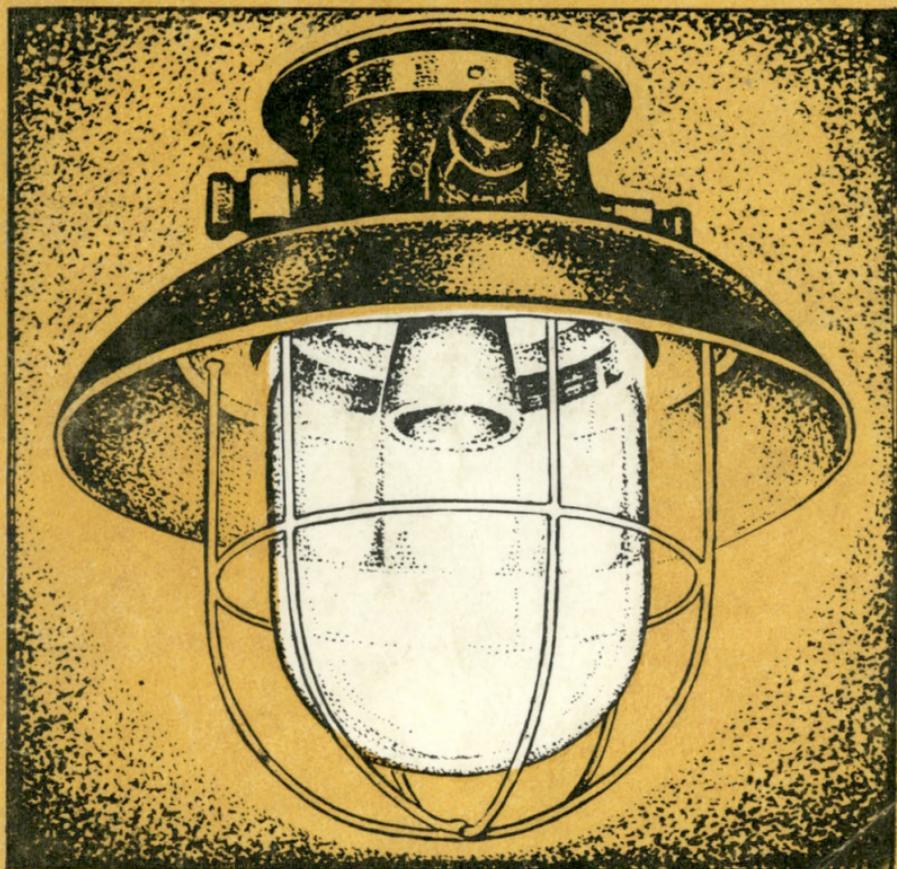


31.2  
К-78

**ИТАЖ** В.И.Крюков

**И ЭКСПЛУАТАЦИЯ  
ЭЛЕКТРО-  
ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ  
УСТАНОВОК**



31.2

КЖ

В. И. Крюков

# МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРО- ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Допущено Министерством  
электротехнической промышленности  
в качестве учебника  
для учащихся техникумов  
по специальности «Электроосветительные приборы  
и установки»

*301-326*

Сурхандарьинская  
ОБЛБИБЛИОТЕКА  
им. Гоголя



ADIB SOBIR TERMIZIY NOMIDAGI  
SURXONDARYO VILOYATI AXBOROT  
KUTUBXONA MARKAZI  
Kat. № 72-349  
301-326 200 бч.

МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1979

ББК 31.2  
К78  
УДК 621.3(075)

Рецензенты:  
проф., докт. техн. наук *В. Б. Атабеков*,  
преподаватель Полтавского электротехнического техникума  
*Ю. Ф. Мельников*

**Крюков В. И.**

К 78 Монтаж и эксплуатация электроосветительных установок: Учебник для техникумов. — М.: Высш. школа, 1979. — 199 с., ил.

35 коп.

В книге даны сведения об источниках света, светильниках и их схемах питания, электроизоляционных материалах, электротехнических изделиях, проводах, кабелях, электрических аппаратах и различном электрооборудовании, применяемом в осветительных установках: приведены описания и технические характеристики инструментов, механизмов, инвентарных приспособлений и приборов, применяемых при монтаже осветительных электроустановок. Предназначается для учащихся техникумов по специальности «Электроосветительные приборы и установки».

К  $\frac{30311-289}{001(01)-79}$  226-79

2302050000

6П2.1.06  
ББК 31.2

© Издательство «Высшая школа», 1979

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Электрификация является надежным фундаментом непрерывного развития всех отраслей народного хозяйства, осуществления технического прогресса, повышения производительности труда и на этой основе постоянного роста благосостояния народа.

В соответствии с решениями XXV съезда КПСС по дальнейшему развитию народного хозяйства СССР увеличатся количество и мощность электростанций, выработка электроэнергии, что позволит внедрить передовую технику в промышленность и транспорт, сельское хозяйство и строительную индустрию.

Использование электрической энергии для освещения имеет большое народнохозяйственное значение. Ежегодно на эти цели в СССР расходуется 8—12% всей вырабатываемой электрической энергии, что в 1980 г. составит, 140—150 млрд. кВт·ч.

Работа любого предприятия или учреждения невозможна без электрического освещения. Нормальное электрическое освещение, осуществляемое специальными электроустановками, способствует высокой производительности труда, улучшению качества выпускаемой продукции, создает благоприятную световую обстановку в помещении.

На устройство и эксплуатацию электрического освещения ежегодно расходуются значительные материально-технические ресурсы и поэтому для народного хозяйства очень важно как сокращение, так и наиболее эффективное использование этих затрат.

Персонал, эксплуатирующий осветительные установки, должен хорошо знать их устройство, уметь качественно выполнять необходимые работы.

В предлагаемой книге приведены сведения об устройстве современных осветительных установок и рекомендации по их монтажу и эксплуатации.

Автор приносит благодарность рецензентам — В. Б. Атабекову и Ю. Ф. Мельникову, рекомендации которых были использованы при подготовке книги.

Автор будет признателен всем читателям, которые пришлют свои замечания и отзывы на книгу по адресу: Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14, издательство «Высшая школа».

*Автор*

## Глава 1

# ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ОСВЕЩЕНИЯ

### § 1.1. Осветительные установки

Осветительными установками называют специальные светотехнические устройства для освещения помещений, зданий, сооружений и территорий.

Осветительная установка включает в себя комплекс, состоящий из осветительной арматуры с источниками света, магистральных и распределительных сетей, пуско-регулирующей аппаратуры, распределительных щитов для распределения электрической энергии между осветительными приборами.

Эксплуатацию осветительных установок производят по специально разработанным нормам и правилам, согласно которым они должны обеспечивать определенные требования к уровню освещенности и качеству освещения, при этом учитывают особенности освещаемого объекта.

Значение освещения заключается в том, что с помощью органов зрения человек получает наибольший объем информации.

Для оценки естественной освещенности внутри зданий служит коэффициент естественной освещенности (к. е. о.), равный процентному отношению освещенности точки в помещении к освещенности наружной площадки, измеренных одновременно. К. е. о. зависит от величины и расположения светопроемов, степени пропускания ими света, отражающей способности поверхностей помещений, и т. д., и для различных производственных помещений он допускается в пределах от 0,25 до 10%.

Кроме естественной освещенности, которая не может полностью обеспечить нормальную деятельность человека, применяется искусственное освещение.

При создании освещения производственных помещений или рабочих мест учитывается степень точности выполняемой работы, контрастность объекта, различия по отношению к окружающему фону и т. д.

Важнейшим условием освещения является обеспечение достаточной и постоянной во времени освещенности поверхностей, необходимое распределение яркостей в окружающем пространстве, правильное направление падения света и его благоприятный спектральный состав.

Осветительные установки должны быть экономичными и надежными в работе, электро- и пожаробезопасными, простыми в монтаже и эксплуатации.

Правильное и рациональное устройство осветительных электроустановок, размещение источников света, качественное выполнение монтажа электропроводок и светильников имеет большое значение, так как способствует улучшению условий работы, снижению утомляемости зрения работников и повышению качества выпускаемой продукции.

Освещение бывает общее, создающее освещенность, которая удовлетворяет условиям выполняемой работы; местное, применяемое только для освещения обрабатываемых поверхностей, приспособлений или рабочих инструментов, и комбинированное, представляющее собой совокупность общего и местного освещений и являющееся наилучшим для освещения рабочих мест.

Кроме рабочего освещения, обеспечивающего рациональное освещение производственных и общественных помещений, иногда применяют аварийное освещение, дающее возможность эвакуировать людей или временно продолжать работу при выходе из строя рабочего освещения. Светильники аварийного освещения должны отличаться от светильников рабочего освещения четко различимыми признаками (размером, окраской корпусов, конструкцией).

Существуют различные схемы и способы исполнения конструкций светильников, электропроводок и типов применяемых источников света, устройств автоматического и телемеханического управления сетями освещения.

В соответствии с Правилами устройств электроустановок (ПУЭ) для их питания допускается применение напряжения не выше 220 В с включением ламп на междупазное напряжение при системе 220/127 В или на напряжение между фазой и нулевым проводом в системе 380/220 В. В осветительных установках с газоразрядными лампами предельно допустимым и наиболее оптимальным является напряжение 380/220 В. В помещениях без повышенной опасности поражения электрическим током

для местного освещения применяют напряжение установок общего освещения. В остальных случаях — не выше 36 В, а в особо опасных помещениях — не выше 12 В.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при установке светильников на высоте менее 2,5 м в электроосветительных установках применяется напряжение не выше 36 В. Допускается установка светильников на более высокое напряжение при условии, что конструкция их полностью исключает возможность доступа к лампам без применения специальных приспособлений.

Для безопасности обслуживания электроустановок все элементы, подлежащие заземлению (металлический корпус светильника, выключателя, металлические переходные коробки и трубы и т. д.), должны быть присоединены к сети защитного заземления.

Для освещения улиц и площадей применяются специальные светильники, которые крепятся на кронштейнах опор или подвешиваются на тросах.

