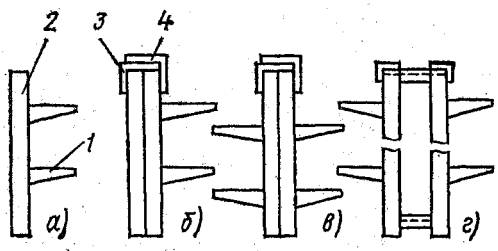


Рис. 7.2. Установка кабельных конструкций:

а — настенных; *б* — потолочных односторонних; *в* — потолочных двусторонних; *г* — блочных (сдвоенных) конструкций; *1* — полка; *2* — стойка; *3* и *4* — уголки

Кабельные конструкции выполняют окрашенными или оцинкованными. Оцинкованные конструкции применяют в наружных установках, в сырых, особо сырых и жарких помещениях, а также в помещениях с химически активной средой внутренних электроустановок, в кабельных полуэтажах, подвалах и туннелях (независимо от среды), в остальных случаях используют окрашенные конструкции.

Кабельные конструкции с подвесками состоят из стоек и закладных подвесок. Стойки высотой 600, 800, 1200 и 1800 мм изготовляют в МЭЗ путем поперечной резки перфорированных профилей (швеллеров) заводского исполнения. Закладные подвески трех типоразмеров при сборке конструкций вставляют в овальные отверстия стоек узкой стороной хвостовика, а затем разворотом на 90° устанавливают в горизонтальное положение.

При прокладке кабельных линий стремятся к совмещению трасс, объединяя кабели в общие потоки, размещаемые на общих конструкциях. При этом кабельные конструкции устанавливают вдоль стен помещений и кабельных сооружений, а также подвешивают к перекрытиям, балкам и другим строительным элементам зданий.

В зависимости от способа установки и количества прокладываемых кабелей применяют одиночные и блочные конструкции из стоек и полок или стоек и закладных подвесок: настенные, потолочные односторонние и двусторонние, сдвоенные (рис. 7.2). В настенных и потолочных бло-

ках кабельные конструкции в МЭЗ с помощью общих связей (прогонов) объединяют в секции транспортабельной длины (до 6 м).

Кабельные конструкции в зависимости от места их установки в помещениях и кабельных сооружениях крепят сваркой к закладным элементам или металлоконструкциям.

Кабельные стойки могут быть прикреплены к строительным основаниям пристрелкой дюбелями с помощью специальных накладных скоб.

Технические условия прокладки кабельных линий. Кабельные линии необходимо выполнять таким образом, чтобы при монтаже и эксплуатации исключалась возможность возникновения в них опасных механических напряжений и повреждений. С этой целью:

кабели укладывают с запасом по длине, достаточным для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций как самих кабелей, так и конструкций, по которым они проложены;

кабели, проложенные горизонтально по конструкциям, стенам, перекрытиям, жестко закрепляют в конечных точках, непосредственно у концевых заделок, с обеих сторон изгибов и у соединительных и стопорных муфт;

кабели, проложенные вертикально по конструкциям и стенам, закрепляют с таким расчетом, чтобы была предотвращена деформация оболочек и не нарушались соединения жил в муфтах под действием собственной массы кабеля;

конструкции, на которые укладывают небронированные кабели, выполняют таким образом, чтобы исключалась возможность механического повреждения оболочек кабелей; в местах жесткого крепления оболочки этих кабелей предохраняют от механических и коррозионных повреждений эластичными прокладками;

кабели (в том числе бронированные), расположенные в местах, где возможны механические повреждения (передвижение автотранспорта, механизмов и грузов, доступность для посторонних лиц), защищают по высоте на 2 м от уровня пола или земли и на 0,3 м в земле;

кабели прокладывают от нагретых поверхностей на расстоянии, предотвращающем их нагрев выше допустимого, предусматривая при этом защиту кабелей от прорыва горячих веществ в местах установки задвижек и фланцевых соединений;

кабели защищают от блуждающих токов и почвенной коррозии;

конструкции подземных кабельных сооружений выбирают с учетом массы кабелей, грунта, дорожного покрытия и нагрузки от проходящего транспорта;

при прокладке кабелей выдерживают определенные радиусы изгиба;

при прокладке кабелей на вертикальных и наклонных участках трасс учитывают максимально допустимые разности уровней;

усилия тяжения при прокладке кабелей и протягивания их в трубах ограничивают в зависимости от механических напряжений, допустимых для токопроводящих жил и оболочек.

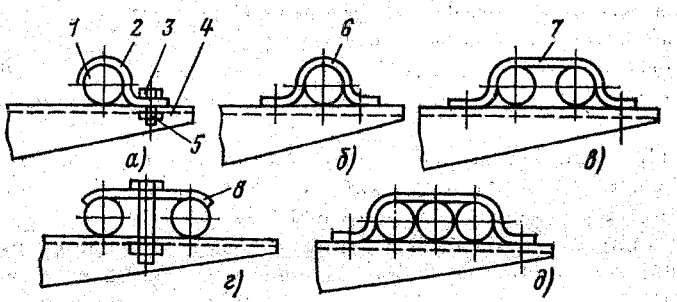


Рис. 7.3. Крепление кабелей на конструкциях:

а — одного диаметром 22—34 мм однолаповой скобой; *б* — одного диаметром 12—60 мм двухлаповой скобой; *в* — двух диаметром до 20 мм скобой; *г* — двух диаметром более 20 мм накладками; *д* — трех 12—20 мм скобой; *1* — кабель; *2* — однолаповая скоба; *3* — болт; *4* — кабельная полка; *5* — гайка; *6* и *7* — двухлаповые скобы; *8* — накладка

Для компенсации температурных изменений кабелей и конструкций, по которым они проложены, в кабельных сооружениях и производственных помещениях кабели укладывают с запасом 1—2 % общей длины трассы.

Для жесткого закрепления кабелей, проложенных по конструкциям горизонтально, применяют скобы, хомуты или накладки, размер которых выбирают в зависимости от наружного диаметра кабелей (рис. 7.3). На вертикальных участках трассы расстояние между точками жесткого закрепления кабелей принимают равным 1 м.

В местах жесткого крепления небронированных кабелей со свинцовой или алюминиевой оболочкой на конст-

рукциях применяют эластичные прокладки из негорючего материала (например, листовой асбест, листовой поливинилхлорид). Небронированные кабели с пластмассовой оболочкой или пластмассовым шлангом прикрепляют к конструкции скобами (хомутами) без прокладок.

Для защиты кабелей в местах, где возможны механические повреждения, используют обрезки стальных труб или кожухи из листового металла.

Радиусы внутренней кривой изгиба кабелей при прокладке допускаются не менее следующих кратностей по отношению к их наружному диаметру:

многожильных в свинцовой оболочке	15
одножильных в алюминиевой или свинцовой оболочке и многожильных в алюминиевой оболочке	25
с пластмассовой изоляцией в алюминиевой оболочке	15
с пластмассовой и резиновой изоляцией:	
одножильных	10
многожильных	7,5

При чрезмерно крутых изгибах могут быть нарушены изоляция и оболочки кабелей. В бумажной изоляции происходит смещение и разрывы бумажных лент. Пластмассовая и резиновая изоляции при крутых изгибах разрываются, а на оболочках появляются морщины или трещины.

Максимально допустимая разность уровней между высшей и низшей точками расположения кабелей напряжением до 1 кВ с бумажной изоляцией и при их прокладке на вертикальных и наклонных участках должна быть не более 25 м. Разность уровней для кабелей с пластмассовой и резиновой изоляцией не ограничивается.

Ограничение разности уровней между высшей и низшей точками расположения кабелей связано с перемещением пропитывающего состава. Происходит это следующим образом. Жилы кабеля нагреваются электрическим током и происходит объемное расширение всех материалов, из которых изготовлен кабель. Пропитывающий состав обладает наибольшим коэффициентом объемного расширения из материалов, входящих в конструкцию кабеля. Поэтому он фильтруется через кабельную бумагу, проникает в металлическую оболочку и создает избыточное давление в кабеле, приводящее к растяжению оболочки и увеличению ее объема. В кабеле, про-

ложенном вертикально или наклонно, под действием сил тяжести происходит стекание пропитывающего состава (между проволоками жил, по поверхности однопроволочных жил, в зазорах между бумажной изоляцией и оболочкой), в результате чего в нижней части кабеля скапливается избыточное количество пропитывающего состава, а в верхней части образуются пустоты, заполненные летучими веществами и газами. Чем больше разность уровней между высшей и низшей точками расположения кабеля, тем выше гидростатическое давление столба пропитывающего состава на металлическую оболочку кабеля и концевую муфту или заделку. При значительном давлении может произойти деформация оболочки, нарушение герметичности концевой заделки и как следствие вытекание пропитывающего состава. Наличие в кабельной изоляции воздушных и вакуумных включений сопровождается резким ухудшением электрической прочности. При использовании кабелей с алюминиевыми оболочками, обладающими по сравнению со свинцовыми большей механической прочностью, увеличивается наибольшая допустимая разность уровней.

Для кабелей с обедненно-пропитанной изоляцией наибольшая допустимая разность уровней увеличивается до 100 м при свинцовых оболочках и не ограничивается при алюминиевых.

Указанная разность уровней не ограничивается и для кабелей с бумажной изоляцией, пропитанной нестекающим составом.

Кабели прокладывают, как правило, при положительной температуре окружающего воздуха. Размотка, переноска и прокладка кабелей при отрицательных температурах осуществляется после предварительного подогрева.

Способы прокладки кабельных линий. Технологический процесс прокладки кабеля состоит из следующих производственных операций: установки барабана с кабелем; подъема барабана домкратами; снятия обшивки с барабана; раскатки кабеля равномерным вращением барабана и протяжки кабеля вдоль трассы; укладки кабеля и его горизонтального смещения на отведенное место.

Раскатка кабелей может быть осуществлена ручным или механизированным способом.

При ручной прокладке тяжение кабеля осуществляют рабочие-электромонтажники, расставленные таким

образом, чтобы на каждого из них приходилась нагрузка не более 0,35 кН. В качестве приспособлений, облегчающих труд, при данном способе прокладки могут быть использованы линейные ролики или обводные устройства. При прокладке на лотках могут быть использованы специальные каретки для уклади кабеля.

Механизмы, инструменты и приспособления, применяемые для монтажа кабельных линий, приведены в табл. 7.3.

В лотках и коробах следует прокладывать небронированные кабели напряжением до 1 кВ, сечением не более 16 мм². Провода и кабели на лотках и коробах прокладывают вдоль рядов колонн, по стенам, под перекрытиями, в межферменном пространстве, а также на конструкциях, укрепленных непосредственно на оборудовании.

Короба требуют на изготовление больше металла, чем лотки, но обладают рядом преимуществ. Так, провода и кабели в коробах защищены от механических повреждений, пыли и других загрязнений. Практически короба можно прокладывать на любой высоте, а также в полах цехов.

Лотки изготовляют в двух исполнениях: сварные и перфорированные.

Сварные лотки (рис. 7.4) изготовляют секциями по 2 м; состоят они из двух Z-образных профилей из листо-

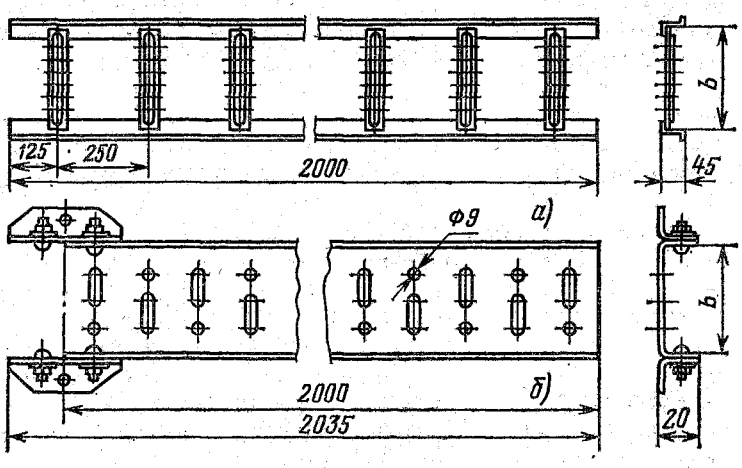


Рис. 7.4. Лоток:
а — сварной; *в* — перфорированный

Таблица 7.3. Механизмы, инструменты и приспособления, применяемые для монтажа кабельных линий

Название	Обозначение	Технические данные	Назначение
Универсальный индивидуальный привод	ПИК-4У	Привод — двигатель внутреннего сгорания. Протягивание на прямом участке 120 м и перемещение по роликам 80 м	Тяжение кабеля при механизированной прокладке в траншеях, каналах, закрытых помещениях и сооружениях
Приспособление для линейной раскатки кабеля	ПС-50	Тяжение двигателем внутреннего сгорания 35 и электродвигателем 15 м/мин, тяговое усилие соответственно 3,5 и 4 кН	То же
Обводное универсальное устройство	Л-219	Диаметр протягиваемого кабеля 20—70 мм	» »
Распорный линейный ролик	ОГК-18	То же	» »
Приспособление	Л-201	» »	Ввод кабеля в трубы
Станция механизации кабельных работ	СМК-1	Автомобиль УАЗ с прицепом, в кузовах которого размещены аппараты, приборы, инструменты и приспособления	Монтаж кабельных линий и испытания
Кабельный транспортер	ТБК-5	Грузоподъемность до 40 кН, транспортная скорость передвижения (с грузом) до 30 км/ч, диаметр барабана 2000 мм, ширина 1180 мм	Перевозка, раскатка и укладка кабеля в траншею
Кабельный домкрат	ДК-3	Грузоподъемность двух домкратов 60 кН, диаметр барабана 1000—2000 мм, масса одного домкрата 54 кг, высота подъема до 200 мм	Подъем барабана с кабелем для вращения его при размотке кабеля
Тормоз	ТКБ	Масса 10 кг. Один тормоз на два домкрата ДК-3	Торможение барабана при раскатке
Кабельный домкрат	ДБК-10	Максимальная масса барабана, поднимаемого двумя домкратами, 10 т; диаметр барабана 2450—3000 мм; высота подъема 100 мм; масса одного домкрата 90,5 кг	Подъем барабана с кабелем и вращение его при размотке кабеля
Кабельные ролики:			
угловой линейный	РРК-У	Размеры 750×685××380 мм, масса 19,6 кг	Размотка кабеля на углах поворота трассы
линейный	РРК-Л	Размеры 800×500××320 мм; масса 5,4 кг	То же на прямых участках трассы
универсальный	РЛУ	Размеры: длина 335 мм, диаметр 170 мм, масса 1,8 кг	
Приспособление	УРК	Размеры 760×340××230 мм; масса 8,8 кг; сечение кабеля до 240 мм²	Линейная раскатка кабеля по кабельным конструкциям в каналах и туннелях

Продолжение табл. 7.3

Название	Обозначение	Технические данные	Назначение
Грузозахватное приспособление	ОГК-34	Грузоподъемность 50 кН; размеры 400×320×180 мм; масса 30 кг	Подъем барабана с кабелем
Зажим	ЗК-1	Сечение протягиваемых кабелей 25—240 мм²; диаметр 70 мм; длина 255 мм; масса комплекта 4,9 кг (в комплекте четыре сменных конуса)	Крепление кабеля к канату при тяжении за жилы
Нож	НКА-1М	Диаметр надрезаемой оболочки кабеля 18—55 мм; масса 1,3 кг	Надрезание алюминиевой оболочки кабеля
Секторные ножницы	НС-1	Наибольшее сечение кабеля с медными жилами 3×10, с алюминиевыми — 3×25 мм²; алюминиевого однопроволочного провода 50, многопроволочного 70 и медного многопроволочного 50 мм². Наибольший диаметр перерезаемого кабеля 25 мм; наибольшее усилие на рукоятке 0,2 кН; размеры 200×75×20 мм; масса 0,35 кг	Перерезание кабеля и проводов
Секторные ножницы	НС-2	Наибольшее сечение перерезаемого кабеля с медными жилами 3×25, с алюминиевыми — 3×70 мм²; алюминиевого однопроволочного провода 120, многопроволочного 240 и медного многопроволочного 150 мм². Наибольший диаметр перерезаемого провода или кабеля 40 мм; наибольшее усилие на рукоятке 0,2 кН; размеры 410×136×22 мм; масса 1,1 кг	То же
Секторные ножницы	НС-3	То же, но бронированного кабеля. Наибольшее сечение перерезаемого кабеля с медными жилами 3×150, с алюминиевыми — 3×240 мм². Наибольший диаметр перерезаемого кабеля 70 мм; наибольшее усилие на рукоятке 0,3 кН; размеры 700×208×32 мм; масса 2,8 кг	Перерезание бронированного кабеля

вой стали и приваренных к ним поперечных перфорированных планок с ребром жесткости. Рабочая ширина лотков 200 и 400 мм. Лотки соединяют между собой болтовыми накладками или сваркой. Для разделения прокладываемых на лотках проводов и кабелей различных цепей применяют разделительный уголок.

Лотки изготовляют секциями длиной 2 м и шириной 50, 100, 200 и 400 мм. По горизонтальным трассам их располагают плашмя, а при прокладке по стенам на ребро. Для спуска и подъема потоков проводов и кабелей лотки устанавливают вертикально.

При горизонтальном расположении лотков плашмя их крепят на кронштейнах, используя для этой цели стандартные кабельные конструкции и перфорированные профили. Для крепления лотков к кабельным полкам применяют специальный прижим.

Расстояние между опорными конструкциями при горизонтальном размещении лотков принимают не более 2 м.

Подъемы и спуски, а также повороты лотков выполняют с помощью перфорированных монтажных полос и профилей, необходимые конструкции которых предварительно заготовляют в МЭЗ.

Для крепления лотков магистралей могут быть использованы универсальные сборные электромонтажные конструкции (УСЭК). Разные профили, полосы и детали их соединения позволяют получать из УСЭК разнообразные нетиповые опорные конструкции. Наличие на всех изделиях квадратной перфорации позволяет применить специальные клиновые соединители, закрепляемые ручным инструментом, и полностью исключить сварку.

Наличие различных элементов для лотков позволяет сочленять прямые лотки разной ширины, закреплять лотки на подвесах, сочленять лотки под прямым углом на поворотах лотковой магистрали в горизонтальной и вертикальной плоскостях (рис. 7.5). Прокладка кабелей на лотках показана на рис. 7.6.

Короба изготовляют из листовой стали размерами 100×50, 150×100 и 200×100 мм секциями длиной 3 м. Короба состоят из швеллерообразного желоба и крышки (рис. 7.7). На поворотах, ответвлениях и пересечении коробов применяют угловые, тройниковые и крестовые вставки, входящие в комплект или изготовленные в МЭЗ. Короба крепят к строительным основаниям на рас-

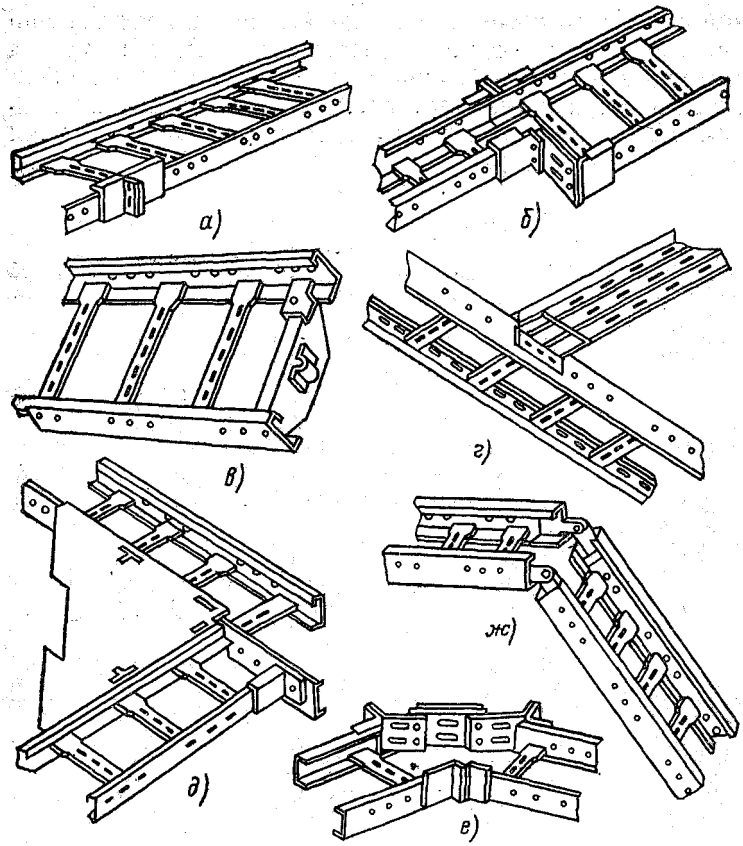


Рис. 7.5. Примеры использования лотков:

а — сочленение прямых лотков; *б* — сочленение лотков различной ширины; *в* — закрепление лотков на подвесках; *г*, *д* — сочленение лотков на поворотах лотковой магистрали; *е*, *ж* — сочленение лотков под любым углом на поворотах лотковой магистрали в горизонтальной и вертикальной плоскостях

стоянии не более 3 м с помощью стандартных кабельных конструкций, кронштейнов, обхватов и подвесов. Крепление коробов к конструкциям выполняют с помощью скоб. Соединение секций коробов осуществляют с помощью соединителей и болтов. Для обеспечения надежного электрического контакта места болтовых соединений коробов и их элементов зачищают до металлического блеска и смазывают техническим вазелином. Высота расположения лотков и коробов не нормируется. В про-

изводственных помещениях их обычно располагают на высоте не менее 2 м, обеспечивая проходы и проезд внутризаводского транспорта.