Светильники на опорах воздушной сети монтируются ниже проводов линии или по другую сторону опоры на уровне проводов для безопасного обслуживания и замены перегоревших электроламп.

Конструкции светильников и их расстановка в помещениях должны обеспечивать наиболее правильное и рациональное распределение световых потоков ламп и соблюдение требуемых норм освещенности (табл. 1.1).

Световой поток — это мощность оптического излучения, которая оценивается по световому ощущению на глаз человека. Единицей измерения светового потока, обозначаемого буквой  $F$ , служит люмен (лм) (например, световой поток электрической лампы накаливания мощностью 25 Вт и напряжением 220 В равен около 200 лм).

Освещенность — это величина светового потока, приходящаяся на единицу поверхности. Единицей измерения освещенности, обозначаемой буквой  $E$ , является люкс (лк);

$$E = F/S, \text{ лк}, \quad (1.1)$$

где  $S$  — площадь поверхности, на которую падает световой поток  $F$ .

Освещенность поверхности равна 1 лк, если на 1 м<sup>2</sup> ее площади падает световой поток в 1 лм, 1 лк = 1 лм/1 м<sup>2</sup>.

Таблица 1.1

Помещение или производственное оборудование	Наименьшая освещенность, лк			
	при люминесцентных лампах		при лампах накаливания	
	комбинированное освещение	одно общее освещение	комбинированное освещение	одно общее освещение
Цех металлообработки:				
станочное оборудование	500	50	—	—
кузнечный, сварочный, термический	1000	50	—	—
Котельные:				
котельный зал	—	30	—	—
котлы	150	—	—	—
измерительные приборы	300	—	—	—
Гаражи:				
ремонтный зал, профлакторий	—	50	—	—
моечное отделение	—	20	—	—
Электростанции и подстанции:				
щиты	—	200—100	—	—
камеры трансформаторов	—	30	—	—
Общежития и интернаты	—	100	—	50
Кабинеты, конторские помещения	—	200	—	75
Машинописные, машинно-счетные бюро, чертежные	—	300	—	150
Аудитории, классы, лаборатории	—	300	—	150
Залы, столовые, буфеты	—	200	—	75
Лестницы и коридоры	—	75—50	—	20—10
Магазины	—	300	—	150
Зрительные залы кинотеатров	—	100	—	30

Стены и потолки производственных помещений, а также технологическое оборудование окрашивают в светлые тона, так как они максимально отражают падающий на них свет.

В соответствии с требованиями охраны труда на производстве существуют обязательные нормы искусственного освещения. Основной количественной нормируемой характеристикой служит освещенность, которая устанавливается в пределах от 5 до 5000 лк в зависимости от назначения помещений, условий и вида выполняемой в них работы (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Характеристика работы	Размер объекта различения, мм	Контраст объекта с фоном	Фон	Минимальная освещенность, лк			
				при люминесцентных лампах		при лампах накаливания	
				комбинированное освещение	общее освещение	комбинированное освещение	общее освещение
Особо точная	0,1 и менее	Малый » Средний Большой	Темный Светлый »	3000	750	1500	300
				2000	750	1000	300
				1500	500	750	300
Высокой точности	Более 0,1 до 0,3	Малый » Средний Большой	Темный Светлый »	2000	750	1000	300
				1000	400	500	150
				750	200	400	100
Точная	Более 0,3 до 1	Малый » Средний Большой	Темный Светлый »	1000	300	500	150
				750	200	400	100
				500	150	300	75
Малой точности	Более 1 до 10	Малый » Средний Большой	Темный Светлый »	150	150	150	50
				150	150	150	50
				100	100	100	30
				100	100	100	30

Продолжение табл. 1.2

Характеристика работы	Размер объекта различения, мм	Контраст объекта с фоном	Фон	Минимальная освещенность, лк			
				при люминесцентных лампах		при лампах накаливания	
				комбини- рованное освещение	общее освещение	комбини- рованное освещение	общее освещение
Грубая	Более 10	Независимо от контраста объекта с фоном и коэффициента отражения фона	100	100	100	30	
Требующая об- щего наблюдения за ходом произ- водственного про- цесса без выделе- ния отдельных деталей	—	То же	75	75	—	20	
Работы с само- светящимися пред- метами или мате- риалами	—	•	150	150	—	50	

Примечание. Фон (степень светлости) считается: темным — при коэффициенте отражения поверхности 0,3 и менее; светлым — при коэффициенте отражения поверхности более 0,3.

Окружающие нас предметы способны отражать, поглощать или пропускать световой поток. Эти явления называют световыми свойствами тел.

Световой поток  $F$ , падая на какое-либо тело, делится на три составные части: отраженную ( $F_{от}$ ), поглощенную ( $F_{пог}$ ) и пропущенную телом ( $F_{пр}$ ).

Отношение  $F_{от}/F$ , определяющее часть светового потока, отразившуюся от предмета, называется коэффициентом отражения. Отношение  $F_{пог}/F$ , выражающее часть светового потока, поглощенного телом, называется коэффициентом поглощения, а часть потока, пропущенная телом, определяемая отношением  $F_{пр}/F$ , — коэффициентом пропускания.

Световые свойства тел определяются также характером отражения и пропускания света. Различают три вида отражения и пропускания света: рассеянное, направленное (зеркальное) и направленно-рассеянное.

Предметы, светящиеся одинаковой яркостью во всех направлениях при падении на них светового потока, называют телами с рассеянным или диффузионным характером отражения (мел, гипс, молочное стекло).

Тела с блестящей поверхностью не рассеивают свет и обладают направленным или зеркальным отражением, а если они прозрачны и сквозь них можно без искажения рассматривать окружающие предметы, то такие тела имеют направленное пропускание света (например, оконное стекло).

Матовое стекло, глянцевая бумага являются телами, обладающими направленно-рассеянным отражением. Они рассеивают падающий на них свет и одновременно начинают светиться с неравномерной яркостью: их яркость в направлении зеркального отражения или направленного пропускания превосходит значение яркости в других направлениях.

Материалы, диффузно отражающие и пропускающие свет, широко применяются в современных светотехнических приборах.

Основными элементами осветительных электроустановок являются: распределительные устройства, щитки с устройством защиты от перегрузок и коротких замыканий, линий питающих и групповых осветительных сетей, светильники и источники света.

Для приема и распределения электроэнергии в общественных зданиях и производственных помещениях служат распределительные устройства, состоящие из вводной и распределительных панелей.

Вводная панель представляет собой шкафной тип с односторонним (реже двусторонним) обслуживанием. Ввод проводов и кабелей осуществляется снизу, а вывод

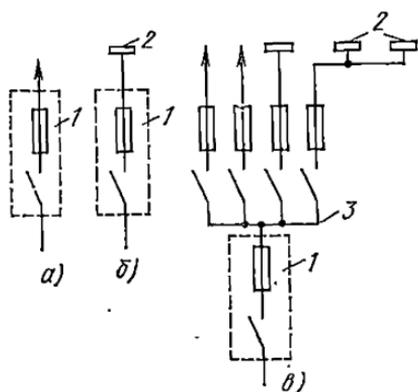


Рис. 1.1. Схемы вводно-распределительного устройства:

*а — в* — питание светильников непосредственно от вводного щита; от группового щита и через магистральный щит; *1* — вводный щит; *2* — групповой щит рабочего освещения; *3* — магистральный щит

снизу и сверху через съемные крышки. На панели смонтированы включающие устройства (рубильники, автоматы) и предохранители. На распределительных панелях установлены предохранители на каждую группу светильников. На рис. 1.1 показано вводно-распределительное устройство (ВРУ) для приема и распределения электроэнергии в общественных зданиях и жилых домах, состоящее из вводных и распределительных панелей.

Распределительный щиток представляет собой ящик, в котором смонтирована аппаратура отключения — автоматы, рукоятки их выведены на фасад щитка и закрыты дверцей. Защитой осветительных электроустановок от перегрузок и коротких замыканий служат установленные в распределительных устройствах и щитках предохранители или автоматы.

## § 1.2. Светильники

Светильник — это световой прибор для освещения помещений, открытых пространств и отдельных предметов, состоящий из источника света (лампы) и осветительной арматуры. В осветительную арматуру входит корпус, в который встроен отражатель; рассеиватель или защитное стекло; патрон, пускорегулирующий аппарат (ПРА) и система подвески.

Арматура служит для перераспределения светового потока источника света в нужном направлении, предохранения зрения работающего от чрезмерной яркости источника света. Это осуществляется с помощью отражателя и рассеивателя, которыми снабжены светильники. Отдельные типы светильников могут не иметь отражателя, рассеивателя или защитного стекла.

По степени концентрации лучистого потока световые приборы делятся на максимально концентрирующие световой поток вдоль оптической оси (прожекторы) и перераспределяющие этот поток в большом телесном угле (светильники) (рис. 1.2).

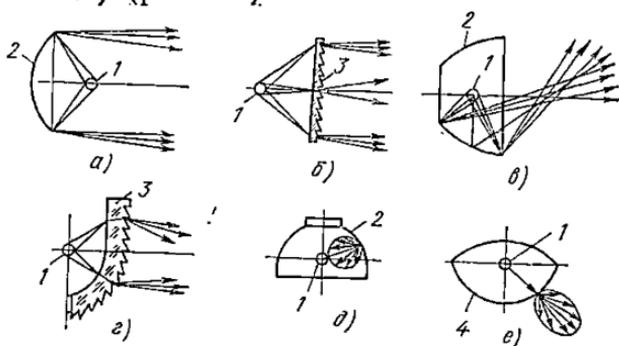


Рис. 1.2. Светораспределение световых приборов:  
*а, б* — прожекторы; *в — е* — светильники; *1* — источник света; *2* — отражатель; *3* — линза; *4* — рассеиватель

Для перераспределения светового потока в светильниках используют направленное отражение света зеркальными отражателями параболической и произвольной форм (рис. 1.2, *а, в*), направленное пропускание света дисковыми (цилиндрическими) линзами (рис. 1.2, *б*) или призматическими устройствами (рис. 1.2, *г*), диффузное или направленно-рассеянное отражение света диффузными, эмалированными и матированными отражателями (рис. 1.2, *д*), диффузное и направленно-рассеянное пропускание света глухими (молочными или матированными) рассеивателями (рис. 1.2, *е*).