Провода и кабели для прокладки по лоткам и коробам в виде мерных отрезков заготовляют в мастерских

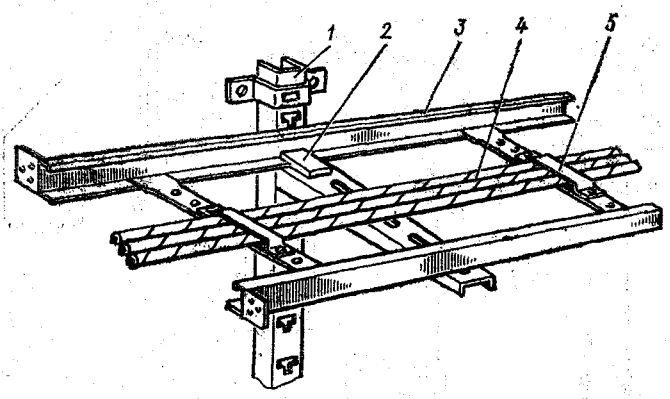


Рис. 7.6. Прокладка кабелей на лотках:
1 — стойка; *2* — прижим; *3* — лоток; *4* — кабель; *5* — скоба

или монтаж их ведут непосредственно с барабанов и бухт. При длинных трассах монтаж проводов и кабелей ведут с протяжкой их вдоль лотков по роликам или желобам, прикрепленным к конструкциям или лоткам. После протяжки провода и кабели перекладывают на лотки и закрепляют.

На лотках провода и кабели прокладывают: однослойно (однорядно) с расстояниями между ними в свету около 5 мм; пучками в один слой (ряд) с расстояниями между пучками около 20 мм; однослойно без промежутков между проводами и кабелями и многослойно.

Таблица 7.4.

Маркировка кабеля	Трасса		
	начало	конец	Марка
23	ЯЧ.8 ЗРУ 10	Компрессорная 1РП-10	ААШв

Способ прокладки определяет проектная организация с учетом коэффициентов допустимых длительных токовых нагрузок прокладываемых проводов и кабелей. Пучки кабелей и проводов скрепляют бандажами на расстоянии не более 4,5 м на горизонтальных и не более

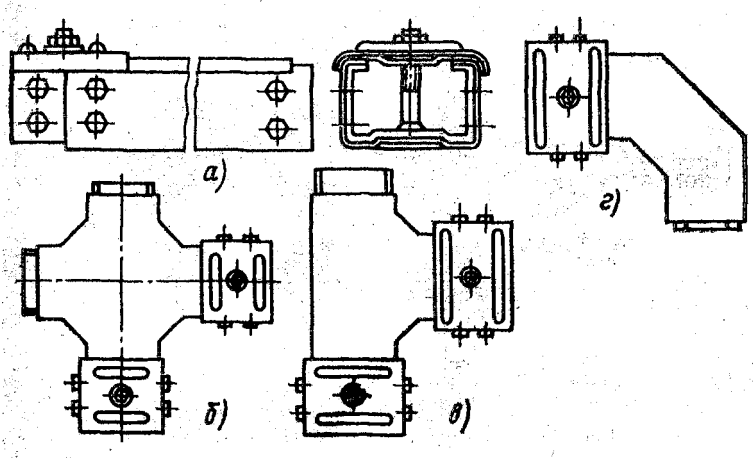


Рис. 7.7. Короба:
а — прямые; *б* — крестообразные; *в* — тройниковые; *г* — угловые

1 м на вертикальных прямых участках. Крепление отдельных проводов и кабелей на прямых участках трассы при горизонтальной установке лотков не требуется.

При установке лотков плашмя на вертикальной плоскости, а также на спусках и подъемах лотков провода и кабели крепят на расстоянии не более 1 м.

В местах поворота трассы и ответвления во всех случаях провода и кабели закрепляют на расстоянии не более 0,5 м от поворота или ответвления. В коробах провода и кабели прокладывают одно- и многослойно с про-

Кабельный журнал

Кабель				
по проекту		проложенный		
Количество кабелей, число и сечение жил, напряжение	Длина, м	Марка	Количество кабелей, число и сечение жил, напряжение	Длина, м
2(3×240)—10	365	Графы заполняются при монтаже		

извольным расположением. При горизонтальном расположении коробов крышкой вверх крепление проводов и кабелей к коробу не требуется. При другом расположении коробов (вертикально, крышкой вниз или в боковую сторону) провода и кабели крепят к коробу с расстоянием не более 3 м при крышке с боковой стороны; 1,5 м при крышке снизу и 1 м при вертикальном расположении короба.

Провода и кабели, прокладываемые в лотках и коробах, для распознавания цепей маркируют согласно кабельному журналу. Бирки вешают на провода и кабели по концам лотков и коробов, на поворотах трассы и на ответвлениях, а также в местах подключения их к электрооборудованию.

Кабельный журнал составляют в виде таблицы, в которой указывают начальные и конечные пункты кабельной трассы, марку, количество кабелей, число и сечение жил, напряжение и длину кабеля. Пример заполнения кабельного журнала приведен в табл. 7.4.

7.3. Монтаж кабелей и проводов в стальных и пластмассовых трубах

Когда необходимо защищать кабели и провода от механических повреждений, от воздействия агрессивных грунтов и блуждающих токов, их прокладывают в пластмассовых, асбестоцементных, стальных и других трубах. Материал труб определяется в проекте. Внутренний диаметр труб для кабелей всех марок со сплошными алюминиевыми жилами и для кабелей с пластмассовыми защитными покровами равен двукратному наружному диаметру кабеля, для всех остальных кабелей — полуторакратному.

Стальные трубы. Наибольшее применение получили тонкостенные (легкие) стальные водогазопроводные трубы, использующиеся для открытых и скрытых внутренних и наружных электропроводок во всех установках и средах (кроме взрывоопасных, где применяют стальные водогазопроводные обыкновенные трубы). Стальные электросварные трубы разрешены для электропроводок в сухих, жарких, влажных и пыльных помещениях.

Защитные трубные проводки во всех случаях, где это возможно, монтируют крупными блоками, изготовленными и собранными в МЭЗ. Форма защитных трубных

проводок должна быть максимально приближена к прямой линии.

Радиусы изгиба труб принимают в зависимости от вида электропроводок: для открытой прокладки и в подливке пола рекомендуются угловые элементы с радиусом изгиба 200 и 400 мм, для прокладки в фундаментах агрегатов — угловые элементы с радиусом изгиба 800 мм. В виде исключения при скрытой прокладке проводов, когда вскрытие трубы не представляет особых затруднений, допускается радиус изгиба, равный шести наружным диаметрам трубы.

Неразъемные соединения труб выполняют электрической сваркой. Такие соединения при толщине стенок труб более 2 мм разрешены в помещениях всех классов кроме взрывоопасных. Во всех случаях сварку производят только с использованием накладной муфты.

Разъемные соединения водогазопроводных труб выполняют в протяжных коробках и муфтах с накатной резьбой.

Во влажных, пыльных, сырых и особо сырых помещениях и помещениях с химически активной средой соединительные части устанавливают с уплотнением резьбы, а протяженные коробки — с уплотнением мест ввода трубы в коробки с помощью сальников, поставляемых в комплекте с коробками. Резьбовые соединения уплотняют льняной пряжей, пропитанной суриком или белилами. В сухих и жарких помещениях с нормальной средой соединительные части и протяжные коробки не уплотняют.

При переходе защитных трубопроводов из сухих помещений в сырые или из отапливаемых помещений в неотапливаемые в трубах образуется конденсат. Во избежание повреждения изоляции электрических проводов конденсат отводят, для чего защитные трубопроводы прокладывают с уклонами, значения которых определяют в зависимости от местных условий, но не менее 1 : 100. Для отвода конденсата используют также тройниковые и крестовые соединительные части. Со стороны сырых или неотапливаемых помещений на защитных трубопроводах устанавливают водосбросные трубки, а со стороны сухих или отапливаемых — разделительные уплотнения.

Открыто проложенные стальные трубы крепят скобами или хомутами. Расстояние между креплениями открыто проложенных стальных труб на горизонтальных и

вертикальных участках зависит от внутреннего диаметра трубы:

Внутренний диаметр трубы, мм (до)	20 ($^3/_4$″)	30 ($1^1/_2$″)	50 (2″)
Расстояние между креплениями	2,5	3	4

Кроме того, открытые электропроводки в трубах дополнительно закрепляют на расстоянии не далее чем 0,8 м от приборов, аппаратуры, исполнительных механизмов и т. п. и не далее чем 0,3 м от протяжных коробок. Гибкие металлические рукава закрепляют через каждые 0,5—0,75 м.

Трубопроводы, прокладываемые открыто, защищают от коррозии окраской поверхностей битумным или каменноугольным лаком. Окрашивают также скобы, метизы, соединительные части и несущие конструкции, если они не имеют гальванических антикоррозийных покрытий.

Провода протягивают только в полностью смонтированные трубопроводы. Открытые концы положенных и закрепленных труб до протяжки в них проводов закрывают деревянными или пластмассовыми заглушками, чтобы в трубы не попадала грязь и посторонние предметы. Чтобы не повредить изоляцию проводов при протягивании в трубы, на концы труб предварительно надевают пластмассовые втулки.

Перед затягиванием проводов трубопровод очищают внутри и снаружи и продувают сжатым воздухом, а затем вдувают в него тальк.

Во время прокладки в трубопроводы затягивают стальную проволоку диаметром 1—2 мм или стальной трос таким образом, чтобы его концы выступали из концов трубопровода. На одном выступающем конце делают петлю, к которой привязывают подготовленные для протяжки провода, собранные в жгут. Конец жгута или провода привязывают к проволоке или тросу. Для протягивания используют ручные лебедки. Для удобства замены поврежденных проводов жгут по мере протягивания в трубопровод освобождают от перевязок из шпагата.

Провода, проложенные в трубах, которые расположены вертикально или под углом 45° к горизонтальной плоскости, при длине вертикального участка более 20 м закрепляют зажимами или другими устройствами, помещенными в протяжных коробах или фитингах.

Во избежание попадания влаги внутрь трубопровода провода затягивают в сухую погоду и закрывают все крышки протяжных коробок сразу же после окончания протяжки. Изделия и детали, применяемые для монтажа электропроводок в трубах, приведены в табл. 7.5.

Пластмассовые трубы. Из пластмассовых труб наибольшее применение получили винипластовые. Винипласт водостоек и негорюч, обладает высокой механической прочностью, хорошо обрабатывается на металлорежущих станках, сваривается и склеивается, химически стоек к воздействию агрессивных сред. Недостатки винипласта: слабая сопротивляемость удару, низкая теплостойкость, хрупкость при температуре ниже нуля и большой коэффициент линейного расширения.

Физико-механические свойства винипласта позволяют применять винипластовые трубы для защиты открытых электропроводок в сухих, влажных, сырых, особо сырых и пыльных помещениях, а также в помещениях с химически активной средой только по несгораемым и трудносгораемым стенам, перекрытиям и конструкциям. Скрытую электропроводку в винипластовых трубах по сгораемым стенам, перекрытиям и конструкциям прокладывают по слою листового асбеста толщиной не менее 3 мм или по штукатурке толщиной не менее 5 мм, а затем трубы заштукатуривают слоем штукатурки не менее 10 мм.

Скрытые электропроводки в полах помещений выполняют в толще подготовки полов на глубине, обеспечивающей замоноличивание труб слоем бетонного раствора толщиной не менее 20 мм.

Защитные винипластовые трубы запрещается применять во взрыво- и пожароопасных помещениях, в детских яслях и садах, пионерских лагерях, больницах, на чердаках, в животноводческих помещениях колхозов и совхозов, а также выполнять открытую прокладку винипластовых труб в зрительных залах, на сценах и в кинобудках зрелищных предприятий и клубов.

Температура окружающей среды в помещениях, где прокладывают винипластовые трубы, должна быть в пределах от —20 до +60 °С.

Для монтажа могут использоваться комплекты нормализованных соединительных элементов винипластовых труб и установочных изделий к ним. В такие комплекты, кроме труб, входят протяжные пластмассовые коробки,

Таблица 7.5. Изделия и детали, применяемые для монтажа электропроводок в стальных трубах

Изделие	Обозначение	Размеры, мм			Назначение
		длина	ширина	наружный диаметр труб или кабелей	
Однолапковые скобы	К252; К253; К254	51; 57; 64	20	22; 27; 34	Крепление труб или кабелей к разным основаниям болтами, винтами и дюбелями при вертикальной прокладке
Двухлапковые скобы	К142—К145	84—102	20	27; 34; 43; 38	То же при горизонтальной прокладке
	К146п—К148п	138—166	20	60; 76; 89	Крепление труб пристрелкой дюбель-гвоздями к кирпичным и бетонным основаниям
Стальные хомуты	С437—С442	Высота 58—118	36—98	27—88	Крепление труб к металлоконструкциям
Стальные накладки (НТ-1, НТ-2, НТ-4 и НТ-5)	К193—К197	86—172	25; 35	27—76	Крепление двух труб или кабелей одинакового диаметра к конструкциям
Полиэтиленовые втулки	—	В17—В82	—	Внутренний диаметр 15—82	Защита изоляции проводов или кабелей от механических повреждений
Полиэтиленовые заглушки	У467—У470	16—30	—	Внутренний диаметр 15—42	Временное закрывание концов труб

Гибкие вводы	К1080—К1088	425—940	—	25—61	Выполнение гибких участков трубных проводок при вводе в корпус электрооборудования
Муфты	ТР2	44	58	20—22	Безрезьбовое соединение гибких металлорукавов со стальными трубами, а также тонкостенных труб с патрубками
	ТР4	50	58	25—27	
	ТР5	66	62	32—34	
	ТР7	98	—	47—49	
	ТР8	98	—	59—61	
	ТР9	150	—	75—77	
	ТР10	150	—	88—90	
Вводные патрубки	У476	55	—	25—27	Ввод в металлические корпуса тонкостенных труб и металлорукавов, соединение патрубков с муфтами ТР2—ТР10
	У477	55	—	32—34	
	У478	68	—	47—49	
	У479	90	—	59—61	
Установочные заземляющие гайки	К480—К486	—	27—90	20—77	Создание электрического контакта между корпусом электрооборудования и стальными трубами или гибкими вводами
Сальники:					
ввертные	У264—У266	33—43	—	6—22	Уплотнение мест ввода кабелей в корпуса аппаратов, коробок и т. п.
трубные	У258—У260	30—50	—	8—32	
привертные	У261—У263	43—58	—	6—22	

Продолжение табл. 7.5

Изделие	Обозначение	Размеры, мм			Назначение
		длина	ширина	наружный диаметр труб или кабелей	
Ответвительные коробки	К75	100	60	—	Соединение и ответвление проводов и кабелей, прокладываемых в трубах
	К76	130	80	—	
	К77	250	110	—	
Протяжные коробки	У994; У994м	129	129	—	Протяжка и разветвление проводов и кабелей, прокладываемых в трубах
	У995; У995м	165	165	—	
	У996; У996м	221	221	—	
		Высота:		Глубина:	
Протяжные ящики	К654; К654м	400	400	200	То же в трубах и коробках
	К655; К655м	600	400	200	
	К656; К656м	600	600	200	
	К657; К657м	800	600	300	
	К658; К658м	1200	800	300	
	К659; К659м	600	400	200	

Примечания: 1. У протяжных ящиков улучшенной конструкции серий К654—К659 дверца крепится на петлях и запирается с помощью болтов. 2. Конструкция ящика К659 позволяет углублять его до 150 мм в пол при переходе отрытых проводов к замоноличиваемым в полу. 3. Протяжные ящики с индексом «м» отличаются от ящиков без этого индекса степенью защиты. 4. Для монтажа электропроводок в трубах выпускают проходные металлические прямоугольные коробки КМП, КМУ; тройниковые КМТ и крестовые КМК, а также чугунные взрывозащищенные КПЛ, КПП, КТО, КТД и др.

клицы для подвижного крепления труб, винипластовые соединительные муфты и отводы, уплотнительные втулки, а также клей БМК-5К.

Монтаж электрических проводок в защитных винипластовых трубах выполняют в основном так же, как в стальных трубах, но есть существенные отличия в технологии их монтажа. Вследствие большого коэффициента линейного расширения винипластовых труб наименьшие требуемые расстояния между ними и трубами отопления и горячего водоснабжения при параллельной прокладке должны быть не менее 10 мм, при пересечении — не менее 50 мм.

При монтаже открыто прокладываемых электропроводок в защитных винипластовых трубах предусматривают компенсацию температурных изменений длины трубопроводов элементами самого трубопровода (углами, «утками») и установкой подвижных креплений в отдельных местах трассы для свободного перемещения труб вдоль своей оси. Подвижные крепления выполняют с помощью клиц, прикрепляемых дюбелями к строительным основаниям, и металлических скоб, но при соблюдении мер, исключающих повреждение пластмассовых труб. Одиночную трубную проводку крепят с помощью Z-образного металлического профиля и однолапковых скоб. Чтобы не повредить трубу, под скобы подкладывают неметаллические прокладки.

Неподвижные крепления располагают у ввода труб в приборы, протяжные и соединительные коробки, а также при вертикальной прокладке труб, чтобы избежать их смещения.

Механическая прочность винипластовых труб резко снижается при повреждении их поверхности, поэтому при обработке и монтаже трубы предохраняют от глубоких рисок, надрезов и т. п. В местах возможных механических повреждений трубы защищают съемными щитками из перфолотка или уголка, а при выходе проводки из бетонной подливки пола на стену винипластовую трубу заменяют стальной.

Соединения винипластовых труб выполняют разъемными негерметичными только в сухих помещениях при отсутствии пыли. В остальных случаях выполняют неразъемные герметичные соединения на клее. Склеивают трубы клеем БМК-5К в помещении, защищенном от атмосферных осадков, при температуре окружающего воз-

духа 5—30 °С. Время отверждения клея при температуре 20 °С не более 4 мин.

Винипластовые трубы, поставляемые в комплекте, на одном конце могут иметь раструб, в который вставляют соединяемые с ним элементы (трубы, уголки). Склеивают раструбные соединения в такой последовательности. Наружную поверхность конца соединяемой трубы и внутреннюю поверхность раструба зачищают мелкой наждачной бумагой до исчезновения глянца. Склеиваемые поверхности протирают ацетоном для устранения жировых пятен и загрязнений. Затем на подготовленные поверхности равномерно тонким слоем наносят клей и вводят прямой конец трубы в раструб, не допуская при этом вращения. Лишний клей, вытесненный из зазора между склеиваемыми поверхностями, удаляют. Детали после склеивания выдерживают в покое не менее 2 ч, а транспортироваться они могут не ранее чем через 24 ч.

Изделия и детали, применяемые для монтажа пластмассовых труб, приведены в табл. 7.6.

Таблица 7.6. Изделия и детали, применяемые для монтажа пластмассовых труб диаметром 20—50 мм

Изделие	Обозначение	Размеры, мм		Назначение
		длина	ширина	
Протяжные коробки	У272	116	65	Протяжка и ответвление проводов и кабелей, выводных отверстий
	У273	146	91	
	У274	166	65	
	У275	216	91	
Уплотнительные втулки	У292	48	26	Уплотнение мест ввода труб в коробки
	У293	72	37	
Соединительные муфты	У276—У279, У297	54—110	—	Соединение участков трубопровода (труб между собой и уголков с трубами)
	У438—У442	150		
Соединительные уголки	У294, У280—У283, У282—У386	—	—	Поворот трассы трубопровода на 90°
				То же на 135°
Винипластовые трубы:				
с раструбом	У298—У300	3000	—	Прокладка прямых участков трассы трубопровода
с фасками	У433—У434 У41—У45			

7.4. Особенности и средства монтажа цеховых электрических сетей на кабельных эстакадах

Прокладка кабелей на эстакадах применяется для межцеховых электрических сетей до 10 кВ по территории промышленных предприятий. Кабельные эстакады выполняют: непроходными железобетонными, проходными железобетонными, металлическими и комбинированными (рис. 7.8). На эстакадах допускается прокладывать

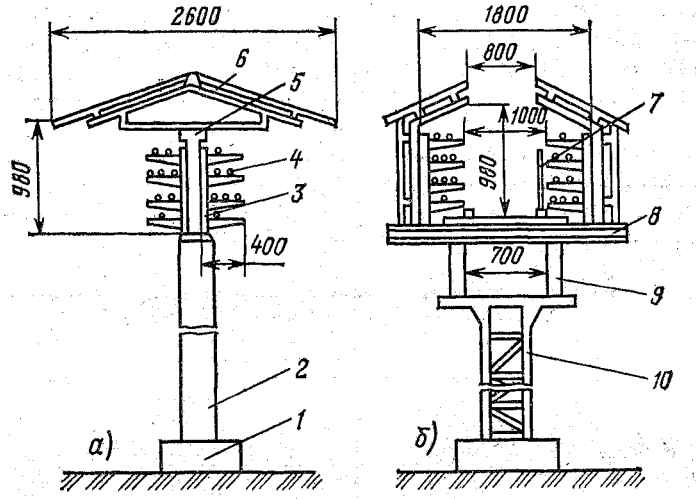


Рис. 7.8. Кабельные эстакады:

а — непроходная железобетонная; *б* — проходная металлическая; *1* — железобетонное основание; *2* — железобетонная колонна; *3* — кабельная конструкция (стойка и полка); *4* — кабель; *5* — железобетонная балка; *6* — защитное укрытие; *7* — защитные панели; *8* — металлическая траверса; *9* — несущие металлические фермы; *10* — металлическая колонна

до 30 силовых кабелей. Для прокладки по эстакадам применяют кабели без наружного покрова, имеющие антикоррозийную защиту, или с наружным защитным покровом из негорючих материалов. Раскатку кабеля по эстакадам рекомендуется производить с помощью специально оборудованной автомашины при наличии условий для ее прохождения вдоль трассы. При отсутствии специального оборудования или условий для его прохождения вдоль трассы прокладку можно произвести с помощью электролебедки тяжением кабеля канатом по ро-

ликам. Раскатывают кабель с барабана, установленного на кабельных домкратах на одном конце эстакады; на противоположном размещают тяговую лебедку (рис. 7.9). Способы крепления кабеля к тросу показаны на рис. 7.10.