Светильники для ламп накаливания и ДРЛ конструктивно похожи.

Основными светотехническими показателями светильников являются распределение яркости, освещенности, а также к. п. д., равный отношению полезно использованного светового потока светильника к полному световому потоку источника излучения.

Корпус светильника имеет специальное устройство для ввода проводов, а внутри его укреплен патрон для лампы. На корпусе светильника размещен узел подвески, позволяющий установить светильник на трубе, тросе, кабеле и крюках.

Светильники для люминесцентных ламп низкого давления состоят из металлического корпуса, в котором смонтированы ламподержатели, стартеродержатели, пускорегулирующее устройство, рассеиватель и соединительные провода.

Светильники для защиты от воздействия внешней среды делятся на открытые, в которых лампа не отделена от внешней среды; перекрытые, имеющие экранирующую решетку, сетку и т. д.; брызгозащищенные, в которые не попадают капли и брызги, падающие под углом  $45^\circ$  к вертикали, а также конденсат; водозащищенные и уплотненные, в которые не проникает вода, пыль и влага; пылезащищенные и пыленепроницаемые, в которые не проникают мелкие частицы пыли; взрывозащищенные, которые исключают возникновение искр и опасной температуры; взрывонепроницаемые, конструкция которых способна выдержать наибольшее давление внутреннего взрыва без повреждений и выхода в окружающую среду.

По характеру светораспределения светильники делят на пять видов: прямого, преимущественно прямого, рассеянного, преимущественно отраженного и отраженного света.

Основные различия между ними заключаются в следующем: прямого света — не менее 90% светового потока излучается в нижнюю полусферу; преимущественно прямого света — в верхнюю полусферу излучается от 10 до 45% светового потока; рассеянного — в верхнюю полусферу излучается от 45 до 55% светового потока; преимущественно отраженного света — в верхнюю полусферу излучается от 55 до 90% светового потока; отраженного — в верхнюю полусферу излучается более 90% светового потока.

Светильники по способу установки делятся на следующие основные группы: потолочные и встраиваемые в потолок, подвесные, настенные (бра) и напольные (торшеры).

Краткие технические характеристики и область применения наиболее распространенных видов светильников с лампами накаливания приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Светильники		Мощность лампы, Вт	Масса, кг	Способ установки и крепления
тип	исполнение			
<i>Общее освещение помещений с нормальной средой</i>				
Гс1500	Незащищенный открытый подвесной	500	1,7	На крюк или трубу 3/4"
Гс1000		1000	1,9	
Гс1500		1500	2,2	
С200	Незащищенный открытый	200	1,5	То же
С500		500	1,6	
СО200	То же	200	0,8	»
СО500		500	1,1	
СО1000		1000	1,8	
Уз100	Незащищенный перекрытый с рассеивателем и без него	100	1,55	На крюк
Уз200		200	1,75	
Уз500		500	2,0	
С177	Незащищенный открытый	150	1,0	То же

*Общее освещение помещений с тяжелыми условиями среды (повышенное содержание пыли и относительная влажность воздуха до 95%)*

ГсУ500	Частично пылезащищенный Уплотненный с экранирующей решеткой. Патрон брызгозащищенный	500	2,2	На трубу 3/4"
ГсУ1000		1000	2,3	
ГсУ1500		1500	2,4	
ГсУ500-2	Полностью пыленепроницаемый с уплотняющей прокладкой внутреннего объема	2×500	5,8	То же
ГсУ1000-2		2×1000	8,0	
УПН500	Частично пылезащищенный уплотненный	500	2,2	На крюк или трубу 3/4"
УПН1000		1000	2,8	
СУ200	То же	200	1,4	То же
СУ500		500	1,9	
УПД500	Частично пылезащищенный уплотненный с защитным стеклом Два исполнения: со штепсельным разъемом и с клеммной колодкой	500	3,9	На крюк, трубу 3/4" и монтажный профиль
УПД1000		1000	5,2	
УПД1500		1500	5,2	

Продолжение табл. 1.3

Светильники		Мощность лампы, Вт	Масса, кг	Способ установки и крепления
тип	исполнение			
НОБ300	Повышенной надежности То же »	300	7,8	На трубу 3/4"
НЧБ150		150	7,0	
НЧБН150		150	7,0	
ВЧА50 ВЧА60	Взрывонепроницаемый »	50	6,5	На потолке в трех точках
		60	6,5	
ВЧА200	Взрывонепроницаемый	200	8,5	На трубу 3/4"
ВЗГ100 ВЗГ200 ВЗГ200м	Взрывонепроницаемый То же »	100	6,0	То же
		200	5,7	
		200	7,0	

Для освещения производственных помещений применяются люминесцентные лампы, встроенные в специальные светильники, внешне и конструктивно отличающиеся от светильников для ламп накаливания. Для повышения термоэмиссии и обеспечения зажигания лампы катоды в пусковой период прогревают с помощью стартера (стартерные схемы) или трансформатора накала (бесстартерные схемы).

ПРА, как правило, встраивается в конструкцию светильника и включена в схему включения люминесцентной лампы. Основные характеристики светильников с люминесцентными лампами и лампами ДРЛ приведены в табл. 1.4 и 1.5.

Для освещения улиц используют специальные светильники. Улицы с зелеными насаждениями освещают с помощью тросового подвеса светильников по оси улицы или по осям движения, или светильники устанавливают на опорах с большим вылетом кронштейнов в сторону проезжей части улицы.

Характеристики светильников уличного освещения приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.4

Светильники		Количество и мощность лампы, Вт	Масса, кг	Способ установки и крепления
тип	исполнение			

## Общее освещение помещений с нормальными условиями среды

ЛД2×40	Незащищенный от-крытый	2×40	11,8	Крепление к по-толку на штырях или штангах
ЛД2×80	То же	2×80	13,7	
ЛДР2×40	То же, с экранирую-щей решеткой	2×40	11,5	
ЛДР2×80	То же	2×80	12,5	
ЛДОР2×40	»	2×40	17,0	
ЛДОР2×80	»	2×80	17,0	

ЛСП2×200	Незащищенный от-крытый с экранирую-щей решеткой зер-кальный	2×200	19,0	Крепление к по-толку в двух точ-ках на штырях, штангах или мон-тажном профиле
ЛСП2×150		2×150	20,0	
ЛСП2×125		2×125	16,4	

ОД2×40	Незащищенный от-крытый	2×40	10,5	На штангах
ОДР2×80	То же, с экранирую-щей решеткой	2×80	13	
ОДО2×40	Незащищенный от-крытый	2×40	10,5	
ОДОР2×80	То же, с экранирую-щей решеткой	2×80	13	

ЛОУ2×40	Незащищенный пе-рекрытый, осветитель-ное устройство для монтажа в непрерыв-ную светящуюся ли-нию	2×40	8	К потолку на штырях или штан-гах, подвесках
ЛОУ2×80		2×80	10	

ВЛО3×80	Незащищенное пе-рекрытие с экрани-рующей решеткой, об-	3×80	17,1	Встраиваются в перекрытие и кре-плятся в четырех точках болтами или штырями
ВЛО4×80		4×80	17,3	

ADIB SOULHONDIYI NENSAWRAU  
SURXONDARYO VILOYATI AXBOROT  
KUTUBXONA MARKAZI  
Kel. № 70249  
301326

Сурхандарьинская  
ОБЛБИБЛИОТЕКА  
им. Гоголя

Светильники		Количество и мощность ламп, Вт	Масса, кг	Способ установки и крепления
тип	исполнение			
<i>Освещение взрывоопасных помещений</i>				
РВЛ40 РВЛ80 РВЛ15 РВЛ20	Взрывонепроницае- мый рудничный	1×40 1×80 1×15 1×20	25,0 30,0 5,0 10,0	На крюк
РПЛ20	Повышенной надеж- ности против взрыва, рудничный	1×20	10,0	

Таблица 1.5

Светильники		Мощность ламп, Вт	Масса, кг	Способ установки и крепления	
тип	исполнение				
Гр250-2 Гр400 Гр700	Незащищенное крытое То же »	от- 250 400 700	1,8 2,0 2,4	На крюк или трубу 3/4"	
Гр1000-2 ГсР250 ГсР400 ГсР700 ГсР1000-2	» » » » »	1000 250 400 700 1000	3,3 2,0 2,0 2,4 3,3		
СД2ДРЛ-400 СД2ДРЛ-700 СД2ДРЛ-1000	Незащищенное крытое То же »	от- 400 700 1000	2,5 2,5 2,6		На крюк
СОР250 СОР400	Незащищенное крытое	от- 250 400	1,5 1,8		То же

Светильники		Мощность ламп, Вт	Масса, кг	Способ установки и крепления
тип	исполнение			
<i>Освещение помещений с тяжелыми условиями среды</i>				
ГсХР250-2	Частично пыленепроницаемый То же » »	250	2,8	На трубу 3/4"
ГсХР400		400	2,7	
ГсХР700		700	2,9	
ГсХР1000-2		1000	3,2	
УЦДДРЛ-250	Частично пылезашитенный ПРА выносное, соединение штепсельное	250	5,0	На крюк, трубу 3/4" и на монтажном профиле
УЦДДРЛ-400		400	5,0	
УЦДДРЛ-700		700	5,0	

Таблица 1.6

Источники света		Мощность ламп, Вт	Масса, кг	Способ установки и крепления
тип	исполнение			
СКЗНР140 СКЗНР250	Открытый, лампы натриевые и ДРЛ	140 250	22,0 22,0	Консольный
СКЗР125	Открытый, лампы ДРЛ	125	13	
СКЗР2×125 СКЗР3×125 СКЗР250 СКЗР2×250 СКЗН140	То же » » » Закрытый, натриевые	2×125 3×125 250 2×250 140	15 22 15 22 15	То же
СКЗПР400 СКЗПР500	Закрытый, лампы ДРЛ То же	400 500	23 23	
СЗП250 СЗПР250 СППР80 СППР125	Закрытый, лампы накаливания Закрытый, лампы ДРЛ Открытый, лампы ДРЛ То же	250 250 80 125	8,1 8,1 7,5 7,5	На опорах или тросах воздушной сети

Продолжение табл. 1.6

Источники света		Мощность ламп, Вт	Масса, кг	Способ установки и крепления
тип	исполнение			
СПО2-200	Открытый, лампы накаливания	200	4,3	Подвесной на опорах или тросах воздушной сети
СКЗЛ3×40	Закрытый, лампы люминесцентные	3×40	15	Консольный
СКЗЛ3×80	То же	3×80	20	
СКЗЛ2×80	»	2×80	18	
СПЗЛ2×80	»	2×80	17	
СПЗЛ3×40	»	3×40	14	
СПЗЛ3×80	»	3×80	19	

Таблица 1.7

Источники света		Количество и мощность ламп, Вт	Масса, кг	Способ установки и крепления
тип	исполнение			
УСП, 34 ти- поразмера	Потолочный, пере- крытый и закрытый, лампы люминесцент- ные	2—4— 6×40	От 6 до 18	К потолку в двух или четырех точ- ках на штырях, дюбелях и на пер- форированном про- филе
ОЛС, 7 ти- поразмеров	Потолочный и стен- ной, незащищенный, перекрытый, лампы люминесцентные	1×20 1×40	От 2 до 4	К потолку или стене в двух точ- ках, индивидуаль- но или светящаяся линия
Л2010, 44 типоразмера	Незащищенный, пе- рекрытый, лампы лю- минесцентные	2—4× ×20 2—6× ×40 2—4× ×80	От 5 до 25	К потолку с креплением в двух точках штырями через два швелле- ра (в комплекте светильника)

Продолжение табл. 1.7

Источники света		Количество и мощность ламп, Вт	Масса, кг	Способ установки и крепления
тип	исполнение			
ШОД2×40 ШОД2×80	Открытый, школьный с экранирующей решеткой, лампы люминесцентные	2×40 2×80	10,5 12	К потолку и отдельно на магистральном осветительном коробе
СК300	Кольцевой, с экраном, лампы накаливания	300	2,4	На крюк
ПКР300	Подвесной открытый, лампы накаливания	300	1,8	То же
СВП200А	Встроенный в потолок	300	2,0	К перекрытию в четырех точках
ПЛК150	Лампы накаливания	150	2,7	К потолку тремя винтами
ЛПР2×40	Незащищенный, открытый, люминесцентные лампы	2×40	10,3	К потолку в двух точках
БЛ2-1×40	То же, незащищенный перекрытый	1×40	5,0	В двух точках через скобы в основании
ОСП2×40 ОСП2×80	То же, встроенный То же	2×40 2×80	7,1 11,0	То же »

Для освещения жилых помещений, а также общественных и административных зданий применяются облегченные светильники с люминесцентными лампами и лампами накаливания.

Светильники должны выполняться с учетом эстетического или декоративного оформления помещения, краткие технические характеристики которых приведены в табл. 1.7.

### § 1.3. Электрические источники света

Источники света — это излучатели электромагнитной энергии в видимой области спектра. Современные источники света делят на две основные группы — лампы накаливания и газоразрядные источники.

Источник света — один из основных элементов любого светового прибора или осветительной установки и во многом определяет их параметры.

Знание параметров и других особенностей электроламп различного типа необходимы для успешного выполнения работ по монтажу и эксплуатации электроосветительных приборов и установок.

**Лампа накаливания** (рис. 1.3, а) — это источник света, который

образуется за счет преобразования электрической энергии в световую посредством нагрева нити накала.

Излучение в таких лампах создается нитью накала из вольфрамовой проволоки, накаливаемой до высокой температуры (2500—3000° С), проходящим через нее электрическим током. Чаще всего тело накала делают в виде одинарной или двойной спирали (биспираль). Это облегчает монтаж тела накала в лампу и позволяет улучшить многие важные параметры лампы.

Для того чтобы тело накала лампы могло длительно работать при нагреве до высоких температур, из лампы воздух откачивается до давления значительно ниже ат-

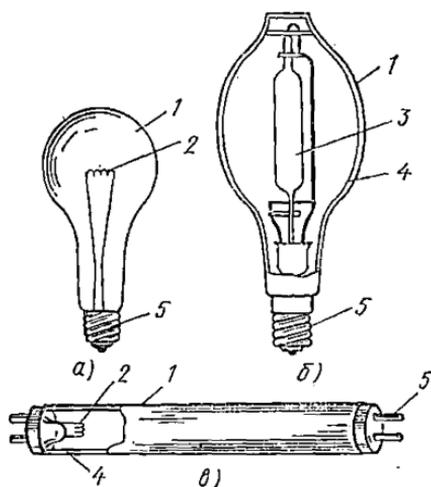


Рис. 1.3. Электрические источники света:

а — лампа накаливания; б — ДРЛ, в — люминесцентная; 1 — колба; 2 — нить накала; 3 — кварцевая трубка; 4 — слой люминофора; 5 — цоколь

мосферного (создается вакуум) или ее заполняют инертным газом — техническим аргоном, криптоном. В обоих случаях накаленная нить накала не окисляется.

Лампы накаливания, из которых выкачан воздух, называются вакуумными, а заполненные инертными газами — газополными.

Газ, находящийся под давлением в газополных лампах, препятствует испарению вольфрама, что позволяет повысить температуру тела накала, а за счет этого увеличить световой поток лампы и улучшить ее цветность. В газополных лампах имеется неизбежная дополнительная потеря подводимой мощности через конвекцию и теплопроводность газа. Для снижения этих потерь газополные лампы заполняют малотеплопроводными газами, а конструкцию тела накала делают по возможности более компактной.

Лампы накаливания характеризуются электрическими и световыми параметрами (напряжением, мощностью, световым потоком, световой отдачей, силой света), продолжительностью горения, габаритами, типом примененного цоколя и особыми указаниями по эксплуатации.

Некоторые характеристики этих ламп рассмотрены в табл. 1.8.

Таблица 1.8

Мощность, Вт	Напряжение, В				Срок службы, ч
	110 и 127		220		
	световой поток, лм	световая отда- ча, лм/Вт	световой поток, лм	световая отда- ча, лм/Вт	
25	228	9,1	198	7,9	1000
40	380	9,5	340	8,5	1000
60	660	11	540	9,0	1000
75	915	12,2	698	9,3	1000
100	1320	13,2	1050	10,5	1000
150	2280	15,2	1845	12,3	1000
200	3200	16,0	2660	13,3	1000
300	5160	17,2	4350	14,5	1000
400	7000	17,5	6000	15,0	1000
500	9100	18,2	8000	16,0	1000

*Напряжение* — это величина напряжения, на которое рассчитана лампа и при котором она должна нормально работать (В).

*Мощность* — количество электрической энергии, потребляемое лампой в единицу времени (Вт). Для неко-

торых ламп накаливания нормируется не номинальная мощность, а соответствующий ей номинальный или максимальный ток ( $A$ ).

*Световой поток* — мощность светового излучения (лм).

*Световая отдача* — отношение светового потока лампы к ее мощности, величина, характеризующая экономичность лампы (лм/Вт).

*Сила света* — пространственная плотность светового потока, равная отношению светового потока к величине телесного угла, в котором равномерно распределено излучение (кд).

*Средняя продолжительность горения ламп* — среднее арифметическое продолжительности горения партии ламп (ч).

К габаритным размерам лампы относят наибольший диаметр лампы  $D$  (мм) и наибольшую высоту  $L$  (мм). Для многих типов ламп указывается высота светового центра  $H$  (мм): для ламп с резьбовыми цоколями — это расстояние от геометрического центра светящегося тела до уровня поверхности центральной контактной пластины цоколя; для ламп со штифтовыми цоколями — до плоскости, проходящей через верхнюю точку штифта цоколя перпендикулярно оси; для ламп с фокусирующими цоколями — до плоскости, проходящей через определенную фиксируемую точку цоколя перпендикулярно его оси.

Цоколи ламп накаливания выполняют по ГОСТ 17100—71 и 17101—71.

Электрические, световые характеристики и продолжительность горения ламп накаливания зависят от изменения питающего напряжения. При пониженном напряжении уменьшается световой поток лампы, а при повышенном — резко снижается продолжительность горения.

Характер зависимости параметров ламп накаливания от напряжения показан в табл. 1.9.

Несмотря на невысокую световую отдачу (10—20 лм/Вт) и относительно малую среднюю продолжительность горения (около 1000 ч), лампы накаливания широко применяются в различных областях народного хозяйства. Это объясняется простотой и удобством их эксплуатации, универсальностью применения, удовлетворительным спектром излучения, компактностью конструкций и дешевизной.

Таблица 1.9

Параметры лампы, %	Напряжение питания, %										
	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110
Мощность лампы	85	88	91	94	97	100	103	107	110	114	117
Световой поток лампы	70	75	81	86	93	100	107	115	122	129	137
Срок службы лампы	500	350	260	200	130	100	75	60	50	—	—

Самая большая группа — это лампы накаливания общего назначения, выполняемые по ГОСТ 2239—70.

Лампы накаливания общего назначения включаются параллельно в электрическую сеть напряжением 127 и 220 В. Часть ламп этой группы рассчитана на нестандартное напряжение 110, 135, 180, 230 или 240 В; мощность равна 15—1500 Вт. Лампы снабжены цоколями резьбового типа E27 или E40.

Лампы накаливания специального типа характеризуются особым конструктивным исполнением, большой точностью и стабильностью световых и электрических параметров и т. д.

**Газоразрядные источники света.** Газоразрядный источник света — это лампа, в которой излучение оптического диапазона длин волн возникает в результате электрического разряда в среде инертных газов, паров металлов или их смесей.