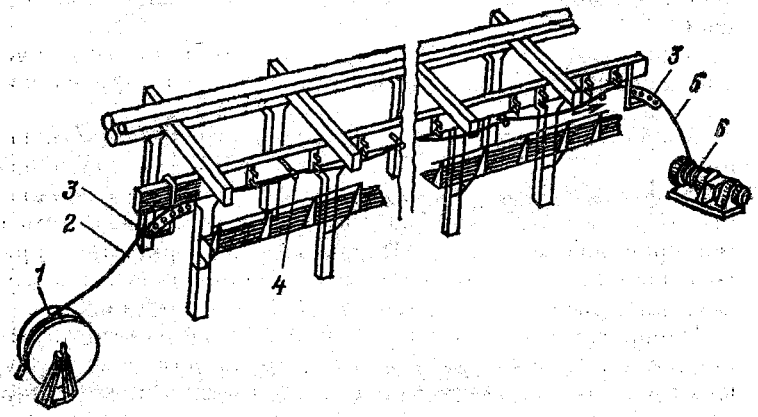


Рис. 7.9. Раскатка кабеля с помощью лебедки:

1 — барабан с кабелем, установленный на домкратах; *2* — кабель; *3* — угловой ролик; *4* — линейный ролик; *5* — трос; *6* — лебедка

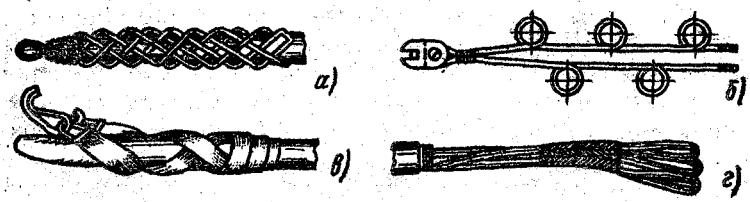


Рис. 7.10. Способы крепления кабеля к тросу:

а — проволочным чулком; *б* — концевым кабельным захватом; *в* — брезентовым поясом; *г* — непосредственно за жилы кабеля

7.5. Монтаж концевых кабельных муфт и заделок

Классификация кабельных муфт. Кабельная муфта — устройство, предназначенное для соединения, ответвления кабелей и для присоединения их к электроаппаратам или воздушным линиям электропередачи.

Соединительная кабельная муфта — устройство, предназначенное для соединения кабелей.

обеспечивающее надежность и герметичность соединения.

Стопорная кабельная муфта — специальная соединительная муфта, предназначенная для соединения кабелей и предотвращения стекания кабельной массы при прокладке кабелей на трассах с перепадами по высоте.

Ответвительная кабельная муфта — специальная муфта, предназначенная для присоединения ответвительного кабеля к магистральной кабельной линии.

Концевая кабельная муфта — устройство, предназначенное для присоединения кабелей к аппаратам наружной и внутренней установки или воздушным линиям электропередачи.

Концевая кабельная заделка — устройство, предназначенное для присоединения кабелей к аппаратам внутренней установки. Кабельная заделка не имеет специального защитного корпуса.

Типы подразделяются на марки в зависимости от их конструктивного исполнения. В зависимости от габаритов для различных сечений кабелей марки муфт классифицируются по маркоразмерам. Например, муфта соединительная, с эпоксидным корпусом, имеющим продольный разрез в вертикальной плоскости, СЭв на напряжение 1 кВ имеет два маркоразмера: СЭв-1 и СЭв-2.

Концевые кабельные муфты. Существующие конструкции концевой кабельной арматуры не являются универсальными, каждая рассчитана на конкретную область применения. В отличие от соединительных концевые муфты имеют только одну среду для размещения — воздух как внутри помещений, так и в наружных установках.

Для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение до 1 кВ применяют концевые мачтовые муфты 3КМ и 4КМ и эпоксидные КНЭ (рис. 7.11), для кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 1 кВ — эластомерные муфты ПКНР или чугунные мачтовые концевые муфты 3ПКМЧ, 4ПКМЧ.

Ответвительные кабельные муфты. При подводе к потребителям применяют ответвительные чугунные ОЧ или эпоксидные ОЭ. Существует несколько исполнений ответвительных муфт: ОЧт — чугунная Т-образная для

ответвления кабеля под углом 90°; ОЧу — чугунная У-образная под углом 30°; ОЧк — чугунная крестообразная для ответвления двух кабелей. Во всех муфтах пре-

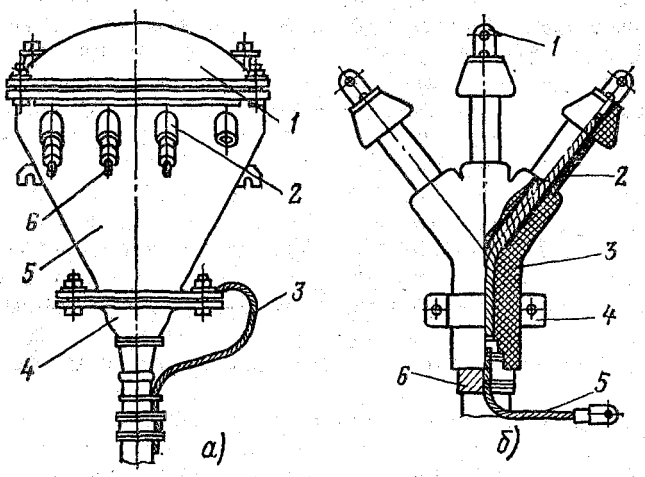


Рис. 7.11. Концевые муфты:

а — мачтовая КМ; *1* — крышка; *2* — изолятор; *3* — проводник заземления; *4* — свинцовая манжета; *5* — корпус муфты; *6* — контактный стержень; *б* — концевая КНЭ; *1* — кабельный наконечник; *2* — проходной изолятор; *3* — корпус муфты; *4* — скоба для крепления; *5* — привод заземления; *6* — подмотка из хлопчатобумажных лент

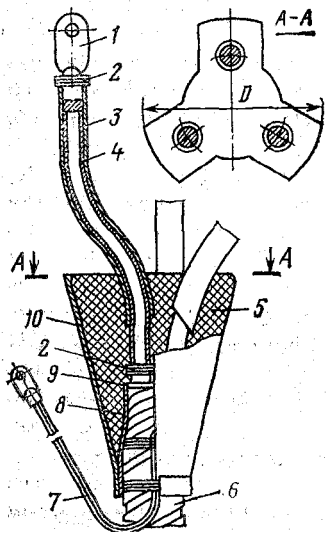


Рис. 7.12. Концевая эпоксидная заделка КВЭ:

1 — наконечник; *2* — бандаж; *3*—трубка; *4* — изоляция жилы; *5* — эпоксидный компаунд; *6* — кабельная броня; *7* — проводник заземления; *8* — подмотка; *9* — поясная изоляция; *10* — корпус заделки

дусмотрена открытая разделка кабелей с последующей заливкой битумным или эпоксидным составом (для муфт ОЭ).

Концевые кабельные заделки. Для большинства типов концевых заделок кабельные составы не требуются.

Для кабелей с бумажной изоляцией на напряжение до 1 кВ применяют муфты марки КВР или термоусаживаемые полиэтиленовые перчатки 3КВТп, 4КВТп.

Концевые заделки с корпусом из эпоксидного компаунда и трубками для герметизации жил КВЭ (рис. 7.12) предназначены для оконцевания кабелей на напряжение 1 кВ внутри помещений, а также для наружных установок при условии защиты заделки от непосредственного воздействия атмосферных осадков, запыления и солнечных лучей. Эти заделки устанавливают в любом положении и могут применяться в химически активной среде. В соответствии с необходимой степенью защиты от проникновения влаги из окружающего воздуха заделки КВЭ применяют таких исполнений:

КВЭтв — с термоусаживаемыми поливинилхлоридными трубками; КВЭк — с кремнийорганическими трубками; КВЭн — с трубками из найритовой резины; КВЭт — с трехслойными трубками. Заделки с термоусаживаемыми трубками во влажных и сырых помещениях используют с дополнительной подмоткой из самосклеивающихся лент под трубками.

Концевые эпоксидные заделки КВЭп применяют в сырых и особо сырых помещениях для оконцевания трехжильных кабелей. Эти заделки устанавливают в горизонтальном или вертикальном положении и под любым углом наклона.

Концевые заделки из самосклеивающих лент КВсл применяют для оконцевания кабелей с бумажной изоляцией с алюминиевыми или медными жилами сечением до 240 мм^2 внутри сухих помещений при разности уровней между высшей и низшей точками трассы кабеля до 5 м. Допускается их применение при разности уровней до 10 м. Концевые заделки в резиновых перчатках КВР используют для оконцевания кабелей с бумажной изоляцией на напряжение до 1 кВ в сухих и влажных помещениях при разности уровней для нижней заделки более 10 м. Их устанавливают в любом положении.

Концевые заделки КВЭО с подмоткой из хлопчатобумажных лент, промазанных эпоксидным компаундом,

применяют для оконцевания одножильных кабелей напряжением до 1 кВ для тех же условий, что и для заделки КВЭ.

Для кабелей с пластмассовой изоляцией для установки внутри помещения применяют концевую заделку типа ПКВ, а в сырых помещениях — ПКВЭ (рис. 7.13).

Разделка концов кабеля. Монтаж кабельных муфт и заделок относится к скрытым работам, поэтому в объем

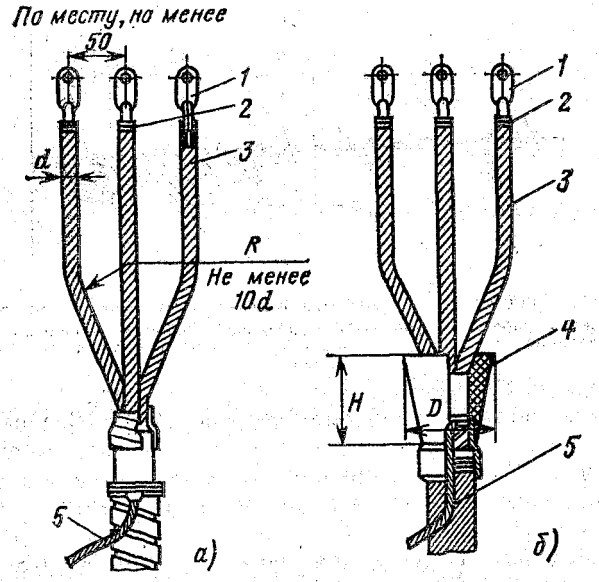


Рис. 7.13. Концевая заделка типа ПКВ (*а*) и ПКВЭ (*б*):
1 — наконечник; *2* — бандаж из суровых ниток; *3* — фазная обмотка поливинилхлоридной ленты; *4* — эпоксидный корпус; *5* — провод заземления

исполнительной документации включают журнал разделки кабельных муфт. Кроме того, это технически сложная работа, выполняемая электромонтажниками по кабельным сетям высокой квалификации.

Место монтажа муфт и заделок необходимо защищать от попадания влаги и пыли. При выполнении работ на открытом воздухе и в помещениях с наличием капели, брызг и пыли должны применяться непромокаемые палатки.

Разделка концов кабеля заключается в последова-

тельном ступенчатом удалении на определенной длине его защитных покровов, оболочек, брони, экранов и изоляции. Правильная разделка кабеля, чистота и аккуратность в значительной мере определяют качество монтажа кабельных муфт и заделок.

Размер разделки конца кабеля зависит от конструкции муфты или заделки, напряжения кабельной линии и сечения кабеля и определяется ступенями защитных

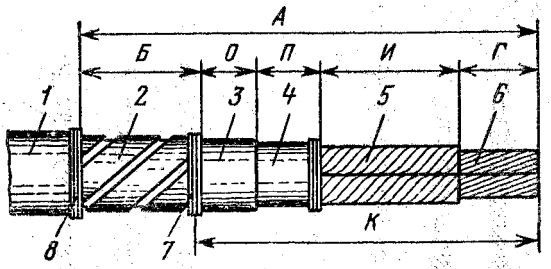


Рис. 7.14. Разделка трехжильного кабеля с бумажной изоляцией: *1* — наружный кабельный покров; *2* — кабельная броня; *3* — оболочка; *4* — поясная изоляция; *5* — изоляция жилы; *6* — токоподводящая жила; *7* и *8* — бандажи

покровов, оболочек и изоляции (рис. 7.14). Все необходимые размеры приводят в технической документации на муфты. При разделке не учитывают длину кабеля, находящегося под герметизирующим колпачком, а также выведенного через щеку барабана наружу, поскольку в этих местах изоляция обычно повреждается.

Приступая к разделке, на конец кабеля накладывают бандаж, а затем его ровно отрезают секторными ножницами НС-1, НС-2 или НС-3, предназначенными для кабелей: с медными жилами сечением 3×10, 3×25, 3×150 мм²; с алюминиевыми жилами 3×25, 3×70, 3×240 мм².

Конец разделываемого кабеля распрямляют и на расстоянии *А* (рис. 7.14) от его конца поверх защитного покрова накладывают бандаж из двух-трех витков стальной оцинкованной проволоки. Начало и конец бандажа соединяют скруткой, которую пригибают к бандажу. В месте намотки бандажа предварительно подматывают смоляную ленту.

Наружный кабельный покров разматывают от конца кабеля до бандажа и не срезают, а оставляют для за-

щиты брони от коррозии. Размотанную кабельную пряжу загибают за пределы бандажа или временно наматывают на неразделанную часть кабеля. Если кабель введен в кабельное сооружение или производственное помещение, наружный кабельный покров необходимо снять со всего кабеля.

Другой проволочный бандаж накладывают на броню кабеля на расстоянии *Б* (рис. 7.14) от первого. Длина участка между бандажами обычно принимается 50—80 мм. В некоторых случаях размер *Б* достигает 100—160 мм по условиям уплотнения горловины соединительной, ответвительной или концевой муфты (соединительные и ответвительные чугунные муфты, стальные воронки и др.).

Наложив бандаж на кабель, немного раскручивают его броню, чтобы отделить от оболочки. Броню кабеля надрезают по кромке второго бандажа на расстоянии $К=А—Б$ от конца кабеля (рис. 7.14) бронерезкой или ножовкой с ограничителем глубины резания. Затем броню разматывают, начиная с конца кабеля, перегибают в разные стороны по надрезу, обламывают и снимают. Заусенцы удаляют напильником.

На кабели с круглой проволочной броней накладывают бандаж из 15—20 витков стальной проволоки диаметром 3 мм. Наложение бандажа выполняют с помощью пассатижей или специального инструмента — клетневки (рис. 7.15). Начало и конец бандажа соединяют скруткой (ее длина 40—50 мм), которую пригибают к бандажу. Стальные проволоки брони, начиная с конца кабеля, отделяют одна от другой, выпрямляют, перегибают у бандажа на 180°, укладывают вдоль кабеля и временно закрепляют проволокой.

Подброневые и надброневые покровы разматывают, но не обрезают, а сматывают в клубки и подвязывают к кабелю.

После удаления бронепокрова раскручивают и снимают с оболочки пропитанную кабельную пряжу. Крепированную бумагу и битумный состав по оболочке подогревают беглым огнем пропановой горелки до 40—50 °С и также удаляют. Освобожденную от покрова оболочку кабеля протирают тряпками, смоченными в бензине или трансформаторном масле (подогретом до 40 °С), чтобы удалить с ее поверхности битумный состав. Затем приступают к операции удаления оболочки

кабеля. Ее удаляют, отступив от среза брони на расстояние, необходимое для припайки к оболочке горловины муфты или заделки заземляющего проводника (обычно 50—70 мм). В чугунных муфтах участок оболочки используется только для присоединения проводника заземления, поэтому это расстояние уменьшается до 25—35 мм.

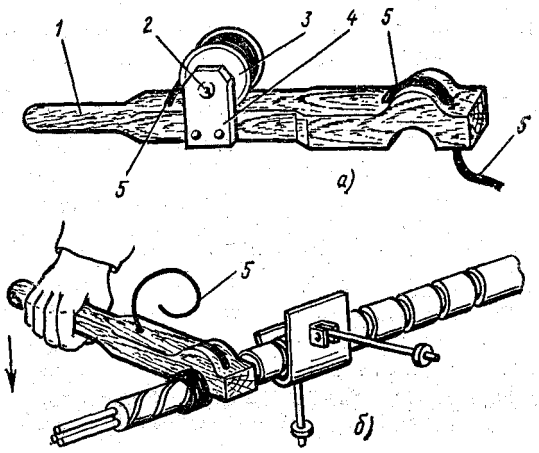


Рис. 7.15. Устройство клетневки (*а*) и ее положение при наложении бандажей (*б*):
1 — рукоятка; *2* — ось; *3* — бобина; *4* — кронштейн; *5* — проволока

Для удаления свинцовой оболочки на расстоянии *О* (рис. 7.14) от среза брони делают первый кольцевой надрез, а затем, отступив от него на расстояние *П*, — второй. Для одножильных кабелей и кабелей с отдельно освинцованными жилами второго кольцевого надреза не делают. Размер *П* определяется длиной ступени поясной изоляции, необходимой для увеличения электрической прочности муфты у обреза металлической оболочки (15—20 мм—для кабеля напряжением до 1 кВ и 25 мм—для кабеля 6—10 кВ).

От второго концевого надреза до конца кабеля делают два продольных надреза на расстоянии 10 мм друг от друга на половину толщины оболочки. При выполнении надрезов лезвие ножа располагают с некоторым наклоном к линии надреза, что уменьшает опасность прорезания изоляции жил. Надрезы выполняют специ-

альными ножами различной конструкции с регулируемой глубиной реза, чем исключается возможность повреждения изоляции. Край полоски свинцовой оболочки между продольными надрезами поднимают ножом или отверткой и захватывают концами плоскогубцев. Вращая плоскогубцы, накручивают на их концы всю полоску до второго кольцевого надреза, отрывая ее от оболочки. Отделение полоски может быть выполнено постепенным отгибанием.

Края оболочки раздвигают, отламывают ее у второго кольцевого надреза и снимают. Часть оболочки между первым и вторым кольцевыми надрезами временно оставляют для предохранения поясной изоляции от надрывов при изгибе жил. Ее удаляют после того, как будут разведены, выгнуты соответствующим образом и соединены жилы кабелей, т. е. непосредственно перед заделкой конца кабеля в соединительную или концевую муфту. Такой порядок снятия свинцового кольца обеспечивает сохранность изоляции жил при их разведении в месте выхода из металлической оболочки.

Чтобы снять алюминиевую оболочку, обладающую по сравнению со свинцовой большей прочностью и твердостью, применяют нож НКА-1м с режущими дисками. Установив режущий диск этого инструмента под углом 90° к оси кабеля, делают два кольцевых надреза в указанных ранее местах. Затем выполняют надрез по винтовой линии, для чего нож поворотом головки вокруг оси устанавливают под углом 45° к оси кабеля, зажимают оболочку между призмой и режущим диском и вращательным движением надрезают ее по спирали до конца кабеля. Удаление алюминиевой оболочки производят плоскогубцами аналогично удалению свинцовой.

Конструкция гофрированной алюминиевой оболочки не позволяет удалить ее описанными способами, поэтому применяют специальный ключ, на конце которого имеется прорезь размером 1,5×35 мм. Для снятия оболочку надрезают на расстоянии 10—15 мм у выступа гофра, надрезанную часть оболочки отгибают плоскогубцами на шаг гофра и надрывают дальше на 25—30 мм. Полоску оболочки закрепляют в прорези ключа. При поворачивании ключа по часовой стрелке удаляемая полоска равномерно наматывается на него.

Выполнение надрезов на стальных гофрированных оболочках вызывает трудности, поэтому такие оболоч-

ки удаляют, делая только круговой надрез. В отличие от других конструкций оболочек стальная гофрированная оболочка обычно неплотно обжимает сердечник кабеля, что позволяет удалить ее перегибами в разные стороны по надрезу.

Разделка кабеля завершается удалением поясной бумажной изоляции и полупроводящей (черной) бумаги, разматываемой от конца кабеля и обрываемой (но не срезаемой ножом) у места временного среза оболочки. Жилы кабеля немного разводят в стороны и отрезают ножом заполнители между жилами кабеля. При этом лезвие ножа должно быть направлено вдоль жил в сторону неразделываемой части кабеля. Затем жилы кабеля плавно и постепенно выгибают с помощью шаблона. При этом на жилах временно оставляют расцветочные ленты для предохранения изоляции от загрязнения.

Шаблон вводят между жилами так, чтобы они попали в его углубления. При отсутствии шаблона выгиб жил допускается производить вручную, не допуская крутых переходов.

Допустимый радиус изгиба жил кабеля с бумажной изоляцией должен быть не менее 10—12,5-кратного размера высоты сектора или диаметра жилы (кратность 12,5 относится к жилам сечением более 120 мм^2). Радиус изгиба отдельно освинцованных жил кабеля с пропитанной и осушенной бумажной изоляцией должен быть не менее 25. Далее изоляцию жил снимают на участке, длина которого определяется способом соединения или оконцевания жил. Изоляцию у места обреза предварительно перевязывают двумя-тремя витками суровых ниток. Бумажные ленты удаляют, разматывая их и обрывая у бандажа.

Затем снимают участок оболочки, временно оставленный между кольцевыми надрезами. Удаляют также и полупроводящие ленты, находящиеся поверх поясной изоляции. У места среза оболочки оставляют ступень этой ленты длиной 5 мм, а оголенный участок поясной изоляции закрепляют бандажом из суровых ниток. Торцы свинцовой или алюминиевой оболочки опиливают для удаления острых краев и заусенцев. Если кабель не имеет поверх поясной изоляции полупроводящих лент, оболочку отгибают с помощью разбортовки, которая для алюминиевой оболочки изготовляется из дюралюминия. Разделка силового кабеля с пластмассовой изоляцией

по сравнению с рассматриваемой разделкой силового кабеля с бумажной пропитанной изоляцией имеет некоторые особенности. Перед разделкой конец кабеля распрямляется на участке длиной 1,5 м. Кольцевой и продольный надрезы на половину толщины поливинилхлоридного шланга (оболочки) выполняют специальным ножом, после чего шланг (оболочку) снимают, раздвигая его края. Острая часть специального ножа другой конструкции имеет предохранительный округленный бортик. Если бортик ножа вставить под оболочку и ударить молотком по его тыльной части, то оболочку можно перерезать, не повреждая поясную изоляцию кабеля. На пластмассовых оболочках выполнение надрезов может быть облегчено предварительным нагревом до 50—60 °С. Удобно также делать надрезы лезвием разогретого в пламени ножа.

Допустимый радиус изгиба жилы кабеля с пластмассовой изоляцией должен иметь кратность по отношению к диаметру (для круглых жил) или высоте сектора не менее 10.

Разметку ступеней разделки конца кабеля удобно выполнять специальными линейками с нормированными расстояниями.

Соединение и оконцевание токопроводящих жил кабелей. В электрических установках для соединения элементов электрической цепи между отдельными токопроводящими жилами, токопроводящими жилами и контактной арматурой, а также между контактной арматурой и выводом электротехнического устройства образуются конструктивные узлы, называемые электрическими контактными соединениями. Контактные соединения разделяют на неразборные и разборные. К неразборным относят сварные, паяные и опрессованные соединения, а к разборным — болтовые и винтовые. При монтаже кабельных сетей разборные контактные соединения применяют только для присоединения кабеля к источнику или приемнику электроэнергии.

Соединение токопроводящих жил между собой и их присоединение к электрооборудованию производят непосредственно или с помощью контактной арматуры, исполнение которой зависит от формы и конструкции токопроводящих жил, назначения соединения и способа его выполнения. При монтаже кабельных сетей чаще всего применяют соединительные и ответвительные

гильзы и наконечники. Соединительные гильзы представляют собой трубки, размеры и материал которых зависит от материала, конструкции и сечения жил. Ответвительные гильзы состоят из двух частей: прямой, где размещены жилы основного кабеля, и ответвительной, куда вводится жила другого кабеля. Кабельные наконечники представляют собой изделия, имеющие в своей конструкции трубчатые части, куда вводят жилы, и контактные поверхности в виде ушек с отверстиями для присоединения к контактным выводам электрооборудования.

К контактным соединениям предъявляют следующие требования:

электрическое сопротивление соединений не должно быть выше сопротивления участков целой жилы, имеющей такую же длину, как и соединение;

электрическое сопротивление соединений не должно увеличиваться в эксплуатации в результате нагревания как токами нагрузки, так и токами КЗ;

механическая прочность должна быть не менее 70 % прочности целой жилы кабеля.

Способы соединения и оконцевания жил и их применение. Для оконцевания и соединения алюминиевых и медных жил кабелей применяют сварку, опрессовку или пайку.

Сварка состоит в сплавлении материалов жил и присадочного материала. В зависимости от требований и условий монтажа используют газовую, термитную или электрическую сварку.

Газовая пропан-воздушная и пропан-кислородная сварка применяется чаще, чем другие способы газовой сварки. Она основана на выделении тепла при сгорании горючего газа пропан-бутана в смеси с кислородом. С помощью газовой сварки в съемных металлических формах выполняют соединение и оконцевание алюминиевых жил всех сечений. Защита металла от окисления, осуществляемая газовым пламенем, обеспечивает высокое качество соединений. Обнаруженные дефекты сварки при необходимости могут быть легко устранены.

Термитная сварка основана на выделении тепла при сгорании термитных патронов и используется для соединения и оконцевания алюминиевых жил и кабелей. Этот вид сварки высокопроизводителен и не зависит от наличия на месте работ других видов энергии. Недоста-

ток термитной сварки — трудность устранения дефектов.

Электрическая сварка основана на выделении тепла в месте контакта одного угольного электрода с торцом расплавленной жилы или двух угольных электродов между собой (непосредственно или через металлическую форму), а также в месте контакта плавящегося электрода с торцом расплавленной жилы в защитном газе. Этот вид сварки обеспечивает получение стабильного контактного соединения, однако не находит повсеместного применения из-за низкой производительности.

При опрессовке жила вводится в трубчатую часть наконечника (гильзы), в месте соединения специальным инструментом создается давление, при котором металлы приобретают текучесть, происходит сближение проволок жилы и трубчатой части наконечника (гильзы) и образуется монолитное соединение. Создание высокого давления возможно лишь на ограниченной площади контактирующих поверхностей, поэтому контакт, полученный методом опрессовки, приобретает вид местного вдавливания. Общая площадь монолитного контакта при этом значительно меньше площади контактирующих поверхностей. Высокое качество опрессованных соединений обеспечивается правильным подбором наконечников (гильз) и инструмента. Преимуществами опрессовки по сравнению с другими способами являются достаточная производительность и независимость от внешних источников энергии, а также отсутствие тепловых воздействий на изоляцию.

Способ соединения и оконцевания жил пайкой основан на покрытии паяемого металла припоем и последующей его кристаллизации. При пайке припой нагревают до температуры его плавления, очищают поверхности соединения и сплавляют в заранее подготовленную форму.

Способы оконцевания, соединения и ответвления медных и алюминиевых жил кабелей до 1 кВ приведены в табл. 7.7.

Оконцевание и соединение алюминиевых жил опрессовкой производят стандартными кабельными наконечниками ТА (алюминиевыми), ТАМ (медно-алюминиевыми), штифтовыми ШП (медно-алюминиевыми) и соединительными алюминиевыми гильзами ГА, ГАО и ГМ.

В зависимости от сечения жилы выбирают наконечник (гильзу), инструмент и механизм. Маркировка на-

Таблица 7.7. Способы оконцевания, соединения жил, изолированных проводов и кабелей на напряжение до 1 кВ

Способ	Сечение жил проводов и кабелей, мм²	Провода	Кабели
Медные			
Оконцевание			
Опрессовка с применением наконечников по ГОСТ 7386—80*	4—240	Следует применять	
Многопроволочные жилы в кольцевом наконечнике (пистоне)	1—2,5		
Пайка:			
с применением наконечников типа П	1,5—300		
с изгибом конца многопроволочной жилы в кольцо с пропайкой	0,35—2,5	Следует применять	Не следует применять
многопроволочной жилы с образованием монолита при втычном соединении	16—240	То же	Допускается
изгибом конца однопроволочной жилы в кольцо	0,75—10	Следует применять	
Соединение			
Опрессовка с применением гильз по ГОСТ 23469.3—79	4—240		
Пайка:			
с применением гильз	4—240		
с применением скрутки	0,35—10	Рекомендуется	
Ответвление			
Пайка:			
с применением гильз	16—240	Следует применять	
с применением скрутки	0,35—10	Рекомендуется	
ответвления от магистрали сжимом	Магистраль 4—150 Ответвление 1,5—95	Следует применять при ответвлении от неразрывных магистралей	—

Продолжение табл. 7.7

Способ	Сечение жил проводов и кабелей, мм²	Провода	Кабели
Алюминиевые			
Оконцевание			
Опрессовка трубчатыми наконечниками	16—240	Следует применять	
Пропан-кислородная сварка в стальных формах:			
пластинами из твердого сплава АДЗ1Т1	50—240	Рекомендуется	
	300—1500	Следует применять	
наконечниками типа ЛС	300—1500	То же	
сплавлением в монолит с добавкой легирующих присадок	16—240	Рекомендуется	
Термитная сварка наконечниками типа ЛС	300—800	Следует применять	
Электродуговая сварка плавящимся электродом в защитном газе:			
наконечниками типа А	16—240	Следует применять	Допускается
наконечниками типа Л	300—1500	То же	Рекомендуется
Электродуговая сварка неплавящимся электродом:			
вольфрамовым в защитном газе наконечниками типа А	16—240	Следует применять	Допускается
угольным — наконечниками типа Л	800—1500	То же	Рекомендуется
Штамповка конца однопроволочной жилы в форму наконечника пиротехническим прессом	25—240	Рекомендуется	
Пайка с применением наконечников типа П	16—240	Следует применять	
Изгиб конца однопроволочной жилы в кольцо	2,5—10	То же	
Соединение			
Опрессовка:			
с применением гильз по ГОСТ 23469.2—79	16—95	Следует применять	Рекомендуется
	120—240	То же	Допускается
с применением гильз типа ГАО	2,5—10	То же	То же

Продолжение табл. 7.7

Способ	Сечение жил проводов и кабелей, мм²	Провода	Кабели
Пропан-кислородная сварка однопроволочных жил суммарным сечением	5—35	Следует применять	Рекомендуется
Пропан-кислородная сварка:			
в стальных формах	16—240	Рекомендуется	Допускается
жил встык	300—1500	Следует применять	
сплавлением по торцам в общий монолитный стержень суммарным сечением	32—240	Рекомендуется	—
Термитная сварка:			
жил встык	16—800	Следует применять	
сплавлением по торцам в общий монолитный стержень суммарным сечением	50—240	Следует применять	—
Электросварка с применением аппарата ВКЗ однопроволочных жил суммарным сечением	5—12,5	Следует применять	
Пайка:			
способом полива	16—240	Следует применять	
непосредственным сплавлением припоя	16—240	Рекомендуется	
двойной скруткой с желобом	2,5—10	Допускается	
Электросварка контактным разогревом:			
угольным электродом в клещах однопроволочных жил суммарным сечением	5—10	Рекомендуется	
сплавлением по торцам в общий монолитный стержень суммарным сечением	32—240	Рекомендуется	—
Ответвление			
Опрессовка с применением гильз типа ГАО	2,5—10	Следует применять	Допускается

Продолжение табл. 7.7

Способ	Сечение жил проводов и кабелей, мм²	Провода	Кабели
Пропан-кислородная сварка в стальных формах:			
сплавлением по торцам в монолитный стержень суммарным сечением	50—240	Рекомендуется	—
Ответвление в тройниковой форме	800—1500	Следует применять	
Термитная сварка оплавлением по торцам в общий монолитный стержень суммарным сечением	50—240	Следует применять	—
Электросварка с применением аппарата ВКЗ однопроволочных жил суммарным сечением	5—12,5	Следует применять	
Пайка:			
способом полива расплавленного припоя в формах	16—240	То же	
двойной скрутки с желобом	2,5—10	Допускается	
непосредственным сплавлением припоя в формах	16—240	То же	
Ответвления от магистрали сжимом в изолирующем корпусе	Магистраль 4—150; ответвление 2,5—95	Допускается применять при ответвлении от неразрезанных магистралей	—

конечников и гильз соответствует их внутренним диаметрам и совпадает с маркировкой пуансонов и матриц, облегчая их выбор (табл. 7.8). С участка жилы, равного длине трубчатой части наконечника или половине длины гильзы, снимают изоляцию. Секторную жилу предварительно скругляют, а затем зачищают до металлического блеска.

Наконечник или гильзу надевают на жилу. Жила должна входить в наконечник до упора, а торцы жилы

должны располагаться в середине гильзы и упираться друг в друга.

Собранное оконцевание или соединение устанавливают в механизм для опрессовки, предварительно отведя пуансон от матрицы в крайнее положение, а затем выполняют опрессовку: наконечников — двузубым инструментом в один прием или однозубым — в два приема, соединительных гильз — двузубым инструментом в два приема, однозубым — в четыре приема.

Окончание опрессовки определяют по моменту упора шайбы пуансона в торец матрицы. В процессе опрессовки следят за симметричным расположением лунок по оси оконцевания или соединения.

После снятия механизма с опрессованного оконцевания или соединения удаляют излишки кварцевазелиновой пасты, притупляют острые грани, производят обезжиривание и изолировку.

Оконцевание и соединение медных жил сечением 16—240 мм^2 опрессовкой производят по той же технологии, что и алюминиевых, но со следующими особенностями: кварцевазелиновую пасту не применяют; наконечник на жиле опрессовывают только одним вдавливанием, а гильзу — двумя. Наконечник и гильзы, механизмы для опрессовки, матрицы и пуансоны выбирают в соответствии с данными табл. 7.9.

Оконцевание алюминиевых однопроволочных секторных жил сечением 25—240 мм^2 осуществляется методом объемной штамповки с помощью пороховых прессов ППО-95М и ППО-240. Размеры наконечников в зависимости от сечения жилы приведены в табл. 7.10.

Конец жил устанавливают на матрицу порохового пресса, при взрыве порохового заряда пуансон пресса деформирует жилу и образует наконечник с полностью оформленной контактной поверхностью.

Оконцевание, соединение и ответвление алюминиевых жил сваркой производят наконечниками из алюминиевого сплава сечением 16—2000 мм^2.

Наконечники ЛА используют для оконцевания жил кабелей с резиновой, пластмассовой и бумажной изоляцией сваркой торца жилы с выступающей цилиндрической частью хвостовика. Наконечники ЛАС со сплошным хвостовиком применяют для оконцевания жил кабелей сваркой встык. Маркировка наконечников соответствует сечениям жил кабелей, что облегчает их выбор. В зави-

Таблица 7.8. Механизмы и инструмент для соединения

Сечение, мм², и класс жил ГОСТ 22483—77*	Наконечник			Гильза (ГОСТ 23469.2—79)
	алюминиевый (ГОСТ 9581—80*)	медно-алюминиевый ГОСТ 9581—80*)	штифтовой медно-алюминиевый (ГОСТ 23598—79*)	
16І; 16П	ТА-5,4	ТАМ-5,4	ШП-5-10	16-5,3
25І; 25СО; 25П; 35І	ТА-7	ТАМ-7	ШП-7-15	25-7,1
35СО; 35П	ТА-8	ТАМ-8	ШП-8-15	35-8
50І; 50СО; 70СО; 50П	ТА-9	ТАМ-9	ШП-9-15	50-9
70І; 70СО; 70П; 95І	ТА-11	ТАМ-11	ШП-11-15	70-11
90СО	ТА-12	ТАМ-12	ШП-12-15	70-12
95П; 120СО	ТА-13	ТАМ-13	ШП-13-15	95-12
95С; 120І; 150І; 185І	ТА-14	ТАМ-14	ШП-14-15	120-14
120СК; 150П; 120С	ТА-16	ТАМ-16	ШП-16-15	150-16
150СК; 150С	ТА-17	ТАМ-17	ШП-17-15	150-17
185І; 185П; 185СК; 240СО	ТА-18	ТАМ-18	ШП-18-15	185-18
185С	ТА-19	ТАМ-19	ШП-19-15	185-19
240І; 240П	ТА-20	ТАМ-20	ШП-20-15	240-20
240С	ТА-22	ТАМ-22	—	240-22

Примечание. Обозначение токоподводящих жил: С — секторная
нированная.

симости от конструкции выводов электрооборудования применяют наконечники с различным числом отверстий на контактной части.

Соединение и ответвление алюминиевых жил кабелей сваркой выполняется в стальных формах и не требует применения соединительных и ответвительных гильз.

При газовой пропан-кислородной сварке применяют набор принадлежностей НСПУ и НПГ. В качестве присадочного материала используют проволоку марки СвА5 или СвА5С в виде прутков, диаметр которых составляет при сечении свариваемых жил: 16—50 мм² — 2 мм, а 70—240 мм² — 4 мм.

и оконцевания опрессовкой алюминиевых жил кабелей

Механизмы и инструмент								
Прессы ПГЭ-20, ПГР-20М1		Прессы РМП-7М, ПГЭП-2М		Клещи ПК-1м		Клещи ГКМ		Остаточная толщина материала в месте опрессовки, мм
Матрица и пуансон НИСО	Остаточная толщина материала в месте опрессовки, мм	Матрица и пуансон УСА	Остаточная толщина материала в месте опрессовки, мм	Матрица	Пуансон	Матрица	Пуансон	
А5,4; А7	5,5	УСА-1	5,5	1А5,4	1А5,4; А6	А5,4; А6; А7	А5,4; А6; А7	4,5
А5,4; А7	5,5	УСА-1	5,5	1А7	А6; А7	А7	А5,4; А6; А7	6
А5,4; А7	5,5	УСА-1	5,5	1А8	1А8	А7	А5,4; А6; А7	7
А8; А9	7,5	УСА-2	7,5	—	—	—	—	—
А11; А12	9,5	УСА-3	9,5					
А13	9,5	УСА-3	9,5					
А11; А12; А13	9,5	УСА-3	9,5					
А15; А16; А17	11,5	УСА-4	11,5					
А15; А16; А17	11,5	УСА-4	11,5					
А15; А16; А17	11,5	УСА-4	11,5					
А18; А19; А20	12,5	—	—					
А18; А19; А20	12,5							
А22	14							
А22	14							

многопроволочная; СО — секторная однопроволочная; СК — секторная комби-

При отсутствии проволок в качестве присадочного материала используют проволоки жил и флюс АФ-4а или ВАМИ. Составы флюсов (% по массе) следующие: АФ-4а — хлористый натрий (28), хлористый калий (50), хлористый литий (14), фтористый натрий (8); ВАМИ — хлористый калий (50), хлористый натрий (30), криолит К-1 (20).

Сварке жил предшествуют операции по подготовке жил к оконцеванию, соединению или ответвлению. Длина очищенного участка жилы от изоляции приведена в табл. 7.11.