Для освещения чаще применяются люминесцентные лампы, дуговые ртутные с люминофором (ДРЛ), дуговые ртутные с иодидами (ДРИ), дуговые натриевые высокого давления (ДНаТ).

**Люминесцентные лампы.** Конструкция люминесцентной лампы, показанная на рис. 1.3, б, должна обеспечить длительное, устойчивое ее горение. Стеклообразная трубка — колба лампы (прямая, U-образной, кольцевой или другой формы) изнутри покрыта слоем люминофора, оба ее конца герметично закрыты заваренными в них ножками с смонтированными на них катодами. Применение спиральных катодов с оксидным покрытием позволяет

получать необходимую для работы люминесцентной лампы электронную эмиссию. Для подключения лампы к схеме питания она цоколюется двумя цоколями. Трубка-колба в процессе изготовления наполняется чистым аргоном. Внутрь лампы вводится также небольшое количество жидкой ртути (40...90 мг) или амальгамы — соединение ртути с индием, кадмием, свинцом и др.

Существуют разные виды люминесцентных ламп и большое число схем включения, предусматривающих питание ламп от сети переменного и постоянного токов, частота питания может быть обычной (50 Гц) или повышенной (20...30 кГц), а зажигание ламп — замедленным или мгновенным.

Недостатком этих ламп являются периодические пульсации их светового потока во времени с частотой, равной удвоенной частоте тока. Благодаря зрительной инерции глаз не в состоянии заметить это непрерывное мелькание света. Однако в ряде случаев пульсация светового потока может быть причиной ложного искаженного восприятия движущихся предметов — стробоскопического эффекта. Вращающаяся деталь, освещенная люминесцентной лампой, может показаться неподвижной или медленно вращающейся в противоположную сторону. Это нежелательное явление исправляется включением ламп в разные фазы трехфазного тока или же с помощью специальных схем включения.

Люминесцентных ламп общего назначения выпускается около 100 различных типоразмеров. Наиболее распространенные типы люминесцентных ламп мощностью 15, 20, 30, 40, 65 и 80 Вт выпускаются по ГОСТ 6825—70, остальные — по техническим условиям. Согласно стандарту лампы могут эксплуатироваться при температуре окружающей среды от +5 до +50°С, относительной влажности не более 70%, высотой над уровнем моря не более 2000 м. Время зажигания ламп должно быть не более 10 с, при номинальном питающем напряжении и не более 1 мин — при пониженном. Средняя продолжительность горения ламп нормируется в 12 000 ч (в ближайшее время намечается поднять ее до 15 000 ч). Электрические и световые параметры ламп устанавливаются в зависимости от мощности и цветности — ЛБ, ЛД, ЛТБ, ЛХБ, ЛДЦ (табл. 1.10).

Буква Л свидетельствует о том, что эти лампы — люминесцентные, Д — дневного света, Б — белого, ХБ — хо-

Таблица 1.10

Мощность, Вт	Напряжение, В	Типы ламп							
		ДС		ХБС		БС		ТБС	
		световой поток, лм	световая отдача, лм/Вт						
15	127	490	32,6	490	32,6	560	37,3	500	33,3
20	127	700	35,0	700	35,0	800	40,0	700	35,0
30	220	1160	38,6	1160	38,6	1400	46,6	1250	41,6
40	220	1700	42,5	1700	42,5	1920	48,0	1780	44,5
80	220	3040	38,0	—	—	3440	43,0	3200	40,0

лодно-белого, ТБ — тепло-белого. Лампы с буквой Ц имеют улучшенную цветопередачу. В последнее время в СССР начат выпуск люминесцентных ламп с улучшенной цветопередачей следующих типов: ЛЕ — для жилых и общественных помещений; ЛХЕ — для лечебных учреждений; ЛТБЦ — для жилых помещений, кафе, ресторанов и ЛДЦУФ — с повышенной долей ультрафиолетового излучения для предприятий текстильной промышленности.

Различную цветность люминесцентных ламп можно достигнуть, применяя соответствующий люминофор. Цветность от режима работы лампы почти не зависит. Режим работы сказывается на изменении светового потока лампы и продолжительности ее горения. С другой стороны, многие параметры лампы в сильной степени зависят от давления и чистоты наполняющего газа, запаса оксида на катоде и т. д.

Оптимальное давление паров ртути устанавливается в работающей лампе при температуре окружающей среды 18...25° С.

При этом наблюдается максимальный выход резонансного излучения ртутных паров. Применяемые люминофоры наиболее чувствительны к этому излучению и преобразуют его в видимое. При изменении температуры окружающей среды также изменится давление паров ртути, вследствие чего уменьшится выход резонансного возбуждающего излучения и световой поток лампы (рис. 1.4). Такая нежелательная зависимость светового потока лампы от температуры заметно ослабляется при замене жидкой ртути на амальгаму.

У амальгамных люминесцентных ламп световой поток стабилизирован в интервале температур 20—60° С, а у многорежимных — в еще более широких пределах. Это позволяет использовать люминесцентные лампы с большой эффективностью в закрытых светильниках, для наружного освещения и т. д. В маркировке амальгамные лампы обозначаются буквой А.

*Лампы дуговые ртутные с люминофором (ДРЛ).* Типичная конструкция лампы ДРЛ приведена на рис. 1.3, в.

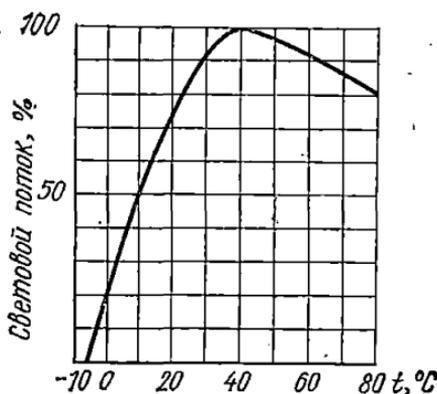


Рис. 1.4. Зависимость светового потока ламп с ртутью от температуры стенок

Кварцевую трубчатую горелку с двумя активированными основными электродами и двумя поджигающими электродами после тщательной откачки наполняют чистым аргоном до давления 2,5—4,5 кПа и строго дозированным количеством ртути (40—60 мг). Горелка монтируется на ножку и заваривается во внешнюю колбу, изнутри покрытую слоем люминофора. Включают лампу в сеть с помощью цоколя, обычно резьбового типа.

Внешняя колба служит не только для защиты деталей горелки от механического повреждения и окисления, но она выполняет также роль подложки для нанесения люминофора, предотвращает выход ультрафиолетового излучения наружу из лампы и обеспечивает необходимый температурный режим на горелке и слое люминофора. Поэтому внешнюю колбу изготавливают из тугоплавкого стекла, придавая ей эллипсоидную форму. После откачки внутренняя полость внешней колбы лампы наполняется техническим аргоном до давления в несколько десятков килопаскалей.

При работе лампы ДРЛ основную долю светового потока дает излучение горелки (до 85—95%), однако излучение ртутного разряда даже высокого давления, которое имеет место в работающей горелке, оказывается обедненным излучением в красной области спектра. Поэтому для улучшения цветности излучения лампы используется спе-

циальный люминофор, дающий излучение в красной части спектра.

Оптимальная температура для люминофоров, используемых в современных лампах ДРЛ, равна 250—350° С.

Лампы ДРЛ четырехэлектродной конструкции (с поджигающими электродами) легко зажигаются при включении в сеть со стандартным напряжением 220 В. Однако, как и для большинства других газоразрядных ламп, для них необходимо применять балласты.

Простая схема включения лампы ДРЛ приведена на рис. 1.10. Наиболее массовые типы ламп ДРЛ мощностью 80, 125, 250, 400, 700 и 1000 Вт отечественная промышленность выпускает в соответствии с требованиями ГОСТ 16.354—70, поэтому лампы ДРЛ можно эксплуатировать при температуре окружающего воздуха от —25 до +40° С, относительной влажности не более 85%, высоте над уровнем моря не более 2000 м при любом положении в светильнике. Средняя продолжительность горения ламп ДРЛ80 и ДРЛ125 составляет 6000 ч, а ДРЛ250—400, 700, 1000—8000 ч. Продолжительность горения каждой лампы должна быть не менее 2000 ч. Электрические и световые параметры ламп ДРЛ, выпускаемых по этому стандарту, даны в табл. 1.11.

Таблица 1.11

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение на лампе, В	Ток, А	Световой поток, лм	Размеры, мм		Срок службы, ч
					диаметр	полная длина	
ДРЛ80	80	115	0,8	3 200	73	167	7500
ДРЛ125	125	125	1,15	5 600	77	187	7500
ДРЛ250	250	130	2,15	11 000	91	227	7500
ДРЛ400	400	135	3,25	19 000	122	292	7500
ДРЛ700	700	140	5,45	35 000	152	368	7500
ДРЛ1000	1000	145	8,0	50 000	181	410	7500

Отечественная промышленность приступила к освоению ламп ДРЛ со значительно улучшенными характеристиками (повышенным световым потоком и увеличенной средней продолжительностью горения).

**Лампы дуговые ртутные с иодидами (ДРИ).** Конструктивно эти лампы напоминают лампы ДРЛ, однако в отличие от последних внешняя колба ламп ДРЛ не покрывается люминофором, кварцевая горелка более короткая, имеет на концах теплоотражающее покрытие, а

го электрического освещения могут служить аккумуляторные батареи и в редких случаях дизель-генераторы.