Соединение жил кабелей сечением до 240 мм^2 пропан-кислородной сваркой выполняют по следующей тех-

Таблица 7.9. Механизмы и инструмент для соединения и оконцевания опрессовкой медных жил кабелей

Сечение жил, мм²	Наконечник	Гильза	Механизмы: прессы ПГЭ-20 и ПГР-20м1 (матрица и пуансон НИОМ)	Механизмы: пресс РМП-7м (матрица и пуансон НИОМ)	Механизмы: пресс ПГЭП-2м (матрица и пуансон НИОМ)	Остаточная толщина материала в месте опрессовки, мм (±0,2 мм)
16	6-6; 6-8	16-6	16	16	16	4,3
25	8-6; 8-8; 8-10	25-8	25	25	25	5
35	10-8; 10-10; 10-12	35-10	35	35	35	5,5
50	11-8; 11-10; 11-12	50-11	50	50	50	6,5
70	13-10; 13-12	70-13	70	70	70	7,3
95	15-10; 15-12	95-15	95	—	95	8,5
120	17-12; 17-16	120-17	120	—	—	11
150	19-12; 19-16	150-19	150	—	—	12
185	21-12; 21-16	185-21	185	—	—	13
240	24-16; 24-20	240-24	240	—	—	15

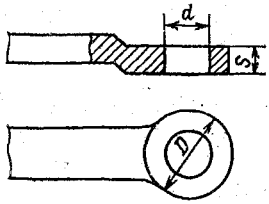


Таблица 7.10. Механизмы для штамповки наконечников на жиле кабеля и размеры наконечников

Сечение однопроволочной алюминиевой жилы, мм²	Размеры наконечников, штампуемых с помощью прессов: ППО-95М, патрон Д-4, калибр 6,9				ППО-240, патрон МПУ-3 (желтый)			
	матрица и пуансон	D	d	S	матрица и пуансон	D	d	S
25	25	14,5	8,5	2,3	—	—	—	—
35	35	19,6	10,5	2,3	—	—	—	—
50	50	20,8	10,5	2,5	—	—	—	—
70	70	24,2	10,5	3	—	—	—	—
95	95	25,6	12,5	4	—	—	—	—
120	—	—	—	—	120	25	11	5,5
150	—	—	—	—	150	25	11	6,2
185	—	—	—	—	185	25	11	7
240	—	—	—	—	240	30	11	8,8

Таблица 7.11. Длина очищенного от изоляции участка жилы для различных способов сварки

Сечение жил, мм²	Длина изоляции, удаляемой при сварке, мм			
	газовой	термитной	дуговой	электрической контактным разогревом
16; 25	—	—	25	—
16—50	45	45	—	—
35; 50	—	—	30	—
70; 95	50	50	35	—
120; 150	55	55	40	—
185; 240	60	60	45	—
300—400	—	—	125	—
500—600	—	—	135	—
1000—1500	—	—	155	—
Суммарное сечение до:				
50	—	—	—	60
75	—	—	—	65
105	—	—	—	70
150	—	—	—	72
240	—	—	—	75

нологии. На освобожденные участки жил устанавливают сварочные формы и закрепляют их клиновыми замками. Формы заблаговременно покрывают с внутренней стороны мелом, разведенным в воде, и просушивают. На концы жил до установки сварочных форм наносят тонкий слой флюса АФ-4А или ВАМИ. Жилы закрепляют в охладителях, после чего пламенем горелки разогревают форму в средней части, перемещая пламя в стороны, вниз и вверх. Примерно через 20—30 с после нагрева формы до красного цвета в нее опускают присадочный пруток, который плавят, одновременно перемешивая расплавленный металл проволочной мешалкой. Сплавление присадки продолжают до заполнения литникового отверстия.

При соединении секторных однопроволочных жил их концы, освобожденные от изоляции, скругляют, а при установке сварочных форм дополнительно уплотняют асбестовым шнуром.

Сварку трех- и четырехжилых кабелей начинают с жил, расположенных снизу. При сплавлении в монолит многопроволочных алюминиевых жил сечением до 240 мм² применяют съемные металлические формы, устанавли-

ваемые вертикально. После нагревания формы до вишневого цвета пламя одного мундштука переносят внутрь формы и одновременно в форму вводят присадочный материал.

Оконцевание алюминиевых жил кабелей наконечниками ЛА производится при вертикальном положении жил горелками с однопламенными мундштуками. На вертикальную часть гильзы надевают угольную форму или кольцо из стальной полосы толщиной 1 мм. Торец жилы покрывают флюсом. Расплавляют торцевую часть жилы и кромки гильзы наконечника. В завершающей стадии сварки в форму вводят присадочный материал до ее заполнения.

Для электрической сварки алюминиевых жил способом контактного разогрева применяют комплектные установки УСАП-2М, состоящие из трансформаторов для питания сварочного поста, электрододержателей с угольными электродами, охладителей, набора сварочных форм. Для дуговой сварки в среде аргона неплавящимся электродом используют комплект из сварочного трансформатора, осциллятора, сварочной горелки, баллона с аргоном, редуктора, манометра. Для аргонодуговой сварки плавящимся электродом на постоянном токе применяют преобразователи ПСГ-50 и монтажные ранцевые полуавтоматы ПРМ-5.

Технология электрической сварки принципиально не отличается от технологии газовой сварки. Соединение встык кабелей сечением 16—240 мм² производится с предварительным сплавлением многопроволочных жил в монолитные стержни. Жилы сплавляют в монолит в стальных или угольных разъемных формах в вертикальном или слегка наклонном положении.

Проволоки жил и присадочный пруток, зачищенные до металлического блеска с помощью стальной щетки, обезжиривают органическим растворителем или бензином. В месте установки цилиндрической разъемной формы делают подмотку асбестовым шнуром так, чтобы конец жилы выступал из подмотки на 10—15 мм. После закрепления формы ее верхний торец должен быть совмещен с торцом жилы. Охладитель, выполняющий роль контактного зажима, устанавливают на жилу между изоляцией и формой и присоединяют к зажиму вторичной обмотки сварочного трансформатора.

Сплавление торца жилы в монолит выполняют при-

косновением к нему угольного электрода, присоединенного ко второму зажиму сварочного трансформатора. При непрерывном касании электрод перемещают по торцам проволок. После образования сварочной ванны вводят присадочный материал, жидкий металл перемешивают угольным электродом и присадочным прутком. Процесс останавливают одновременно с образованием небольшой выпуклости жидкого металла поверх формы, электрод быстро отводят, не допуская возникновения дуги, расплавленный металл еще немного перемешивают присадочным прутком, после чего следят за кристаллизацией металла. После остывания жилы снимают форму, зачищают монолитный стержень стальной щеткой и обезжиривают.

Сварку встык алюминиевых жил кабелей, подготовленных в виде монолитных стержней, производят в горизонтальном положении. На оголенные участки устанавливают охладители, закрепленные на соединительной пленке. На участки жил до монолитной части наносят подмотку из асбестовой пряжи так, чтобы обеспечивалось уплотнение при закреплении открытой желобчатой формы из стали.

Расплавление концов жил в форме производят касанием конца электрода. Продолжительность касания не более 10 с. При переносе электрода не допускают возникновения дуги. После начала плавления и образования на дне формы слоя расплавленного металла вводят присадочный материал и расплавляют его до заполнения формы. Расплавленный металл в процессе сварки необходимо перемешивать электродом и прутком присадки.

После охлаждения соединения снимают форму, удаляют асбестовую подмотку, снимают стальной щеткой шлак и остатки флюса. Для придания соединению цилиндрической формы наружную поверхность опиливают напильником.

Оконцевание алюминиевых жил наконечниками ЛА производят по технологии сплавления жил в монолитные стержни. При этом гильза наконечника служит формой для образования сварочной ванны. После расплавления торца жилы расплавляют верхние кромки гильзы наконечника на глубину не менее толщины ее стенок, а затем добавляют небольшое количество присадочного материала.

Для термитно-муфельной сварки алюминиевых жил кабелей применяют термопатроны различных конструкций. Термитный патрон ПА предназначен для соединения встык алюминиевых жил сечением 16—800 мм² и приварки наконечника ЛАС на жилах сечением 300—800 мм². Патрон состоит из цилиндрического муфеля, стальной формы (кокиля) и двух алюминиевых колпаков или втулок. Муфель имеет сквозное отверстие по продольной оси для ввода свариваемых жил кабелей и литниковое отверстие для наблюдения за сваркой и введения присадочного материала. Кокиль устраняет непосредственный контакт жил кабеля с термитной массой муфеля, что повышает качество сварки. При сборке патрона отверстия в кокиле и муфеле совмещают. Алюминиевые колпаки или втулки защищают боковые поверхности жил от подплавления. Колпаки, надеваемые на многопроволочные жилы, выполняют также роль бандажей. Для круглых жил сечением 300—800 мм² применяют разрезные цилиндрические втулки, для сварки секторных однопроволочных жил — втулки с отверстиями по форме сечения жил. Термитные патроны выбирают по макроразмерам в зависимости от сечения жил. Для термитной сварки применяют набор принадлежностей НСПУ.

Подготовительные работы при сварке алюминиевых жил сечением 16—240 мм² заключаются в надевании на жилы и уплотнении термитного патрона, закреплении на оголенных от изоляции участках жил охладителей и установке асбестовых экранов.

Концы жил, соединенных встык, освобождают от изоляции, зачищают до металлического блеска, покрывают пастой из флюса и на них надевают алюминиевые колпаки или втулки. Колпаки должны заходить на всю длину, что контролируют через отверстия в них.

Внутреннюю поверхность кокилей обезжиривают и покрывают мелом, разведенным водой до состояния густой пасты, что предохраняет от прилипания к стенкам кокиля. При установке термитного патрона жилу несколько отгибают в сторону, надевают на нее термитный патрон и сдвигают его по жиле на расстояние, равное длине кокиля. Затем жилу отводят в прежнее положение до совмещения с соответствующей жилой другого кабеля. Патрон перемещают в обратном направлении так, чтобы вторая жила вошла в кокиль. При этом концы

жил с надетыми на них колпаками располагают точно против литникового отверстия, а зазор между ними — минимальный.

В местах входа жил в кокиль выполняют уплотнение из асбестовой пряжи, навивая ее между кокилем и жилой до упора в колпаки. Устанавливают охладители, выбирая расстояние между ними в зависимости от длины термитного патрона с учетом зазора не менее 5—8 мм. Как правило, эту работу выполняют вдвоем. Подготовительные работы завершает установка экранов из асбестового картона толщиной 3—4 мм. Экран выступает за габариты охладителей не менее чем на 10 мм и защищает от искр жилы, не участвующие в сварке.

Муфель патрона поджигают термитной спичкой, удерживаемой специальным держателем, трением ее в торец в месте, отмеченном кружком. По мере горения спичку перемещают по поверхности муфеля, как бы натирая его. Одновременно с воспламенением муфеля начинают сплавлять в кокиль присадочный пруток, медленно подавая его вниз по мере плавления. Легкий контакт прутка с раскаленными стенками литникового отверстия кокиля способствует ускорению процесса. После образования жидкой ванны в литниковое отверстие вводят проволочную мешалку, тщательно промешивая расплавленный металл для более полного выхода сопутствующих газов.

Момент полного расплавления жил определяют по касанию мешалкой дна кокиля. Как правило, это происходит через 10—15 с после окончания горения муфеля. Сплавление присадочного прутка продолжают до заполнения литниковой трубки.

После кристаллизации металла, не ожидая его полного остывания, шлак муфеля скалывают, а кокиль удаляют.

Оконцевание, соединение и ответвление алюминиевых и медных жил кабелей сечением 16—240 мм^2 пайкой производят медными штампованными наконечниками П, медными соединительными гильзами ГП или медными ответвительными гильзами ГПО. При соединении жил разных сечений используют гильзы, имеющие ступенчатые внутренние диаметры.

Пайка алюминиевых жил осуществляется с их предварительным облуживанием и последующим наплавлением припоя непосредственно в форму или наконечник, а

также без предварительного облуживания с поливом расплавленного припоя в форму. Пайка медных жил осуществляется с обязательным применением флюса поливом расплавленного металла в гильзу.

Соединение и ответвление алюминиевых жил кабелей сечением 16—240 мм² способом полива предварительно расплавленного припоя в тигель производится в разъемных формах. При этом применяют припои ЦА-15 и ЦО-12. Количество припоя при его предварительном расплавлении в тигле не превышает 7—8 кг. Тигель с припоем нагревают примерно до 700 °С, что определяется погружением алюминиевой проволоки, которая начинает плавиться.

При пайке поливом выполняют следующие технологические операции. С концов жил кабеля снимают изоляцию с таким расчетом, чтобы между изоляцией и формой (гильзой) оставался промежуток в 10 мм. Соединяемым жилам придают круглую форму. В специальном шаблоне концы жил обрезают под углом 55° ножовкой.

Обработанные концы жил укладывают в разъемные формы с зазором между торцами 2 мм. Во избежание вытекания припоя зазоры между жилой и формой уплотняют подмоткой из асбестовой пряжи. Формы располагают в горизонтальном положении. У места пайки устанавливают тигель с предварительно расплавленным припоем, а между тиглем и местом пайки — металлический лоток. Тепло, выделяемое расплавленным припоем, не создает дополнительного нагрева изоляции жил, а излишки припоя стекают обратно в тигель. Припой заливают через литниковое отверстие формы. Места соединения дополнительно прогревают горячим припоем, механическим скребком удаляют оксидную пленку со скошенных поверхностей жил под слоем припоя и одновременно доливают припой по мере его усадки. С боков форм снимают подтеки припоя. Длительность пайки в форме не должна превышать 1—1,5 мин. Перед соединением жил кабеля каждой фазы тигель с расплавленным припоем подогревают.

Ответвления жил выполняют аналогично соединениям с применением разъемных форм соответствующей конструкции. После снятия форм удаляют заусенцы, острые углы и неровности с места пайки. Бумажную изоляцию жил и места спая прошпаривают горячим составом марки МП.

Соединение и ответвление алюминиевых многопроволочных жил непосредственным сплавлением припоя производят с соблюдением следующей технологии. После удаления изоляции на длине 50, 60 или 70 мм соответственно для жил сечением 16—35, 50—95 и 120—150 мм² выполняют ступенчатую разделку. Пламенем газовой горелки концы жил нагревают до температуры плавления припоя, затем, удаляя оксидную пленку, на всю поверхность конца жилы наносят слой припоя и тщательно растирают его металлической кисточкой до полного облуживания. Устанавливают формы и вводят в них концы жил. Пространство между жилой и формой уплотняют асбестовым шнуром.

Для защиты изоляции от пламени с обеих сторон надевают защитные экраны, а при жилах большого сечения — охладители.

Форму с введенными в нее облуженными концами жил прогревают пламенем газовой горелки, начиная от середины. Одновременно в пламя вводят припой, который, расплавляясь, заполняет всю форму. Расплавленный припой перемешивают, нагрев прекращают, после чего легким постукиванием по форме его уплотняют. С остывшего соединения снимают экраны, охладители, формы, удаляют неровности.

Оконцевание алюминиевых жил кабелей пайкой осуществляется с помощью медных наконечников П. При этом используется припой марки ЦО-12. Концы жил готовят с помощью шаблона, срезая их под углом 55°. Для удобства очистки поверхности жилы от оксидной пленки наконечники устанавливают скошенной стороной к контактной части. Нижнюю часть наконечника герметизируют замазкой из мела и глины, замешанной на воде, и обматывают асбестовой пряжей. Пайку наконечника выполняют в пламени газовой горелки. Один электромонтажник удаляет скребком оксидную пленку и наплавляет припой, а другой — непрерывно нагревает место оконцевания.

Соединение медных жил сечением 16—240 мм² выполняют пайкой способом полива припоя марки ПОССу или ПОС в соединительных гильзах ГП. При выполнении соединения внутреннюю поверхность гильз и поверхность жил (после обрезки торцов) зачищают до металлического блеска. Соединяемые концы жил покрывают флюсом и вставляют их в гильзу. Во избежание

вытекания припоя между торцом гильзы и краем изоляции подматывают асбестовую пряжу. Готовое к пайке соединение располагают строго горизонтально, при этом торцы жил соприкасаются в середине гильзы, а заливочное отверстие находится сверху. Все последующие операции аналогичны операциям присоединения алюминиевых жил способом полива предварительно расплавленным припоем.

Технология пайки ответвительных гильз отличается от пайки соединительных гильз расположением жил кабеля в вертикальной плоскости.

Оконцевание медных жил кабеля пайкой осуществляется с помощью медных наконечников П. Токопроводящие жилы, имеющие секторную форму, скругляют. После обезжиривания на концы жилы, освобожденной от изоляции, наносят слой флюса. При нагреве в пламени газовой горелки облуживают конец жилы, на который затем надевают наконечник. Дальнейшие операции аналогичны операциям при оконцевании алюминиевых жил.

Соединение алюминиевых жил с медными выполняют в медных гильзах. Концы алюминиевых жил предварительно облуживают припоем А, а затем оловянно-свинцовым припоем, а концы медных жил — оловянно-свинцовым припоем. После облуживания медных гильз пайку жил выполняют оловянно-свинцовым припоем по технологии, рассмотренной ранее.

Контроль качества контактных соединений при монтаже кабельных муфт и заделок обеспечивает надежную работу кабельных сетей. Он ведется непрерывно при выполнении подготовительных работ, в процессе изготовления контактного соединения и после окончания работ.

При выполнении контактных соединений опрессовкой контроль их качества осуществляется внешним осмотром. Критериями оценки являются: соосное и симметричное расположение местных вдавливаний относительно середины гильзы или хвостовика наконечника; отсутствие кривизны опрессованного соединителя (более 3 % его длины); отсутствие на поверхности соединителя трещин и других механических повреждений; соответствие остаточной толщины после местного вдавливания нормам.

Измерение остаточной толщины после местного вдав-

ливания выполняют с помощью штангенциркулей или штриховых приборов.

Размеры контактных лапок, получаемых на однопроволочных жилах пороховыми прессами, контролируют штангенциркулем.

Контроль качества сварных соединений осуществляется внешним осмотром. Соединения считаются непригодными, если обнаруживают пережоги проволок наружного повива, наружные газовые или шлаковые раковины глубиной более 2—3 мм, нарушения целостности металла шва.

При осмотре обращают внимание на степень заполнения припоем зазора между наконечником (гильзой) и токопроводящей жилой. В соединении не допускаются трещины, следы перегрева, остатки флюса.

Изолирование соединения. После соединения токопроводящих жил или окольцевания изолируют места соединений. Изолирование выполняют лентами кабельной бумаги, сматываемой с роликов или рулонов. Ролики и рулоны доставляют с кабельного завода в запаянных металлических банках, заполненных маслоканифольным составом. Токопроводящую жилу между соединительной гильзой и бумажной заводской изоляцией обматывают лентой с бумажного ролика или пряжей. Пряжу также доставляют в банках, запаянных и заполненных маслоканифольным составом.

Перед употреблением пряжу, бумажные ролики или рулоны подогревают до 70—80 °С в специальном разогревателе или в ведре с трансформаторным маслом. В герметически закрытых заводских банках разогревать комплекты не допускается из-за опасности взрыва. Также не допускается разогревание банок на жаровне, пламени газовой горелки или паяльной лампы, так как возможна порча пряжи и особенно бумаги. Ролики и пряжу вынимают из банок чистыми металлическими крючками.

Лентами, сматываемыми с бумажных роликов, выравнивают изоляцию на жиле до размеров заводской, т. е. бумажными лентами заполняют пространство между ступенями изоляции на жилах, если наружный диаметр соединительной гильзы меньше, чем диаметр жилы. Если диаметр гильзы больше диаметра жилы, при помощи лент с бумажных роликов на участке, равном ширине бумажного рулона, наматывают изоляцию

так, чтобы она была цилиндрической и в концах обмотки плавно переходила на жилу в виде сигары.

Бумажную ленту роликов и рулонов накладывают на место соединения жил плотно и ровно, с тем чтобы под слоями не оказалось воздушных промежутков, которые могут привести к пробою изоляции кабеля.

Намотку первого слоя ленты производят, начиная с левого торца заводской бумажной изоляции. Затем выполняют поворот и наматывают второй слой ленты в обратном направлении. Чтобы при повороте на ленте не образовалась складка, на ней делают вырез на половину длины ленты длиной 100—200 мм. Если бумага при намотке легла неплотно, ее удаляют и делают намотку новой бумагой. При подмотке роликами поверхность изолируемых жил периодически прошпаривают разогретой массой МП-1. После обмотки жил рулонами жилы сжимают и обматывают в несколько слоев лентами с ролика шириной 50 мм, а затем перевязывают хлопчатобумажной пряжей, взятой из банки.

Заливка муфт массой. Кабельную массу перед заливкой в муфту освобождают от тары, в которой она доставляется с завода, помещают в специальное ведро и осторожно разогревают на жаровне или в электрическом разогревателе. Разогревать массу в заводской упаковке без вскрытия крышки не разрешается, так как может получиться взрыв. Кабельную массу нагревают постепенно. Температуру контролируют термометром. Во время нагрева массу тщательно перемешивают чистой металлической мешалкой (деревянной нельзя, так как из нее в массу может попасть влага). При недостаточном или небрежном перемешивании или при пользовании загрязненной мешалкой кабельная масса может пригореть и загрязниться. Доводить массу до кипения нельзя — она при этом портится. Закипевшая, пригоревшая или вспыхнувшая кабельная масса для заливки муфт непригодна. Вспыхнувшую массу тушат (закрывают крышки и покрывают ведра мешковиной, смоченной в воде).

Перед заливкой муфты или перед прошпаркой небольшое количество кабельной массы должно сливаться для очистки носика ведра от возможного загрязнения его мусором или пылью.

Заливка чугунных муфт и стальных воронок. Муфты заливают битумной кабельной массой в несколько при-

емов во избежание образования внутри массы пустот. При этом перед заливкой их обязательно прогревают, так как к холодным муфтам кабельная масса может не прилипнуть и тогда между корпусом муфты и остывшей массой получаются пустоты, в которые засасывается влага. Попадание же в муфту влаги приводит к порче бумажной изоляции и пробою кабеля при включении его под напряжение.

Заливку чугунных соединительных, ответвительных и концевых муфт битумной массой производят в три приема; первая заливка не более 50 % объема муфты, вторая — до 75 % после затвердевания первоначально влитой массы до киселеобразного состояния и третья — до полного объема после затвердевания первых двух порций. В промежутках между заливками входное отверстие, через которое заливают массу, закрывают чистой тряпкой.

Эпоксидные компаунды представляют собой смеси на основе эпоксидных смол и используются при монтаже соединительных и концевых муфт кабелей с бумажной и пластмассовой изоляцией.

Эпоксидные смолы применяют совместно с отвердителями, при введении которых они переходят из жидкого в твердое неплавкое состояние. В этом виде смолы не растворяются в воде. Для необходимого изменения свойств в эпоксидный компаунд вводят пластификаторы (для улучшения пластических свойств), наполнители (для увеличения массы компаунда и приближения его коэффициента линейного расширения к коэффициентам линейного расширения металлов), разбавители и ускорители. После введения добавок эпоксидный компаунд представляет собой жидкость, вязкость которой определяется температурой и количеством наполнителя (молотый пылевидный кварц КП-2 или КП-3, прокаленный по специальной технологии для удаления влаги, органических и механических примесей). Если к компаунду добавить отвердитель и полученную смесь перемешать, в ней начнется экзотермический процесс полимеризации, в результате которого эпоксидный компаунд отвердеет. Процесс полимеризации в зависимости от марки эпоксидного компаунда, его массы и температуры окружающей среды длится от нескольких часов до нескольких суток. Для кабельных муфт и заделок применяют эпоксидные компаунды холодного отверждения отечественно-

го производства К-176 и К-115, а также компаунд Э-2200 (производства ЧССР). Наиболее благоприятный для них интервал температур 10—25 °С. При температуре ниже 0 °С эти компаунды не полимеризуются, при температуре более 25 °С экзотермический разогрев оказывает отрицательное воздействие на качество муфт и заделок, способствуя появлению в них пор и других недопустимых дефектов. Поэтому при температурах ниже 10 или выше 25 °С применение эпоксидного компаунда названных марок сопровождается соответственно искусственным подогревом или охлаждением в зоне монтажа.

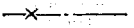
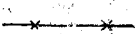
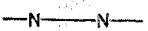
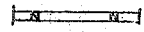
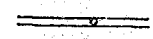
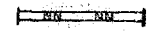
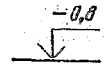
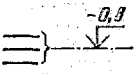
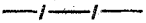
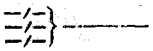
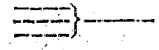
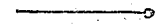
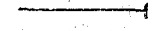
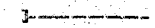
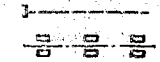
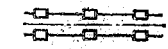
В настоящее время разработаны новые марки эпоксидных компаундов (УП-5-199 и УП-5-199-1) и отвердителей (УП-0636, УП-583 и УП-0633М), не требующих местного подогрева в диапазоне температур от —40 до +10 °С. Новые компаунды полимеризуются в течение 1—3 ч после заливки.

Эпоксидные компаунды в отвержденном состоянии обладают высокими диэлектрическими и физико-механическими свойствами, хорошей адгезией к металлам и другим материалам, отличаются стойкостью к изменению температурных условий, воздействию агрессивных сред, влажности, вибрационным нагрузкам. Они проти-

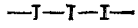
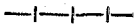
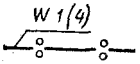
Таблица 7.12. Составляющие эпоксидных компаундов и отвердителей

Эпоксидный компаунд	Отвердитель	Количество отвердителя (на 100 мас. ч. компаунда без наполнителя), мас. ч, при температуре	
		ниже 10 °С	выше 10 °С
К-176	Диэтилентриамин (ДЭТА)	8	8
	Полиэтиленполиамин (ПЭПА)	8	8
	УП-0633М	18	18
К-115	ДЭТА	10	—
	ПЭПА	10	10
	УП-0633М	22	22
Э-2200 (ЧССР)	ДЭТА или ПЭПА	8	8
УП-5-199	УП-0636	22	25
	УП-583	10	—
УП-5-199-1	УП-0633М	12	18
	УП-583	10	—

Таблица 7.13. Условные обозначения кабельных сетей на планах (ГОСТ 2.702—75)

Наименование	Обозначение
Линия проводки. Общее обозначение	
Линия заземления, зануления	
Металлические конструкции, используемые в качестве магистралей заземления, зануления	
Заземлители	
Кабельный канал	
Кабельная траншея	
Кабельный блок	
Кабельный колодец	
Люк туннеля	
Кабельный туннель	
Прокладка в трубах:	
труба, прокладываемая скрыто (в бетоне, полу, грунте и т. п.) с указанием отметки заложения	
группа труб, прокладываемых скрыто	
труба, прокладываемая открыто	
группа труб, прокладываемых открыто	
труба, прокладываемая под перекрытием, площадкой	
группа труб, прокладываемых под перекрытием, площадкой	
Кабели, прокладываемые открыто:	
одиночный кабель	
группа кабелей	
Труба (или кабель), направленная от отметки трассы прокладки:	
вверх	
вниз	
Конец трубы	
Канат и его концевое крепление	
Эстакада кабельная или для технологических нужд	
Кабельная галерея	

Продолжение табл. 7.13

Наименование	Обозначение
Туннель или проходной кабельный канал	
Кабельный непроходной канал	
Траншея с кабелем до 1 кВ	
Кабельный блок (пример блока на четыре кабеля до 1 кВ)	

востоят воздействию большинства органических растворителей, слабых кислот и щелочей, масел, бензина, солнечной радиации. Электрическая прочность образца толщиной 1 мм при частоте 50 Гц составляет не менее 20—25 кВ/мм.

Эпоксидные компаунды различного состава применяют с отвердителями определенных марок в необходимом количестве. При этом количество отвердителя зависит также от температуры окружающей среды, в которой выполняются кабельные работы (табл. 7.12).

Условные обозначения кабельных сетей на планах приведены в табл. 7.13.

Глава восьмая

ЗАЗЕМЛЕНИЕ СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЦЕХОВЫХ СЕТЕЙ

Электрические сети выполняют проводниками, изолированными друг от друга и от земли. Однако в сетях имеют место утечки тока через изоляцию. Электросети представляют собой протяженный конденсатор, обкладками которого являются токоведущие проводники и земля. Между проводниками и землей проходит емкостный ток. Таким образом, между изолированными проводниками и землей всегда существует электрическая цепь, замкнутая через сопротивление изоляции и емкость сети (рис. 8.1). Прикосновение не только к голым, но и к изолированным частям, находящимся под напряжением, включает человека в электрическую цепь. Ток, проходящий через тело человека, будет тем больше, чем выше

напряжение сети, чем больше ее емкость и меньше сопротивление изоляции.

Наибольшую опасность представляют случаи повреждения изоляции токоведущих частей, при которых доступные для прикосновения металлические корпуса

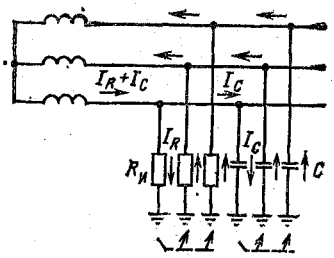


Рис. 8.1. Схема электрической цепи, обусловленная наличием сопротивления изоляции $R_и$ и емкости C проводников в сети трехфазного тока

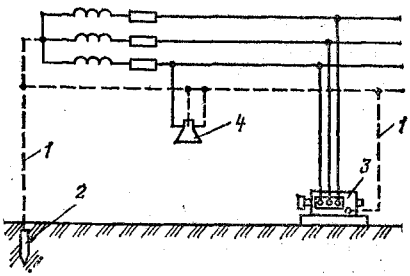


Рис. 8.2. Защитное металлическое соединение корпусов электрооборудования с заземленной нейтралью:

1 — заземляющие проводники; *2* — заземлитель; *3* — электродвигатель, корпус которого занулен; *4* — светильник, корпус которого занулен

электрооборудования и конструкции оказываются под полным напряжением. На эти случаи для обеспечения безопасности людей предусматривают преднамеренное соединение с землей металлических корпусов электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением при нарушении изоляции токоведущих частей, с помощью заземляющих проводников и заземлителей.

Ниже приведены определения терминов, относящиеся к элементам заземляющих устройств в электрических установках.

З а з е м л и т е л ь — проводник или совокупность металлически соединенных проводников, находящихся в соприкосновении с землей или ее эквивалентом. Заземлители делят на искусственные и естественные.

З а з е м л я ю щ и й п р о в о д н и к — проводник, соединяющий заземляемые части с заземлителем (рис. 8.2).

З а з е м л я ю щ е е у с т р о й с т в о — совокупность конструктивно объединенных заземляющих проводников и заземлителя.

З а м ы к а н и е н а з е м л ю — случайное электрическое соединение токоведущей части непосредственно с

землей или с нетоковедущими электропроводящими конструкциями или предметами, не изолированными от земли.

Замыкание на корпус — случайное электрическое соединение токоведущей части с металлическими нетоковедущими частями электроустановки.

Магистраль заземления или зануления — заземляющий (нулевой защитный) проводник с двумя или более ответвлениями.

Защитное заземление—преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Зануление—преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Зона растекания тока — зона земли, за пределами которой электрический потенциал, обусловленный токами замыкания на землю, может быть условно принят равным нулю.

Зона нулевого потенциала — зона земли за пределами зоны растекания.

Напряжение на заземлителе — напряжение между заземлителем и какой-либо точкой зоны нулевого потенциала при стекании тока с заземлителя в землю.

Напряжение относительно земли — напряжение относительно точки земли, находящейся вне зоны растекания тока замыкания на землю.

Сопротивление растекания заземлителя — отношение напряжения на заземлителе к току, стекающему с него в землю.

Сопротивление заземляющего устройства — сопротивление, состоящее из сопротивления растеканию заземлителя и сопротивления заземляющих проводников.

Ток замыкания на землю — ток, проходящий в электрической цепи через место замыкания на землю.

Напряжение прикосновения — напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек.

Шаговое напряжение — напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися одна от другой на расстоянии шага (0,8 м), на которых одновременно стоит человек.

Заземленная нейтраль — нейтраль генератора (трансформатора), присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление.

Изолированная нейтраль — нейтраль генератора (трансформатора), не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через большое сопротивление.

В электроустановках до 1 кВ с заземленной нейтралью или глухозаземленным выводом источника однофазного тока, а также с глухозаземленной средней точкой посто-

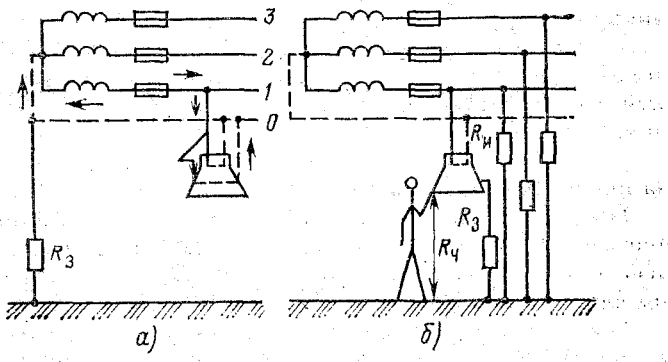


Рис. 8.3. Защитное заземление:

а — в сети с заземленной нейтралью; *б* — в сети с изолированной нейтралью; $R_з$ — сопротивление заземляющего устройства; $R_ч$ — сопротивление тела человека; $R_и$ — сопротивление изоляции проводников

янного тока выполняется зануление с целью обеспечения надежного автоматического отключения от электросети оборудования, имеющего поврежденную изоляцию, в минимально короткий срок. Для этого зануляемые части электрооборудования присоединяют к заземленному нулевому проводу сети (рис. 8.3, *а*). Как видно из рисунка, замыкание на корпус светильника является замыканием в первой фазе сети (цепь замыкания показана стрелками), что вызовет перегорание предохранителей в этой фазе, отключение светильника и снятие напряжения с его корпуса. В соответствии с ПУЭ наиболее распрост-

раненные электроустановки напряжением 380/220 В выполняются с глухозаземленной нейтралью.

В электроустановках до 1 кВ с изолированной нейтралью, а также во всех установках выше 1 кВ выполняется заземление, предназначенное для снижения тока, протекающего через тело человека, до безопасного значения. Для этого заземляющие части электрооборудования присоединяют к заземляющему устройству, сопротивление которого $R_з$ должно быть мало по сравнению с сопротивлением тела человека (рис. 8.3, *б*).

Электрическое сопротивление тела человека изменяется от 800 до 100 000 Ом. Оно зависит от многих факторов: состояния здоровья, нервной системы, психического состояния, влажности кожи, состояния одежды, обуви и других причин.

Сопротивление заземляющих устройств в электроустановках до 1 кВ с изолированной нейтралью согласно ПУЭ должно быть не более 4 Ом, а в электроустановках 220, 380 и 660 В с заземленной нейтралью соответственно не более 8, 4 и 2 Ом.

В электроустановках 3—35 кВ сопротивление заземляющих устройств должно быть $125/I_р$, но не более 10 Ом ($I_р$ — расчетный ток замыкания на землю). Если заземляющее устройство одновременно используется для установок до 1 кВ, то сопротивление его не должно превышать этих значений.

Заземление или зануление выполняют во всех случаях в электроустановках переменного тока при напряжении 380 В и выше и постоянного при напряжении 440 В и выше; при напряжении 42 В и выше переменного и 110 В постоянного тока в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках.

Во взрывоопасных установках заземление или зануление выполняют при любых напряжениях.

Заземлению или занулению подлежат корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т. п.; приводы электрических аппаратов; вторичные обмотки измерительных трансформаторов; каркасы распределительных щитов и щитов управления, а также съемные или открывающиеся части конструкций, если на них установлено электрооборудование; металлические конструкции РУ, металлические кабельные конструкции и кабельные соединительные муфты, металличе-

ские оболочки и броня контрольных и силовых кабелей, металлические оболочки проводов, стальные трубы электропроводки, корпуса шинопроводов, лотки, короба, тросы и стальные полосы, на которых укреплены кабели и провода (кроме тросов и полос, по которым проложены кабели с заземленной или зануленной металлической оболочкой или броней).

Указанные выше металлические части заземляют или зануляют как на стационарных, так и переносных электроприемниках.

Заземлению или занулению не подлежат корпуса электроприемников с двойной изоляцией, а также корпуса электроприемников, подключаемых к сети через разделительный трансформатор.

Разрешается не выполнять преднамеренного заземления или зануления корпусов электрооборудования, аппаратов и электромонтажных конструкций, установленных на заземленных (зануленных) металлических конструкциях, щитах, шкафах, щитках, станинах станков, машин и механизмов, при условии обеспечения надежного электрического контакта с заземленными или зануленными основаниями металлических конструкций.

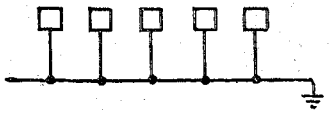


Рис. 8.4. Схема присоединения заземляющих проводников к элементам оборудования

Каждая заземляемая или зануляемая часть электроустановки присоединяется к сети заземления (зануления) при помощи отдельного ответвления (рис. 8.4). Последовательное включение в заземляющий или нулевой защитный проводник заземляемых (зануляемых) частей электроустановки запрещается. При этом разрешается последовательное включение нескольких стационарных металлических конструкций (рельсовых путей, обрамлений каналов, строительных ферм и колонн и т. п.), используемых в качестве заземляющих (нулевых защитных) проводников или магистралей заземления (зануления). Под один заземляющий болт на магистрали заземления (зануления) разрешается присоединять только один проводник.

Защитное отключение. Во время работы с электрифицированным инструментом рабочий неизбежно при-

касается к его металлическому корпусу и переносному проводу и при неисправности их изоляция может оказаться под напряжением. В условиях монтажа электроинструмент часто подключают к шинам и щиткам с плавкими вставками, рассчитанными на большой ток. Время отключения инструмента в этих случаях из-за большого сопротивления петли фаза — нуль кабеля, питающего инструмент, может достигнуть нескольких секунд и оказаться опасным.

Во избежание этого при работе с электроинструментом, как правило, применяют специальные защитные отключающие устройства, обеспечивающие автоматическое отключение аварийного участка электросети и инструмента при возникновении замыкания на корпус или непосредственно на землю за время не более 0,2 с.

Защитные отключающие устройства изготовляют нескольких видов и в зависимости от схемы обеспечивают: контроль изоляции фаз относительно земли, контроль непрерывности цепи заземления, защиту от перехода тока фаз на нетоковедущие части, от одно- и двухфазных замыканий на землю, а также от прикосновения к незащищенным токоведущим частям.

Наиболее широко применяют защитные отключающие устройства с трансформаторами тока нулевой последовательности (ТНП) типов С-901, ИЭ-9801, ИЭ-9807 и ЗОУП-25. Эти устройства обслуживают один или несколько инструментов 380/220 В и 50 Гц.

Чувствительность защиты при замыкании фазы на землю составляет 0,01 А при времени срабатывания 0,01—0,05 с.

Заземлители. Для заземления электроустановок в первую очередь используют естественные заземлители. Если эти заземлители имеют сопротивление растеканию, удовлетворяющие требованиям ПУЭ, то устройство искусственных заземлителей не выполняют.

В качестве естественных заземлителей используют железобетонный фундамент зданий и сооружений, проложенные под землей водопроводные и другие металлические трубопроводы, обсадные трубы, металлические шпунты и другие металлические конструкции, имеющие соединение с землей. Исключение составляют трубопроводы для горючих жидкостей и горючих взрывчатых газов, чугунные трубопроводы и временные трубопроводы строительных площадок.

В качестве естественных заземлителей используют также свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле. Алюминиевые оболочки кабелей и голые алюминиевые провода использовать в качестве заземлителей запрещается.

Искусственные заземлители по их расположению в грунте и форме делят на:

а) заглубленные — из круглой или полосовой стали, укладываемые горизонтально на дно котлованов по периметру фундаментов (зданий, колонн, опор). При монтаже таких заземлителей отпадает необходимость выполнения трудоемких земляных работ и возможна предварительная заготовка элементов заземлителей. При укладке таких заземлителей на большой глубине используют грунты с большей электрической проводимостью и менее подверженные сезонным изменениям;

б) вертикальные — из стальных вертикально ввинчиваемых или вдавливаемых в грунт стержней из круглой стали, а также из забиваемых отрезков угловой стали;

в) горизонтальные — из круглой или полосовой стали, уложенные в траншею. Эти заземлители используют и по прямому назначению, и для связи между стержнями вертикальных заземлителей.

Для заземлителей обычно применяют круглую сталь диаметром 10—16 мм, полосовую сталь сечением 40×4 мм и угловую сталь сечением 50×50×5 мм. Трубы для этих целей применять не рекомендуется из-за их дефицита.

Длина вертикальных заземлителей принимается равной: ввинчиваемых и вдавливаемых 4,5—5 м, забиваемых 2,5—3 м.

На территориях электроустановок с большим удельным сопротивлением земли (более 200 Ом·м в наиболее неблагоприятное время года) применяют углубленные заземлители или производят искусственную обработку земли с целью снижения ее удельного сопротивления. Например, для вертикальных электродов выполняют укладку слоев соли (нитрат натрия, гидрат окиси кальция) и земли при диаметре обработки примерно 0,5 м на $^1/_3$ длины электрода; после укладки каждого слоя его поливают водой; устраивают выносные заземлители, если вблизи электроустановок есть участки с меньшим удельным сопротивлением к земле. Устройство выносных заземлителей выполняют проводами или кабелями.

На территориях вечномерзлых грунтов заземлители помещают в непромерзающие водоемы или талые зоны, в том числе искусственные, используют артезианские скважины.

В качестве заземляющих и нулевых защитных проводников используют в первую очередь нулевые рабочие проводники; специально предусмотренные для этой цели проводники; металлические конструкции зданий; металлические конструкции производственного назначения (подкрановые пути, каркасы РУ и площади галерей; шахты лифтов, подъемников, элеваторов, обрамление каналов); металлические стационарно проложенные трубопроводы различного назначения, кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных веществ, канализации и центрального отопления; стальные трубы электропроводок, алюминиевые оболочки кабелей, металлические кожухи шинопроводов, короба и лотки электропроводок. Не допускается использовать для этих целей металлические оболочки трубчатых рукавов, изоляционных трубок, металлорукавов, несущие тросы (при тросовой электропроводке), а также броню и свинцовые оболочки кабелей и проводов.

В помещениях и установках с целью выравнивания потенциала строительные металлические конструкции, стационарные металлические трубопроводы всех назначений, металлические корпуса оборудования и т. п. присоединяют к сети заземления или зануления. При этом естественные металлические контакты в сочленениях являются достаточными.

Для стационарно проложенных заземляющих проводников, как правило, применяют сталь, если для этих целей не используется нулевой провод четырехпроводной системы трехфазного тока. Наименьшие допустимые размеры заземляющих и нулевых защитных проводников, а также стальных заземлителей приведены в табл. 8.1 и 8.2.

В электроустановках напряжением до 1 кВ и выше с изолированной нейтралью проводимость заземляющих проводников должна составлять не менее $^1/_3$ проводимости фазных проводников, а сечение — не менее указанных в табл. 8.1 и 8.2.