Каждое непредвиденное отключение (погасание) освещения может вызвать уменьшение выпуска продукции,

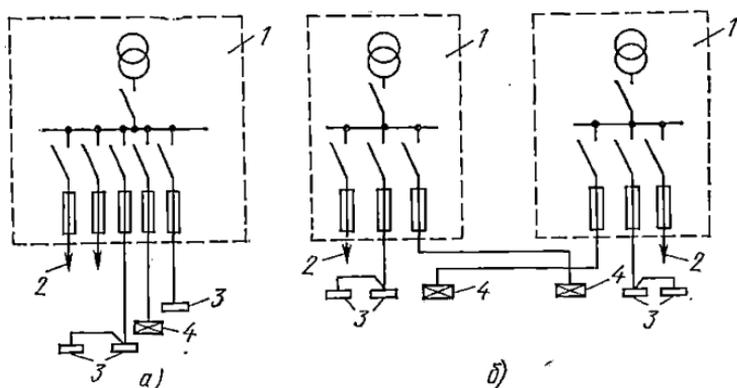


Рис. 1.5. Схема питания осветительной установки от трансформаторной подстанции (ТП):

*а* — от однотрансформаторной ТП; *б* — от двух однотрансформаторных ТП; 1 — ТП; 2 — силовая нагрузка; 3 и 4 — щиты рабочего и аварийного освещения

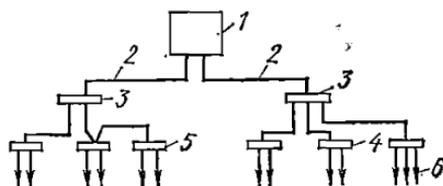


Рис. 1.6. Схема распределения электроэнергии:

1 — ТП; 2 — питающая линия; 3 — магистральный щиток; 4 и 5 — групповые щитки аварийного и рабочего освещения; 6 — линия групповой сети освещения

нанести материальный ущерб из-за порчи оборудования и сырья, а в отдельных случаях привести к опасности возникновения пожара, взрыва, и даже травматизма. Поэтому вопросам надежности питания осветительных установок уделяется большое внимание.

Согласно правилам устройств электроустановок (ПУЭ) светильники аварийного освещения присоединяют к независимому источнику питания, на котором остается напряжение при исчезновении его на других источниках. Независимыми источниками питания являются, например, две секции сборных шин ТП, каждая из которых получает питание от разных трансформаторов, а также аккумуляторные батареи и дизель-генераторы.

Допускается питание светильников аварийного освещения от сети рабочего освещения с автоматическим переключением на питание от независимого источника при аварийном отключении рабочего освещения.

Надежность работы осветительной установки в значительной мере зависит от принятой схемы питания. При выборе схемы учитывают необходимую степень надежности, уровень и постоянство напряжения у источников света, удобство эксплуатации и экономичность установки.

На рис. 1.5 приведены наиболее часто применяемые схемы питания осветительных установок. При наличии одной трансформаторной подстанции питание различных нагрузок (силовых, рабочего и аварийного освещения) рекомендуется производить самостоятельными питающими линиями от шин низшего напряжения (см. рис. 1.5, а). В этом случае отключение всего освещения возможно только при выходе из строя трансформатора.

При наличии двух однострансформаторных подстанций (или одной двухтрансформаторной) рабочее и аварийное освещение зданий производится от разных подстанций (трансформаторов) (см. рис. 1.5, б). Такая схема надежнее предыдущей, так как при выходе из строя одного трансформатора продолжает работать один из видов освещения.

На указанных схемах групповые щитки рабочего и аварийного освещения присоединяются непосредственно к питающим линиям, отходящим от ТП.

В отдельных случаях устанавливают дополнительные промежуточные магистральные щитки (см. рис. 1.6) для уменьшения сечения проводов питающих линий и создания возможности отключения отдельных линий для ремонта.

Как правило, источники света включаются в сеть параллельно. В трехфазной системе переменного тока преимущественно применяются несколько схем групповой сети.

В случае заземленной нейтрали применяются следующие схемы: двухпроводная однофазная, двухпроводная двухфазная, трехпроводная двухфазная с нулевым проводом, трехпроводная трехфазная, четырехпроводная трехфазная с нулевым проводом.

Если электрическая сеть имеет изолированную нейтраль, то применяются двухпроводная однофазная, трех-

проводная трехфазная и двухпроводная двухфазная системы.

В двухпроводных линиях с нулевым проводом защитный и отключающий аппараты обычно устанавливаются только в цепи фазного провода.

В двухпроводных линиях в помещениях с сухими плохо проводящими полами защитные аппараты устанавливаются как в фазном, так и в нулевом проводах, но с установкой аппаратов управления только в фазном проводе.

В двухпроводных сетях освещения взрывоопасных помещений аппараты управления и защиты устанавливаются в фазном и нулевом проводах, при этом прокладывается третий провод для заземления.

В трех- и четырехпроводных линиях запрещается установка предохранителей в нулевых проводах.

В двухпроводной цепи, где нулевой провод используется для заземления, также запрещается устанавливать предохранители в нулевом проводе.

При наличии на подстанции распределительного щита питание осветительных электроприемников производится самостоятельными линиями через коммутационные и защитные аппараты, установленные на щите. Каждая отходящая линия питает один или несколько (до пяти) групповых щитков освещения (см. рис. 1.1, в). Когда щитки имеют небольшую мощность и находятся на относительно большом расстоянии от подстанции, групповые щитки питаются от распределительного через магистральные щиты (см. рис. 1.6). При больших нагрузках освещения вводится несколько линий, а при небольших несколько зданий питаются от одной линии.

Аварийное освещение для уменьшения протяженности его сети может питаться от силовой сети (см. рис. 1.1, а). Если в цехе расположено несколько трансформаторных подстанций, аварийное освещение запитывается по перекрестной схеме (см. рис. 1.5, б).

Существует множество схем включения электрических источников света. Для присоединения к сети одной, двух или трех ламп накаливания используют один выключатель (рис. 1.7, а). Для помещений, в которых режим работы требует разной степени освещенности, применяют два однополюсных выключателя для включения одной и другой групп ламп (рис. 1.7, б). Для попеременного включения различного количества ламп используют

люстровый переключатель (рис. 1.7, в). При одном повороте переключателя включаются две из пяти ламп, при втором — остальные три, но выключаются первые две, при третьем повороте включаются все лампы, а при четвертом — все выключаются.

Люминесцентные лампы включаются в сеть по двум схемам зажигания: стартерной или бесстартерной. Лю-

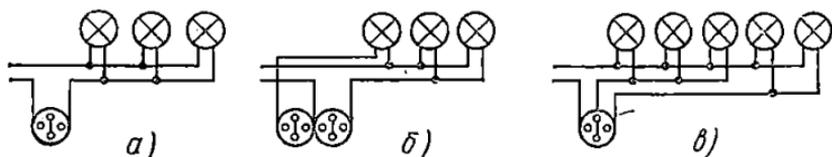


Рис. 1.7. Схема присоединения группы ламп накаливания:

а — включение одним выключателем; б — включение двумя выключателями; в — включение люстровым переключателем

минесцентные лампы и лампы ДРЛ включаются в электрическую сеть последовательно с балластным сопротивлением, в качестве которого используется индуктивное сопротивление — дроссель. Для уменьшения напряжения зажигания люминесцентной лампы ее электроды предварительно нагреваются до температуры 800—900° С. Нагрев электродов осуществляется с помощью стартера (в стартерной схеме) и других приспособлений в бесстартерных схемах включения. Простейшая схема стартерного зажигания люминесцентной лампы приведена на рис. 1.8.

Стартер представляет собой миниатюрную газоразрядную неоновую лампу с двумя электродами, один из которых подвижный (биметаллический). При включении лампы между электродами возникает разряд, тепло которого нагревает биметаллический электрод. Изгибаясь, электрод замыкается с другим электродом стартера и создает цепь электрическому

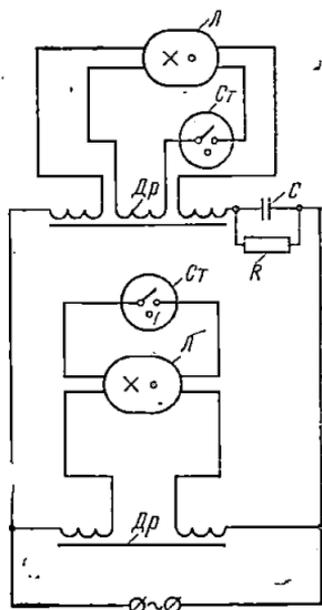


Рис. 1.8. Стартерная двухламповая схема включения люминесцентных ламп:

Л — лампа; Др — дроссель; С — конденсатор; R — разрядный резистор; Ст — стартер

току, предварительно прогревая электроды лампы. В это время разряд в стартере отсутствует и биметаллический электрод, остывая, разрывает цепь. При размыкании цепи возникает импульс повышенного напряжения в обмотке дросселя, зажигающий лампу. При возникновении дугового разряда в лампе напряжение на ней падает. Его величина недостаточна для возникновения тлеющего разряда стартера, включенного параллельно горячей лампе, и он выключается из работы схемы. Разогрев электродов горячей лампы происходит за счет рабочего тока лампы. Если почему-либо лампа не зажглась после разрыва электродов стартера, то он получает снова полное напряжение и процесс зажигания повторяется.

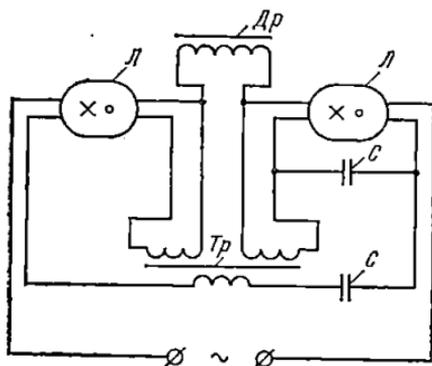


Рис. 1.9. Бесстартерная двухламповая схема включения люминесцентных ламп:

Л — лампа; Тр — накальный трансформатор; С — конденсатор; Др — дроссель

Недостатки этой схемы включения: низкий коэффициент мощности (0,5—0,6) за счет наличия индуктивного сопротивления в схеме;

высокие помехи радиоприему, создаваемые горячей лампой, и малый срок службы стартера.

В настоящее время широко применяется простая и надежная в эксплуатации бесстартерная схема быстрого зажигания с предварительным подогревом электродов.