В производственных помещениях с электроустановками напряжением до 1 кВ магистрали заземления из стальной полосы применяют сечением не менее 100 мм^2,

Таблица 8.1. Наименьшие допустимые размеры стальных заземлителей, заземляющих и нулевых защитных проводников

Заземлители, заземляющие и нулевые защитные проводники	Прокладка		
	в зданиях	в наружных установках	в земле
Круглые проводники диаметром, мм	5	6	10
Прямоугольные проводники:			
сечение, мм²	24	48	48
толщина, мм	3	4	4
Угловая сталь (толщина полок), мм	2	2,5	4
Стальные трубы (толщина стенок), мм:			
водогазопроводные	2,5	2,5	3,5
тонкостенные	1,5	2,5	Не допускаются

а напряжением выше 1 кВ — не менее 120 мм² (допускается применение круглой стали той же проводимости).

Использование металлических конструкций зданий и сооружений, трубопроводов и оборудования в качестве нулевого рабочего проводника запрещается.

Для передвижных и переносных электроприемников в качестве заземляющего или зануляющего защитного проводника применяют отдельную жилу в общей оболочке с фазными жилами одинакового с ними сечения.

Таблица 8.2. Наименьшие допустимые сечения медных, алюминиевых заземляющих и нулевых защитных проводников в электроустановках до 1 кВ

Заземляющие и нулевые защитные проводники	Медь, мм²	Алюминий, мм²
Неизолированные проводники при открытой прокладке	4	6
Изолированные провода	1,5*	2,5
Заземляющие жилы кабелей или многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами	1	2,5

* При прокладке проводов в трубах допускается сечение нулевых защитных проводников (медных) принимать равным 1 мм², если фазные проводники имеют то же сечение.

Во взрывоопасных установках в качестве заземляющих и нулевых защитных проводников используют проводники, специально предназначенные для этой цели. Использование для этих проводников металлических конструкций строительного и производственного назначения, стальных труб электропроводок, металлических оболочек кабелей и т. п. рассматривается лишь как дополнительная мера безопасности.

Во взрывоопасных установках в сетях напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью зануление в силовых сетях выполняют с помощью специально проложенного нулевого защитного проводника: третьего — в двухпроводных (одно- и двухфазных) сетях и четвертого — в трехпроводных (трехфазных) сетях. В осветительных двухпроводных (однофазных) сетях специальный третий проводник для зануления прокладывают только во взрывоопасных зонах В1.

Монтаж заземлителей. Искусственные заземлители сооружают только в случае, если естественные заземлители (железобетонные фундаменты зданий и сооружений) не обеспечивают сопротивление растеканию, требуемое ПУЭ.

Углубленные заземлители, заранее заготовленные, укладывают на дно котлованов под фундаменты зданий и сооружений при производстве строительных работ. Вертикальные заземлители из угловой стали и труб погружают в грунт путем забивки или вдавливания. Для этой цели используют копры, автоямобуры, вибраторы, гидропрессы, бурильно-крановые машины, ручные приспособления.

Глубина заложения верха вертикальных заземлителей должна быть 0,6—0,7 м от уровня планировочной отметки земли и выступать от дна траншеи на 0,1—0,2 м (рис. 8.5) для удобства приварки к ним соединительных полос или круглых стержней.

Все соединения в цепях заземлителей выполняют сваркой внахлестку. Расположенные в земле заземлители и заземляющие проводники не окрашивают. Если в грунте содержатся примеси, вызывающие повышенную коррозию, применяют заземлители увеличенного сечения, оцинкованные или омедненные заземлители или делают электрическую защиту от коррозии.

Горизонтальные заземлители в местах пересечения с подземными сооружениями (кабелями, трубопроводами),

с железнодорожными путями и дорогами, а также в местах возможных механических повреждений защищают асбестовыми трубами.

По окончании монтажа заземлителей перед засыпкой траншеи составляют акт освидетельствования скрытых работ.

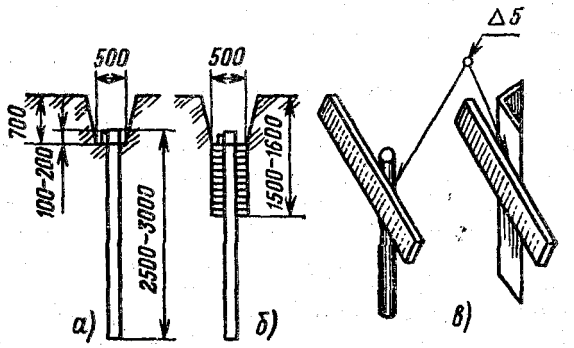


Рис. 8.5. Размещение вертикальных заземлителей в грунте:
а — не требуется специальной обработки; *б* — требуется специальная обработка; *в* — соединение заземлителей с полосовой сталью

Монтаж заземляющих и нулевых защитных проводников. Заземляющие и нулевые защитные проводники должны быть доступны для осмотра. Это требование не относится к нулевым жилам и металлическим оболочкам кабелей, трубам скрытой проводки, металлоконструкциям и трубам, находящимся в земле и фундаментах, заземляющим и нулевым защитным проводникам, проложенным в трубах и коробах и в скрытых несменяемых проводках.

В сухих помещениях заземляющие проводники по бетонным и кирпичным основаниям могут укладываться непосредственно по основаниям с креплением полос дюбель-гвоздями, а в сырых, особо сырых помещениях и в помещениях с едкими парами прокладку проводников выполняют на подкладках или опорах (держателях) на расстоянии не менее 10 мм от основания.

Проводники крепят на расстояниях: 600—1000 мм между креплениями на прямых участках, 100 мм на поворотах от вершин углов, 100 мм от мест ответвлений, 400—600 мм от уровня пола помещения и не менее 50 мм от нижней поверхности съемных перекрытий каналов.

Через стены, перегородки и перекрытия заземляющие проводники прокладывают в открытых проемах или в гильзах, а при пересечении температурных швов устанавливают компенсаторы.

Соединение заземляющих проводников и присоединение их к металлическим конструкциям зданий выполняют сваркой, за исключением разъемных мест, предназначенных для измерений. Длину нахлестки для сварки проводников принимают равной ширине полосы при прямоугольном сечении и шести диаметрам — при круглом сечении.

К корпусам машин и аппаратов заземляющие проводники присоединяют, как правило, под заземляющий болт, имеющийся на их корпусах. Машины, установленные на салазках, заземляют присоединением к салазкам заземляющего проводника.

При наличии сотрясений или вибрации принимают меры против ослабления контакта (установке контргайки, контрящих шайб и т. п.). Контактные поверхности на электрооборудовании и у заземляющих проводников в местах болтового соединения зачищают до металлического блеска и покрывают тонким слоем вазелина.

Если на трубопроводах, используемых в качестве заземлителей, установлены задвижки, водомеры или выполнены болтовые фланцевые соединения, то в этих местах приваривают или устанавливают на хомутах обходные перемычки сечением не менее 100 мм^2.

Открыто проложенные заземляющие и нулевые защитные проводники имеют отличительную окраску — по зеленому фону желтая полоса вдоль проводника. Окраске не подлежат места, предназначенные для подсоединения инвентарных переносных заземлителей.

Заземление кабелей и кабельных конструкций. В кабельных линиях заземляют: металлические оболочки и броню силовых и контрольных кабелей; металлические кабельные соединительные и концевые муфты; металлические кабельные конструкции, лотки, короба, тросы, на которых укреплены кабели; стальные трубы, в которых в помещениях проложены кабели.

Соединение брони и оболочки с соединительными и концевыми муфтами выполняют с помощью гибких многопроволочных медных проводников. На концах кабельных линий медные проводники присоединяются к магистралям заземления.

Сечения заземляющих многопроволочных медных проводников для силовых кабелей при отсутствии других указаний в проекте могут быть приняты следующие:

Сечение жилы кабеля, мм .	До 10	16—35	50—120	150—240
Сечение проводника заземления, мм²	6	10	16	25

Непрерывность цепи заземления кабелей в местах соединения строительных длин с помощью свинцовых соединительных муфт осуществляется пайкой проводника заземления к броне конца одного кабеля, затем к центру свинцовой муфты и к броне другого конца кабеля.

Заземление стальных лотков и коробов должно производиться не менее чем в двух местах, как правило, на обоих концах линии.

Все металлические части, применяемые при прокладке кабелей на тросах, включая и несущий трос, должны быть заземлены. Стальные трубы, используемые для заземления, должны быть надежно соединены с заземляющим устройством или с нулевым проводом.

Присоединение проводников заземления. По соображениям безопасности обслуживающего персонала, а также для предохранения свинцовой или алюминиевой оболочки кабеля при пробое изоляции на землю выполняют заземление металлических оболочек и брони кабеля, металлических корпусов муфт и конструкций, на которых они установлены. Заземляющий провод (голый медный) присоединяют к свинцовой или алюминиевой оболочке кабеля (рис. 8.6). К свинцовой оболочке провод заземления припаивают припоем ПОС, а к алюминиевой оболочке — припоями марок А и ПОС.

Вывод провода заземления через горловину муфты или воронки и присоединение его к свинцовой или алюминиевой оболочке и броне выполняют следующим образом. Провод накладывают на свинцовую или алюминиевую оболочку и броню, за-

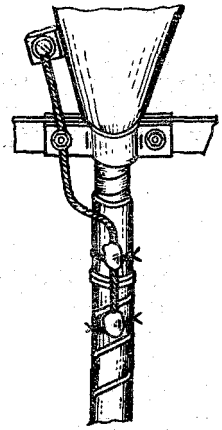


Рис. 8.6. Заземление металлической оболочки и брони кабеля, введенного в концевую кабельную воронку

тем его прикручивают к ним бандажами из оцинкованной проволоки и припаивают.

После присоединения заземляющего провода к оболочке на конце кабеля делают уплотнение из специальной плотной просмоленной бумаги и просмоленной ленты шириной 50—75 мм. Верхний и нижний слои уплотнения примерно на толщину 2—3 мм наматывают только из ленты. Диаметр уплотнения зависит от диаметра горловины муфты или воронки, в которой потом будет зажато это уплотнение. Диаметр уплотнения контролируют кронциркулем или непосредственно примеркой по горловине муфты или воронки. Затем очищают алюминиевую или свинцовую оболочку: протирают ее тряпкой, смоченной в бензине или в подогретом трансформаторном масле, а затем сухой чистой тряпкой.

Глава девятая

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ МОНТАЖЕ СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ЦЕХОВЫХ СЕТЕЙ

9.1. Общие требования

До начала работ электромонтажный персонал должен пройти медицинское освидетельствование, изучить правила и инструкции по безопасности труда, сдать экзамен и получить удостоверение о присвоении квалификационной группы. При поступлении на работу проводят вводный инструктаж, а на рабочем месте — производственный инструктаж, во время которого электромонтажник знакомится с конкретными намечаемыми к выполнению электромонтажными работами, условиями производства работ и требованиями Правил техники безопасности (ПТБ), а также получает необходимые указания по безопасным приемам работы. При выполнении работ электромонтажники отвечают за соблюдение ими ПТБ и полученного инструктажа, а также за применение в процессе работы защитных средств.

Организация инструктажа работающих. По характеру и времени проведения инструктажи подразделяют на: вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый, текущий.

Вводный инструктаж проводит инженер по охране труда (технике безопасности) или лицо, на которое воз-

ложены обязанности инженера по охране труда (технике безопасности).

Первичный инструктаж на рабочем месте, повторный, внеплановый, текущий проводит непосредственный руководитель работ.

Вводный инструктаж проводят со всеми принимаемыми на работу независимо от образования и должности, а также с командированными, учащимися и студентами, прибывшими на производственное обучение или практику. Вводный инструктаж проводят по программе, разработанной с учетом требований стандартов ССБТ и особенностей производства, утвержденной руководителем организации по согласованию с местным комитетом профсоюза.

В программу инструктажа включают сведения по: особенностям предприятия, законодательству об охране труда, технике безопасности, производственной санитарии, средствам индивидуальной защиты работающих, пожарной безопасности, оказанию первой помощи пострадавшему.

О проведении вводного инструктажа и проверке знаний делают запись в журнале регистрации вводного инструктажа с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводят со всеми вновь принятыми на предприятие, переводимыми из одного подразделения в другое, командированными, учащимися и студентами, прибывшими на производственное обучение или практику, с работниками, выполняющими новую для них работу, а также со строителями и монтажниками при выполнении строительно-монтажных работ на территории действующего предприятия.

Для лиц, которые не связаны с обслуживанием, испытанием, наладкой и ремонтом оборудования, использованием инструмента, хранением сырья и материалов, первичный инструктаж на рабочем месте не производится. Список этих лиц утверждается руководителем предприятия по согласованию с комитетом профсоюза.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводят с каждым работником индивидуально по инструкциям по охране труда (с практическим показом безопасных приемов и методом труда), разработанным для отдельных профессий и видов работ.

Первичный инструктаж на рабочем месте должен включать сведения по: технологическим процессам и оборудованию; основным производственным факторам; организации и содержанию рабочего места, устройству механизмов, опасным зонам, предохранительным приспособлениям и ограждению, системам блокировки и сигнализации, проверке исправности инструмента, механизмов и приспособлений; безопасным приемам и методам работы; действиям при возникновении опасной ситуации; схемам передвижения по объекту; требованиям безопасности при погрузочно-разгрузочных работах; мерам предупреждения пожаров, способам применения имеющихся на участке средств пожаротушения и местах их расположения.

Все рабочие после первичного инструктажа на рабочем месте первые две—пять смен работают под руководством наставника, после чего допускаются к самостоятельной работе с фиксацией в журнале регистрации инструктажа.

Повторный инструктаж производится по программе инструктажа на рабочем месте индивидуально или с группой работников одной профессии не реже чем через 6 мес.

Внеплановый инструктаж проводят при изменении правил по охране труда; изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, исходного сырья и материалов; нарушении работниками требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву или пожару, перерывам в работе.

Внеплановый инструктаж проводят индивидуально или с группой рабочих одной профессии в объеме первичного инструктажа на рабочем месте.

Текущий инструктаж проводят с работниками перед производством работ, на которые оформляется наряд-допуск.

9.2. Инструменты и приспособления

Перед началом работ тщательно проверяют весь инструмент и приспособления. Инструмент с повреждениями, например молотки, кувалды с выбоинами, сколами, трещинами и т. д., применять не разрешается. При выполнении работ, при которых возможны осколки, пыль

или стружка, применяются защитные очки. Переносные светильники должны быть только заводского изготовления, исключающего возможность прикосновения к токоведущим частям. Они снабжаются металлической сеткой для защиты ламп, устройством для подвешивания и шланговым проводом с вилкой напряжением не выше 42 В. Штепсельные соединения 12 и 42 В по своему конструктивному исполнению и окраске должны отличаться от штепсельных соединений, предназначенных на напряжение 110 и 220 В. Места подключения к сети переносных токоприемников следует обозначить соответствующими надписями. Присоединение к сети переносных токоприемников напряжением выше 42 В должно осуществляться шланговым проводом, в исключительных случаях допускается применение многожильных медных, гибких проводов с изоляцией на напряжение не ниже 500 В, заключенных в резиновый шланг.

Электроинструмент хранится в инструментальной кладовой и не реже 1 раза в месяц проходит проверку. На корпусе электроинструмента указывается дата следующего испытания. При выдаче электроинструмента инструментальщик и принимающий обязаны удостовериться в его исправности подключением к электросети и в наличии заземляющего провода. Вместе с инструментом рабочий получает диэлектрические перчатки, галоши и диэлектрический коврик, поскольку без этих средств индивидуальной защиты работать с электроинструментом не разрешается. При ощущении действия тока работающий обязан прекратить работу и сдать инструмент для проверки.

Запрещается: выдавать неисправный инструмент, работать с электроинструментом внутри металлических корпусов и держать его за провод или сверло, удалять стружку из-под сверла во время его вращения, производить заточку режущих инструментов без защитных очков, работать с электроинструментом на приставных лестницах, применять инструменты с рабочим напряжением выше 42 В.

Работа с пневмоинструментом. К работе с пневмоинструментом допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр и сдавшие экзамен по технике безопасности при работе с ручным пневматическим инструментом (производственная инструкция выдается им под расписку). Рабочие, занятые на работах с пнев-

моинструментом, должны проходить медицинское освидетельствование через каждые 12 мес.

Инструмент должен быть исправен, снабжен порядковым номером и паспортом с указанием амплитуды вибрации, даты выпуска и отметки о производстве всех видов ремонта, записан в специальный журнал с отметками о его периодических осмотрах и инвентаризации.

Шланги до присоединения их к инструменту должны быть тщательно продуты. Присоединение шланга к штуцеру следует производить только с помощью обжимных хомутов. Воздух подается после установки инструментов в рабочее положение. При перерыве в подаче воздуха пневмоинструмент надо отключить от сети сжатого воздуха. Запрещается: работать с пневмоинструментом на холостом ходу; во время работы производить ремонт, браться руками за рабочую часть; работать с приставных лестниц; подключать шланги непосредственно к воздухоподводу; пользоваться без вентилей давлением воздуха выше указанного в паспорте для данного инструмента; снимать во время работы защитные ограждения; присоединять шланг к штуцеру проволочными бандажами.

Монтажно-поршневые пистолеты. Работать с пистолетом разрешается рабочим не моложе 18 лет, имеющим квалификацию не ниже третьего разряда, проработавшим на монтажных работах не менее 1 года, прошедшим специальный курс обучения и получившим удостоверение на право пользования пистолетом. Работать с пистолетом во взрыво- и пожароопасных помещениях не допускается.

Передавать пистолет другому лицу запрещено. Ствол пистолета до установки в рабочее положение следует всегда направлять в безопасное для себя и окружающих место независимо от того, заряжен пистолет или нет.

Перед началом работы с пистолетом следует убедиться в том, что расстояние от точки забивки дюбелей до края строительного основания и пристреливаемой к нему детали (во избежание их скола) составляет: при бетонном основании или кирпичной кладке — не менее 100 мм, стальном основании — 15 мм, стальной или алюминиевой детали — 10 мм, деревянной или пластмассовой детали — 15 мм. Кроме того, необходимо проверить соответствие типа дюбеля условиям работы и материалу

основания, в которое намечено забивать дюбеля. Перед забивкой дюбелей в железобетонные основания необходимо с помощью арматуроискателя определить месторасположение стальной арматуры.

Работать пистолетом следует в строгом соответствии со специальной инструкцией, предназначенной для данного типа строительно-монтажного пистолета. Запрещается оставлять пистолет и патроны к нему даже на короткое время без надзора ответственного за него лица, а также хранить пистолет в домашних условиях. Пистолет и патроны в нерабочее время должны храниться только в месте, определенном приказом по данной монтажной организации.

Работающий с пистолетом и подсобные рабочие должны быть в касках, очках и противошумных наушниках. Необходимо помнить, что запрещается забивать дюбеля: в чугун и керамические материалы вследствие того, что они дают большое количество осколков; в пластмассы, дерево и сухую штукатурку вследствие их легкой пробиваемости; в оштукатуренные кирпичные основания, в закаленную сталь, в пружинящие части, в твердые породы камней и крупнофракционные бетоны вследствие их возможной деформации.

Работать с пистолетом следует с лесов, подмостей, вышек.

Ежедневно в конце рабочего дня пистолет и неизрасходованные патроны, а также патроны, давшие осечку, должны быть сданы для хранения на склад (в кладовую).

9.3. Общие меры безопасности при электромонтажных работах

Погрузочно-разгрузочные работы следует выполнять механизированным способом с помощью кранов, автопогрузчиков и других машин. При малых объемах работы ведут с использованием средств малой механизации. Погрузочно-разгрузочные работы с грузами более 50 кг, а также подъем грузов на высоту более 3 м должны выполняться только механизированным способом.

Установлены нормы подъема и горизонтального перемещения грузов: для мужчин старше 18 лет — 50 кг; для женщин старше 18 лет — 20 кг; для подростков мужского пола 16—18 лет — 16 кг; для подростков женского пола 16—18 лет — 10 кг.

Запрещено переносить материалы по лестницам и стремянкам, а также по горизонтальному пути на расстояние более 50 м.

Спуск тяжелых грузов по наклонному скату производят с помощью двух лебедок, располагаемых: одна со стороны ската, а вторая — с противоположной стороны, для торможения, страхующего от самопроизвольного скольжения груза.

Погрузку, разгрузку и перемещение длинномерных материалов, таких как бревна, трубы, опоры, рельсы, сортовой прокат, пакеты шин, выполняют с помощью крана. Эти работы допускаются выполнять вручную только в исключительных случаях. Места разгрузки должны быть ограждены или охраняться от доступа посторонних лиц. Должны быть приняты меры против самопроизвольного скатывания грузов.

Работу на высоте разрешается производить с подмостей или лесов, имеющих ограждения, с приставных лестниц и стремянок, а с неогражденных поверхностей или с постоянно укрепленных лестниц только при обязательном применении проверенных и испытанных предохранительных поясов.

При работе с неукрепленных приставных лестниц и при работе на фермах и подкрановых балках запрещается: ходить и работать на свежеокрашенных фермах, балках и т. п.; переносить грузы по подкрановым балкам; работать на подкрановых балках при включенных троллеях; проходить по верхнему поясу стропильных и подстропильных ферм, прогонам, ригелям и прочим конструкциям, не приспособленным для этой цели.