Промышленность выпускает бесстартерную пускорегулирующую аппаратуру (ПРА) для люминесцентных ламп 40, 65 и 80 Вт с накальными трансформаторами с индуктивным и емкостным балластами.

На рис. 1.9 показана схема включения бесстартерных ПРА в двухламповых светильниках.

В одноламповом светильнике параллельно ПРА включается конденсатор для повышения коэффициента мощности до 0,9. В двухламповых светильниках аппараты включаются попарно: индуктивный и емкостной. Благодаря этому суммарный световой поток ламп имеет незна-

чительную пульсацию, а коэффициент мощности повышается до 0,95.

Бесстартерные ПРА обеспечивают надежное зажигание ламп с предварительным подогревом электродов и используются в металлических заземленных светильниках, питаемых от сети 380/220 В.

Эти схемы применяются при затруднительном доступе к светильникам и повышенных требованиях надежности к осветительным установкам.

Схемы включения двух- и четырех электродных ламп ДРЛ в сеть переменного тока 220 В показаны на рис. 1.10. Коэффициент мощности этих схем 0,5—0,6.

Работа схемы (рис. 1.10, а) для зажигания двухэлектродных ламп ДРЛ осуществляется импульсом высокого напряжения, создаваемым поджигающим устройством, состоящим из разрядника  $P$ , селенового выпрямителя  $D$ , зарядного резистора  $R$  и конденсаторов  $C$ . Дроссель в схеме служит для ограничения тока лампы и стабилизации ее режима горения.

При включении лампы через выпрямитель и зарядный резистор заряжается конденсатор  $C$ . При напряжении на конденсаторе 180—220 В происходит пробой разрядника и конденсатор разряжается на дополнительную обмотку дросселя, в результате чего в основной обмотке возникает высоковольтный импульс, зажигающий лампу. Если лампа по какой-либо причине не зажглась, то весь процесс начинается заново.

Зажигание четырехэлектродной лампы происходит напряжением питающей сети 220 В. Отсутствие поджигающего устройства значительно упрощает схему включения лампы (рис. 1.10, б). Дроссель и конденсатор выполняют те же функции, как и в схеме включения двухэлектродных ламп.

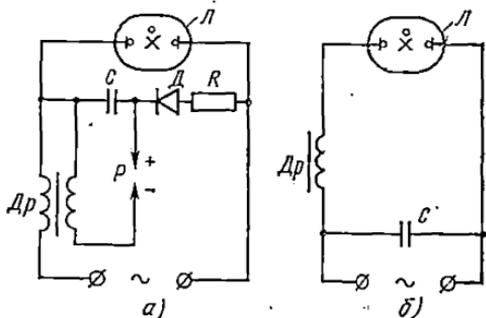


Рис. 1.10. Схемы включения лампы ДРЛ: а — двухэлектродной лампы; б — четырехэлектродной лампы;  $P$  — разрядник;  $D$  — селеновый выпрямитель;  $R$  — зарядный резистор;  $C$  — конденсатор;  $Др$  — дроссель;  $Л$  — лампа

После включения ламп ДРЛ их световой поток постепенно возрастает и достигает установившегося значения через 10—15 мин. Лампа ДРЛ повторно зажигается не сразу, а спустя 10—20 мин, необходимых для ее охлаждения.

В ПРА газоразрядных ламп при работе схемы происходят потери мощности, составляющие в среднем 20% номинальной мощности люминесцентных ламп в стартерных схемах, 30% в бесстартерных и 10% номинальной мощности ламп ДРЛ.

Недостатком люминесцентных ламп в условиях уличного освещения является зависимость их излучения и напряжения зажигания от температуры окружающей среды. При понижении напряжения питания (ниже — 10%) резко снижается надежность зажигания ламп в зимнее время в светильниках уличного освещения. Это относится не только к люминесцентным, но также и ко всем газоразрядным лампам.

Четырехэлектродные лампы ДРЛ надежно зажигаются при температуре окружающей среды до  $-25^{\circ}\text{C}$  и напряжении сети 200 В. При более низких температурах для зажигания четырехэлектродных ламп необходимо применять специальные схемы включения.

Включение люминесцентных ламп при температуре воздуха до  $-35^{\circ}\text{C}$  осуществляется с помощью специальных бесстартерных схем включения, обеспечивающих надежное зажигание ламп. При таком режиме работы применяются светильники с групповой теплоизоляцией ламп.

## § 1.5. Расчет сетей электрического освещения

Выбор расположения электрических сетей для осветительных установок производится проектной организацией с учетом следующих основных положений: максимального сокращения протяженности линий, удобства эксплуатации установок, архитектурно-строительных особенностей здания, рационального использования электроэнергии.

Сокращение протяженности электрических сетей приводит к уменьшению расхода проводов и потерь электроэнергии.

Условия свободного доступа к отдельным участкам сети для осмотра и быстрого ремонта, а также отдельное управление освещением участков помещения с раз-

личной интенсивностью естественного освещения или с разными сменами работы создают удобства при эксплуатации осветительной сети.

При выполнении проводок учитывают архитектурно-строительные особенности сооружения, что позволяет наиболее рационально прокладывать трассы проводов, не ухудшать электропроводкой внешний вид помещений, не создавать помех для прохода людей.

В рабочих чертежах проекта осветительной установки точно указывается местоположение оборудования (щитков, аппаратов управления и т. д.), светильников, прокладки проводов, кабелей, их сечения и способы крепления.

В жилых, административно-бытовых и общественных зданиях выполняются скрытые проводки, наиболее рациональные трассы которых прокладывают в зависимости от конструкции и расположения строительных элементов.

Щитки располагают в местах, доступных для обслуживания. Высота их установки не более 2 м. Каждая групповая линия защищена предохранителями или автоматами от токов короткого замыкания и перегрузок.

К осветительным электрическим сетям предъявляются следующие основные требования: надежность, заключающаяся в бесперебойном снабжении электроприемников; обеспечение качества электроэнергии, определяемое малым отклонением подводимого к электроприемникам напряжения от их номинального значения; безопасность в пожароопасном отношении.

Снижение напряжения у наиболее удаленных от источника ламп в нормальном режиме работы линии не должно превышать: 2,5% номинального напряжения у ламп рабочего освещения промпредприятий, общественных зданий и прожекторного освещения наружных установок; 5% у ламп освещения жилых зданий, аварийного освещения и светильников наружного освещения.

В сетях 12—36 В допускается снижение напряжения до 10%. Максимальное напряжение у ламп должно быть не более 105% от номинального. В установках с газоразрядными лампами не должно быть даже кратковременных понижений напряжения ниже 85% номинального.

Расчет электрической сети заключается в определении сечения проводников на каждом ее участке. Выбор сечения производится на основе учета следующих требований: достаточной механической прочности проводов;

выбора сечения проводов по условиям допустимой потери напряжения; применения проводов, изоляция которых соответствует условиям окружающей среды, а сечения — допустимым нормам нагрева.

Выбор проводников производится путем их расчета по току нагрузки и потере напряжения.

Механическая прочность проводов определяется материалом и сечением его токопроводящей жилы. Наименьшее сечение провода, при котором обеспе-

Таблица 1.12

Наименование проводов и род прокладки	Наименьшее сечение жил, мм <sup>2</sup>	
	алюминиевых	медных
Кабели и защищенные изолированные провода в электропроводках внутри здания	2,5	1
Незащищенные изолированные провода и кабели в трубах и металлорукавах	2,5	1
Гибкие провода для зарядки осветительных арматур: внутри зданий вне зданий	—	0,5
	—	1
Изолированные провода для прокладки внутри зданий на роликах, расположенных друг от друга на расстоянии не более чем 0,8 м	2,5	1
Изолированные провода для неподвижной прокладки внутри зданий на изоляторах, расположенных друг от друга на расстоянии: до 1 м 6 м 12 м свыше 12 м	—	—
	4	1,5
	4	2,5
	10	4
	16	6
Голые провода в наружных воздушных линиях	16	6

чивается его механическая прочность, при разных способах прокладки приведено в табл. 1.12.

*Расчет осветительной сети по току нагрузки.* Расчетную нагрузку ( $P_p$ ) питающей осветительной сети определяют, умножая установленную мощность ламп, полученную в результате светотехнического расчета, на соответствующий коэффициент спроса ( $K_c$ ), который определяет доля одновременного потребления мощности от установленной ( $P_y$ ):

$$P_p = P_y K_c. \quad (1.2)$$

Коэффициент спроса в зависимости от назначения помещения выбирают по табл. 1.13.

Таблица 1.13

Назначение помещений	Коэффициент спроса
Производственные здания, состоящие из отдельных крупных пролетов	0,95
Торговые помещения и мелкие здания производственного назначения	1,0
Библиотеки, здания административного назначения, помещения общественного питания	0,9
Производственные здания, состоящие из нескольких отдельных помещений	0,85
Лечебные, детские и учебные учреждения, конторско-бытовые и лабораторные здания	0,8

При расчете питающих сетей наружного и аварийного освещения, а также групповых сетей освещения коэффициент спроса принимается равным единице.

Для осветительных установок с люминесцентными лампами и лампами ДРЛ при определении установленной мощности ламп необходимо учитывать (прибавлять) потери мощности в ПРА, которые составляют: 20% для люминесцентных ламп со стартерной схемой, 30% для люминесцентных ламп с бесстартерной схемой и 10% для ламп ДРЛ.

При проектировании групповой сети квартир в жилых домах расчетную мощность определяют по табл. 1.14.

Расчетные нагрузки для питающих линий квартир, а также на вводе в жилое здание определяют, исходя из удельной нагрузки на одну квартиру и числа квартир, питаемых одной линией с учетом соответствующего коэффициента одновременности, принимаемого по табл. 1.15.