Разрешается проход по верхним поясам подкрановых балок и нижним поясам стропильных и подстропильных ферм только в том случае, когда вдоль балок или ферм на высоте 1 м натянут трос для закрепления цепи предохранительного пояса. При этом запрещается передвижение вдоль троса более двух человек, а при встречном движении рабочих запрещается отцеплять предохранительный пояс и меняться местами.

Работы с ядовитыми веществами следует выполнять с соблюдением следующих основных мер предосторожности.

При применении бензола в качестве растворителя или разбавителя красок, лаков, клеев, эмалей и мастик необходимо производить их разведение или разлив в спе-

циально приспособленной таре в отдельных изолированных помещениях, оборудованных местной отсасывающей вентиляцией; разведенные лакокрасочные материалы доставлять на рабочие места в железной таре с плотно закрывающейся крышкой; доставлять и хранить растворители в стеклянной таре запрещается; тара снаружи должна быть очищена; освободившуюся тару следует немедленно удалять из помещения. При окраске пульверизатором давление воздуха в пневматическом распылителе допускается не выше 0,2 МПа; поверхность ручки пульверизатора должна быть покрыта деревом или пластмассой; окраска мелких деталей пульверизатором должна производиться в шкафах с вытяжкой и гидрофильтрами для улавливания аэрозолей; вытяжные устройства пульверизационных камер должны обеспечивать скорость движения воздуха в рабочем проеме камеры не менее 1 м/с; камеры и отсасывающие устройства должны очищаться не реже 1 раза в неделю; категорически запрещается применять для мытья рук бензол и содержащие его растворители; лица, занятые на работах, связанных с применением бензола, перед приемом на работу подлежат предварительному медицинскому осмотру и затем регулярным медицинским осмотрам через каждые 6 мес с обязательным клиническим анализом крови; они должны быть тщательно проинструктированы о мерах предосторожности при работе.

При работе с дихлорэтаном или смесями, содержащими дихлорэтан, не допускаются ручные операции, при которых возможно непосредственное попадание дихлорэтана на кожу (промывка, протирка изделий, разлив и т. п.); все операции с дихлорэтаном и его смесями должны быть механизированы; все рабочие помещения должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, обеспечивающей содержание в воздухе паров дихлорэтана не более 0,05 мг/л; все работающие должны быть предварительно тщательно проинструктированы о мерах предосторожности; проверка знаний должна быть отмечена в удостоверении.

При применении бакелитового лака и метилового спирта в качестве растворителя следует наносить его кистью или распылителем с зоной распыления, не превышающей 10 мм; работа должна выполняться в медицинских перчатках или наплечниках; работающие должны быть обеспечены достаточным количеством медицинского

глицерина, смешанного с медицинским вазелином в пропорции 2 : 1; посуда с метиловым спиртом должна иметь надпись «Яд».

При применении этилированного бензина в качестве моторного горючего следует иметь в виду, что отпускать и применять его независимо от количественного содержания в нем тетраэтилсвинца для производственных и каких бы то ни было других целей запрещается.

9.4. Электросварочные работы

Сварочные работы опасны в пожарном отношении, поэтому их необходимо проводить в строгом соответствии с «Правилами пожарной безопасности при проведении сварочных и других работ на объектах народного хозяйства». Сварочные работы в электролизной, аккумуляторной и других взрывоопасных помещениях должны проводиться в соответствии с «Типовой инструкцией по организации безопасного проведения огневых работ на взрывоопасных и взрыво-пожароопасных объектах». Во время электросварки возможно поражение электрическим током при прикосновении к неисправным токоведущим частям, электрододержателю.

Чтобы создать безопасные условия труда, необходимо устранить вредное воздействие дуги и электросварочных газов, а также обеспечить безопасность от поражения электрическим током и от ожогов брызгами расплавленного металла или искрами.

Для защиты головы, глаз и лица применяют защитные щитки и маски. Щиток изготовляют из фибры черного цвета с матовой гладкой поверхностью. Фибра не пропускает излучений, огнестойка, гибка. Универсальный щиток ЩЭУ-1 представляет собой маску, имеет фильтр, не пропускающий ультрафиолетовые и инфракрасные лучи. На маске смонтировано устройство, удерживающее ее в опущенном рабочем положении и откинутой назад. При наклоне головы маска должна прочно держаться в зафиксированном положении с помощью наголовника. Помощник сварщика и рабочие, находящиеся вблизи места сварки, для защиты глаз могут использовать очки со светофильтрами. Светофильтр изготовляют из стекла темного цвета. На расстоянии 2—3 мм от края светофильтра заводом-изготовителем нанесено обозначение в соответствии с ГОСТ (табл. 9.1).

Таблица 9.1. Светофильтры для защитных щитков и очков электро- и газосварщиков

Категория рабочих	Обозначение светофильтра	Условия применения
Электросварщики		Сварочный ток, А:
	Э-1	30—75
	Э-2	75—200
	Э-3	200—400
	Э-4	выше 400
Вспомогательные рабочие при электросварке	В-1	Сварка в цехах
	В-2	То же
	В-3	Сварка на открытых площадках
Газосварщики		Расход ацетилена, л/ч:
	Г-3	до 750
	Г-7	750—2500
	Г-12	выше 2500

В состав обмазки электродов входит марганец и плавиковый шпат (CaF_2 — фтористый кальций). Во время сварки в окружающую среду выделяются фтористый водород и марганец. Эти вещества оказывают вредное воздействие на нервную систему и легкие человека. Электрическая дуга обладает слепящей яркостью и сопровождается невидимым ультрафиолетовым и инфракрасным излучением. Ультрафиолетовые лучи обжигают кожу лица и наружную оболочку глаз, вызывая их воспаление, резь, слезотечение. Инфракрасные лучи вызывают помутнение хрусталика глаза.

Для защиты окружающих людей от излучений дуги рабочее место электросварщика ограждают переносными экранами (ширмами, щитами) из несгораемых материалов, окрашенных в темный матовый цвет. Для защиты от поражения электрическим током корпус сварочного трансформатора, сварочный стол и свариваемый предмет заземляют.

Перед началом работы проверяют исправность сварочных проводов, электрододержателя, надежность контактных соединений. Рекомендуется применять сварочные провода длиной не более 15 м в резиновом шланге. Провода с поврежденной изоляцией или оплеткой использовать нельзя.

При сварке напряжение на дуге мало и практически не опасно для сварщика, тем более что он не имеет не-

посредственного контакта с электродом, укрепленным в электрододержателе. При смене электрода напряжение холостого хода резко возрастает (оно может колебаться от 30 до 300 В и сосредоточено между электродом и свариваемой деталью). Чтобы не попасть под напряжение холостого хода, сварщику необходимо менять электрод при снятом напряжении, а сварочный агрегат оборудовать защитой. При появлении напряжения холостого хода между электродом и деталью выше допустимого автоматически включается устройство для снижения его до 12 В с выдержкой времени после обрыва дуги не более 0,5 с или электрод автоматически отключается от сварочного трансформатора с помощью блокировки. Такая блокировка обязательна, если сварка выполняется в особо опасных условиях.

Сварщику необходимо изолировать себя от соприкосновения с металлическими частями настилом из сухих досок, диэлектрическим ковриком или диэлектрическими галошами. Спецодежда должна защищать сварщика от ожогов, поэтому ее шьют из трудносгораемого материала (брезента), руки защищают рукавицами, а голову — шлемом. Для удаления вредных газов, возникающих при сварке у места работы, устанавливается вытяжная вентиляция.

9.5. Газосварочные работы

Для газовой сварки и резки металлов используют пропан-бутан, кислород и ацетилен. Кислород при нормальных условиях представляет собой газ без цвета и запаха. Он не горит, но поддерживает горение. Масло и жир в струе кислорода воспламеняются вследствие быстрого окисления их, что сопровождается сильным нагреванием. Это обязывает работающих не допускать попадания масла и жиров на поверхность кислородных баллонов и аппаратуры. Несоблюдение этого требования может привести к взрыву кислорода.

Ацетилен — горючий и взрывоопасный газ. Он легче кислорода и воздуха. При обычной температуре и атмосферном давлении это — бесцветный газ, обладающий слабым эфирным запахом. Технический ацетилен, применяемый для газовой сварки и резки, отличается резким неприятным запахом. Он взрывается при нагревании до 450—500 °С и одновременном повышении давления до

0,15—0,2 МПа (1,5—2 кгс/см²), при этом температура достигает 3000 °С. Давление взрывной волны в 10—11 раз больше первоначального абсолютного давления ацетилена. Он взрывается в смеси с воздухом, если в общем объеме смеси составляет 2,8—80 %. Наиболее взрывоопасны смеси, содержащие 2—13 % ацетилена. Сжатый ацетилен, ацетилено-воздушные и ацетилено-кислородные смеси взрываются от искры, открытого пламени, нагретой поверхности.

Ацетилен при смешивании с кислородом также взрывоопасен при содержании его в смеси от 2,8 до 93 % по объему. Наиболее взрывоопасны смеси, содержащие около 30 % ацетилена.

Сжиженные нефтяные газы — пропан и бутан — обладают небольшой взрывоопасностью; так, пропан взрывоопасен при содержании его 2—3,5 % по объему. Однако они оказывают отрицательное действие на организм человека неприятным запахом, вызывают раздражение и воспаление слизистых оболочек носоглотки и глаз, головную боль.

Со сжиженными газами можно работать только в защитных очках, плотно прилегающих к глазным впадинам, и в кожаных рукавицах. Для защиты тела следует пользоваться прорезиненным фартуком. Светофильтры для защитных очков приведены в табл. 9.1.

Кислород доставляют к месту работы в баллонах, а ацетилен получают на месте работ в газогенераторах в результате обработки карбида кальция водой или также доставляют в баллонах. Баллон для каждого газа имеет определенный цвет и надпись установленного цвета (табл. 9.2).

Таблица 9.2. Цвета баллонов и надписей

Газ	Цвет баллона	Цвет надписи
Кислород	Белый	Черный
Ацетилен	Голубой	Красный
Пропан	Красный	Белый
Бутан	Красный	Белый
Нефтегаз	Серый	Красный
Природный газ	Красный	Белый
Водород	Темно-зеленый	Красный
Углекислота	Черный	Желтый

Каждый баллон с газом должен иметь преохранительный поддон, опорный башмак и защитный колпак. Перед использованием баллон оборудуют редуктором для отбора газа с манометрами для контроля за давлением; баллон необходимо защищать от прямых солнечных лучей.

Транспортируют баллоны к месту работы, как правило, в вертикальном положении, закрепив их на специальных тележках, допускается также переноска баллонов на специальных носилках.

Полностью отбирать газ из баллонов нельзя. В кислородных баллонах остаточное давление должно быть не менее 0,05 МПа (0,5 кгс/см²); остаточное давление в ацетиленовых баллонах зависит от температуры воздуха и должно быть не менее указанного ниже:

Температура воздуха, °С . .	Ниже 0	0—15	16—25	26—35
Минимальное допустимое остаточное давление, МПа (кгс/см²)	0,05 (0,5)	0,1 (1)	0,2 (2)	0,3 (3)

При отборе газа из баллона пользоваться редуктором можно только в том случае, если он снабжен исправным и проверенным манометром. Срок проверки манометра указан в паспорте.

Для получения ацетилена в газогенераторах карбид кальция доставляют в барабанах. Вскрывать барабан с карбидом кальция можно только при помощи инструментов или приспособлений неударного действия. При неправильном вскрытии барабана могут образоваться искры, что приведет к взрыву.

Пустые барабаны необходимо хранить в специально отведенных местах, так как они взрывоопасны. Оставшийся в барабане карбид кальция при взаимодействии с влагой воздуха разлагается и образует взрывоопасную смесь. Чтобы этого не произошло, барабаны нужно герметично закрывать. Для более надежного хранения оставшегося карбида кальция его пересыпают в герметичные стальные бидоны. Откидная крышка бидона снабжена для более надежного уплотнения резиновой прокладкой.

При хранении карбида кальция в бидоне может образоваться некоторое количество ацетиленового газа. Чтобы предупредить опасный выброс карбидной пыли, крышку бидона следует открывать постепенно, медленно отвин-

чивая гайку. Кроме того, необходимо следить за тем, чтобы в бидон не попала вода.

9.6. Меры безопасности при работе с ртутью

Хранение на складе и транспортировка ртути допускается только в герметически закрывающихся баллонах из черной стали, эмалированных внутри. На рабочих местах хранение ртути в необходимых количествах допускается в толстостенных стеклянных сосудах с притертыми пробками и должно производиться в вытяжных шкафах на подносах под глицерином, который препятствует испарению. Переносить сосуды с ртутью разрешается в специальных металлических футлярах с ручками. Открывать сосуд с ртутью может только специально обученное лицо.

Пролитая ртуть должна быть немедленно и тщательно собрана в герметичный баллон или фарфоровую посуду. При собирании ртути необходимо пользоваться резиновой грушей, вакуум-насосом или пылесосом при условии вывода выхлопного воздуха в наружную атмосферу или вентиляционную систему. Полноту сбора ртути следует проверять с помощью лупы.

После сбора ртути пол следует протереть ветошью, смоченной 0,1 %-ным раствором марганцевокислого калия (светло-розовый цвет) с добавлением 5 мл концентрированной соляной кислоты на 1 л.

Для обезвреживания залежной ртути применяют хлорное железо. Растворы хлорного железа являются хорошим химическим демеркуризатором, так как наряду с химическим действием они оказывают на ртуть эмульгирующее действие.

Хлорное железо ($FeCl_3$) готовится из окиси железа (Fe_2O_3). В твердом состоянии оно темно-бурого цвета, а в разбавленном растворе — желтого. Водные растворы хлорного железа, в частности 20 %-ный раствор, показывают кислую реакцию вследствие гидролиза. При энергичном перемешивании металлической ртути с водным раствором хлорного железа с помощью мягкой кисти или щетки капельки ртути деформируются и теряют свои жидкие свойства, превращаясь в мелкий, серый порошок (ртутную чернь). Один литр 20 %-ного раствора хлорного железа готовится растворением на холоде 200 г хлорного железа (водного) в 800 мл воды (нагревания следует избегать, так как увеличивается гидролиз).

Из безводного хлорного железа приготовляется 10—12 %-ный раствор. Ввиду бурного протекания процесса растворения порошок хлорного железа необходимо всыпать понемногу при перемешивании в отмеренный объем воды. Растворение можно производить в стеклянной, свинцовой или толстостенной железной посуде.

При применении отходов хлорного железа, содержащих большое количество свободного хлористого водорода, необходимо (при наличии в помещении металлической аппаратуры) нейтрализовать его избыток. Для этой цели прибавляют технический мел в количестве 50—60 г на 1 л раствора хлорного железа. Добавление мела к раствору хлорного железа производится не ранее чем за 1—2 ч до его употребления.

После удаления механическим путем всей видимой на полу ртути раствор наливают на обрабатываемую поверхность из расчета ведро на 25 м^2 площади. После этого пол несколько раз тщательно протирают мягкой кистью или щеткой. Рекомендуется раствор хлорного железа оставлять до полного высыхания (на 1,5—2 сут). Когда условия технологического процесса не позволяют производить длительную обработку остаточной ртути упомянутым раствором, можно удалять раствор вместе с эмульгированной ртутью через 4—6 ч. В случае образования «ртутную чернь» можно смыть струей воды или удалить щеткой. Однако следует избегать сильного трения во избежание разрушения защитных оболочек на частицах ртути, еще не полностью перешедших в соединение. После очистки поверхность пола должна быть несколько раз промыта мыльной, а затем чистой водой.

Раствор хлорного железа в качестве демеркуризатора рекомендуется для обработки крашеного деревянного пола, а также пола из плиток или ожелезненного бетона.

Металлические детали при воздействии на них раствором хлорного железа подвергаются коррозии.

Список литературы

1. **Правила** устройства электроустановок. — 6-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1985.

2. **СНиП** III 05.06.85. Электротехнические устройства. Правила производства и приемки работ. М.: Стройиздат.

3. **СНиП** III-4-80. Техника безопасности в строительстве. М.: Стройиздат.

4. **Бригадная** организация труда: Справочно-методическое пособие. (Авт.: Г. Н. Черкасов, Л. А. Григорьева, В. Г. Веретенников, И. Г. Ляхов). М.: Профиздат, 1984. (Б-чка профсоюз. активиста; Вып. 17—18).

5. **Смирнов В. Н., Соколов Б. А., Соколова Н. Б.** Монтаж электрических установок. М.: Энергоиздат, 1982.

6. **Трифонов А. Н.** Особенности организации электромонтажных работ на высоте. М.: Энергоиздат, 1982.

7. **Трифонов А. Н.** Я — электромонтажник М.: Энергия, 1980.

8. **Трифонов А. Н.** Рабочее место при монтаже силового электрооборудования. М.: Энергия, 1979.

9. **Кожемякин В. А., Получанкин В. Т.** Особенности монтажа высоковольтных генераторов. М.: Энергия, 1978.

10. **Каминский М. Л., Кожемякин В. А.** Бесподкладочный монтаж электрических машин. М., Энергоиздат, 1982.

11. **Живов М. С.** Справочник молодого электромонтажника. — 2-е изд. М.: Высшая школа, 1983.

12. **Коптев А. А.** Монтаж кабельных сетей. М.: Высшая школа, 1983.

13. **Каминский М. Л., Каминский В. М.** Монтаж приборов и систем автоматизации. М.: Высшая школа, 1983.

14. **Техническая** документация на муфты для силовых кабелей с бумажной и пластмассовой изоляцией до 35 кВ. (Сост.: Г. Е. Хромченко, Е. З. Брансбург, В. В. Белоцерковец и др.). — 2-е изд. М.: Энергоиздат, 1982.

15. **Инструкция** по оконцеванию, соединению и ответвлению алюминиевых и медных изолированных проводов и кабелей и соединению их с контактными выводами электротехнических устройств. ВСН-139-83/ММС СССР. М., 1983.

16. **Технический** циркуляр Главэлектромонтажа, ВНИИКП и Госэнергонадзора № 9-2-197/80. О прокладке силовых кабелей на опорных конструкциях с повышенными пролетами.

17. **Технический** циркуляр Главэлектромонтажа, ВНИИКП и Госэнергонадзора № 9-2-196/80. О прокладке кабелей в наружных установках без защиты от солнечной радиации.

18. **СНиП** I.01.01—82. Система нормативных документов. Основные положения. М.: Стройиздат.

19. **Электромонтажные** устройства и изделия. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1983.

Содержание

Предисловие 3

Глава первая. **Основные нормативные документы** 5
1.1. Правила устройства электроустановок 5
1.2. Строительные нормы и правила (СНиП) 5
1.3. Ведомственные нормативные документы 7

Глава вторая. **Подготовка к производству монтажных работ** . 8
2.1. Проект производства работ 8
2.2. Оплата труда 11
2.3. Сетевой график 15
2.4. Заготовительные работы 20
2.5. Комплектация и контейнерная доставка монтажных изделий и материалов на объекты строительства 31

Глава третья. **Организация монтажных работ** 33
3.1. Организация рабочих мест 33
3.2. Организация работ на объектах 42

Глава четвертая. **Монтаж преобразовательных подстанций** . 45
4.1. Общие сведения 45
4.2. Монтаж ртутных преобразовательных подстанций . . . 46
4.3. Ревизия форвакуумного насоса 48
4.4. Ревизия ртутного насоса 50
4.5. Обнаружение мест натекания 51
4.6. Переборка металлических ртутных выпрямителей . . 52
4.7. Формовка разобранных ртутных выпрямителей . . . 55
4.8. Монтаж запаянных ртутных выпрямителей 60
4.9. Монтаж полупроводниковых преобразовательных подстанций 61

Глава пятая. **Монтаж электрических машин и пусковых устройств** 63
5.1. Установка электрических машин на бетонных фундаментах 63
5.2. Соединение и центровка электрических машин с механизмами 84
5.3. Монтаж станций управления. 108
5.4. Условия включения в работу электрических машин без сушки 109

Глава шестая. **Монтаж шинопроводов напряжением до 1 кВ** . 112
6.1. Монтаж магистральных и распределительных шинопроводов 112
6.2. Монтаж осветительных шинопроводов 121
6.3. Монтаж троллейных шинопроводов 123

Глава седьмая. **Монтаж кабельных сетей и электропроводок до 1 кВ** 127

7.1. Обозначения и область применения кабельных изделий . 127
7.2. Монтаж кабелей и проводов на кабельных конструкциях, в лотках и коробах 136
7.3. Монтаж кабелей и проводов в стальных и пластмассовых трубах 150
7.4. Особенности и средства монтажа цеховых электрических сетей на кабельных эстакадах 159
7.5. Монтаж концевых кабельных муфт и заделок 160

Глава восьмая. **Заземление силового оборудования и цеховых сетей** 194

Глава девятая. **Техника безопасности при монтаже силового электрооборудования и цеховых сетей** . . 208
9.1. Общие требования 208
9.2. Инструменты и приспособления 210
9.3. Общие меры безопасности при электромонтажных работах 213
9.4. Электросварочные работы 216
9.5. Газосварочные работы 218
9.6. Меры безопасности при работе с ртутью 221
Список литературы 223