Таблица 1.14

Нагрузки	Удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup>
Электроосвещение жилых комнат и кухонь Электроосвещение помещений общего пользования Бытовая нагрузка жилых комнат и кухонь (линии штепсельных розеток)	12,0 8 (но не менее 25 Вт) 30—40

Таблица 1.15

Число квартир	Коэффициент одновременности в жилом доме	
	с газовыми плитами	с электрическими кухонными плитами
1	1	1
5	0,7	0,62
10	0,62	0,47
20	0,5	0,4
30	0,45	0,35
40	0,43	0,33
60	0,42	0,3
100	0,41	0,28

Расчетные удельные нагрузки на одну квартиру средней жилой площадью 30 м<sup>2</sup> принимают равными: 1 кВт — для домов с газовыми плитами; 1,2 кВт — для зданий с плитами на твердом топливе и 4,0 кВт — для домов со стационарными электроплитами.

Расчетные нагрузки линий, питающих дом или группу домов, и нагрузку на шинах трансформатора в ТП определяют по формуле

$$P_p = P_{кв} n K_c + \sum P_{пр}, \text{ кВт}, \quad (1.3)$$

где  $P_p$  — расчетная нагрузка линии, кВт;  $P_{кв}$  — расчетная средняя нагрузка на вводе в квартиру, кВт;  $n$  — число квартир, питаемых линией;  $K_c$  — коэффициент спроса (см. табл. 1.13);  $P_{пр}$  — осветительная нагрузка нежилых помещений и силовой нагрузки, кВт.

*Расчет сети по потере напряжения.* Проводники электрической энергии обладают электрическим сопротивлением, зависимым от материала, длины и сечения провода. При прохождении тока в сети за счет сопротивления про-

водников снижается напряжение по длине линии. Потери напряжения в линии называют разность значений напряжения в начале и конце линии. Потери напряжения выражаются в процентах от номинального его значения.

Допустимые потери напряжения в осветительных сетях определяют, исходя из необходимости иметь у источника света величины напряжения не ниже определенных значений. Правилами устройств электроустановок (ПУЭ) допускается снижение напряжения у наиболее удаленных ламп: 97,5% номинального для внутреннего рабочего освещения промышленных и общественных зданий, а также прожекторного наружного освещения и 95% для освещения жилых зданий, светильников наружного освещения и аварийного. Повышение напряжения не должно быть более 105% номинального.

При проектировании жилых домов допускаемая потеря напряжения во внутридомовой сети принимается (в %):

Для домов до 5 этажей . . .	до 1,8
От 5 до 9 . . . . .	2,5
9 этажей . . . . .	3,2

Нагрузка осветительной сети вызывает потери напряжения в трансформаторе, питающем эту сеть. Потери в нем зависят от его мощности, степени загрузки и коэффициента мощности нагрузки.

Допустимое значение потерь напряжения в осветительных сетях определяют из выражения

$$\Delta U = U_{\text{н}} - U_{\text{л}} - \Delta U_{\text{т}}, \quad \%, \quad (1.4)$$

где  $\Delta U$  — потери напряжения в сети;  $U_{\text{н}}$  — номинальное напряжение холостого хода трансформатора;  $U_{\text{л}}$  — минимально допустимое напряжение у ламп;  $\Delta U_{\text{т}}$  — потери напряжения в трансформаторе.

Допустимые величины потерь напряжения в осветительной сети в зависимости от мощности и характера нагрузки трансформаторов указаны в табл. 1.16.

Сечения проводников осветительной сети по потере напряжения определяют по формуле

$$S = \frac{P_{\text{л}} l}{c \Delta U}, \quad \text{мм}^2, \quad (1.5)$$

где  $S$  — сечение проводов, мм<sup>2</sup>;  $P_p$  — расчетная нагрузка, кВт;  $l$  — длина рассчитываемого участка, м;  $\Delta U$  — потери напряжения, %;  $c$  — коэффициент.

Коэффициент  $c$  в зависимости от напряжения, системы сети и материала проводника выбирают по табл. 1.17.

Таблица 1.16

Мощность трансформатора, кВт	Коэффициент загрузки трансформатора	Потеря напряжения при коэффициенте мощности нагрузки, %						
		1	0,95	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
160—250	1	5,7	4,5	4,1	3,6	3,4	3,1	3,1
	0,9	5,9	4,8	4,4	4,0	3,8	3,5	3,5
	0,8	6,1	5,1	4,7	4,4	4,2	3,9	3,9
	0,7	6,3	5,4	5,0	4,8	4,6	4,3	4,3
	0,6	6,5	5,7	5,3	5,2	5,0	4,7	4,7
400	1	6,1	4,7	4,3	3,8	3,5	3,2	3,1
	0,9	6,2	5,0	4,6	4,2	3,9	3,6	3,5
	0,8	6,3	5,3	4,9	4,6	4,3	4,0	3,9
	0,7	6,4	5,6	5,2	5,0	4,7	4,4	4,3
	0,6	6,5	5,9	5,5	5,4	5,1	4,8	4,7

Таблица 1.17

Напряжение сети, В	Система сети	Коэффициент $c$ для проводов	
		алюминиевых	медных
380/220	Четырехпроводная (3 фазы+нуль)	50	83
380/220	Трехпроводная (2 фазы+нуль)	22	37
	Двухпроводная (1 фаза+нуль)	8,3	14
220/127	Четырехпроводная (3 фазы+нуль)	16,5	28
	Трехпроводная (2 фазы+нуль)	7,3	12,2
3×220	Двухпроводная (1 фаза+нуль)	2,8	4,6
	Трехпроводная (3 фазы)	16,5	28
3×127	Двухпроводная (2 фазы)	8,3	14
	Трехпроводная (3 фазы)	5,6	9,2
3×36	Двухпроводная (2 фазы)	2,8	4,6
	Трехпроводная (3 фазы)	0,44	0,74
36	Двухпроводная (2 фазы)	0,22	0,37
3×12	Трехпроводная (3 фазы)	0,025	0,082
	12	Двухпроводная (2 фазы)	0 0125

При заданном сечении проводников осветительной сети потери напряжения определяют по формуле

$$\Delta U = \frac{P_p l}{cS}. \quad (1.6)$$

Произведение  $P_p l$  называют моментом нагрузки и обозначают буквой  $M$ , т. е. формулы

$$S = \frac{P_p l}{c \Delta U}, \text{ мм}^2, \quad (1.7)$$

$$\Delta U = \frac{P_p l}{S}, \% \quad (1.8)$$

приобретают вид

$$S = \frac{M}{c \Delta U}, \text{ мм}^2, \quad (1.9)$$

$$\Delta U = \frac{M}{cS}, \% \quad (1.10)$$

Электрическое освещение рассчитывают для определения мощности каждой лампы и общей мощности всех ламп осветительной электроустановки.

При определении необходимой мощности ламп учитывают светотехнические параметры применяемых светильников, способы их размещения, взаимное расположение и высоту подвеса.

Расчет общего освещения закрытых помещений при симметричном расположении светильников выполняют методом коэффициента использования, т. е. отношением светового потока, падающего на освещаемую поверхность, ко всему световому потоку ламп.

Зная площадь помещения, необходимую для освещения, и количество установленных ламп, определим общий световой поток

$$F_{\Pi} = F_{\lambda} n, \text{ лм (или } F_{\Pi} = \sum F_{\lambda}, \text{ лм)}, \quad (1.11)$$

где  $F_{\Pi}$  — суммарный световой поток ламп, лм;  $F_{\lambda}$  — световой поток лампы, лм;  $n$  — количество ламп;  $\sum$  — сумма световых потоков ламп с разными потоками.

Световой поток, падающий на освещенную поверхность,

$$F = \eta F_{\lambda} n, \text{ лм}, \quad (1.12)$$

где  $\eta$  — коэффициент использования.

Средняя освещенность

$$E_{\text{ср}} = \eta \frac{F_{\text{л}} n}{S}, \text{ лк.} \quad (1.13)$$

Неравномерность освещенности оценивается коэффициентом освещенности ( $z$ ), значения которого приведены в табл. 1.18.

Таблица 1.18

Тип светильников	Коэффициент $l/h$ , равный			
	0,8	1,2	1,6	2
Универсаль с полуматовым затенителем	1,27	1,22	1,33	1,56
Глубокоизлучатель эмалированный	1,15	1,09	1,18	1,44
Люцетта цельного стекла	1,0	1,0	1,18	1,18

Примечание. Значение  $l/h$  — то отношение расстояния  $l$  между светильниками к высоте подвеса  $h$  должно быть в пределах 0,8—2, чтобы удовлетворять допустимую неравномерность освещенности.

С течением времени освещенность снижается из-за загрязнения арматуры светильников, а также потолка и стен помещения. Для компенсации этого снижения освещенности при расчетах вводят поправочный коэффициент  $K=1,3$  при небольшой запыленности и 1,5 — при большой. С учетом коэффициентов  $z$  и  $k$  средняя освещенность

$$E_{\text{ср}} = z k E_{\text{мин}} = \eta \frac{E_{\text{л}} n}{S}, \text{ лк,} \quad (1.14)$$

откуда световой поток одной лампы

$$F_{\text{л}} = \frac{z k E_{\text{мин}} S}{\eta n}, \text{ лм.} \quad (1.15)$$

По полученному значению светового потока  $F_{\text{л}}$  выбирают лампу и определяют ее мощность по табл. 1.8 и 1.10. Далее находят коэффициент использования

$$\eta = F_{\text{н}} / F_{\text{л}}. \quad (1.16)$$

Он зависит от расположения, высоты подвеса и от формы кривой силы света светильника, а также от размеров помещения, коэффициента отражения  $\rho$  стен и потолка.

## Коэффициент отражения

$$\rho = \frac{F_o}{F_{\Pi}} \cdot 100\%, \quad (1.17)$$

где  $F_o$  — световой поток, отраженный данной поверхностью;  $F_{\Pi}$  — световой поток, падающий на эту поверхность.

Величину  $\rho$  принимают равной: для очень темных поверхностей — 10%; для темных — 30%; для светлых — 50%; для очень светлых — 70%.

Метод коэффициента использования применим и для расчета освещенности установок с люминесцентными лампами.

Для расчета общего равномерного освещения применяется метод удельной мощности. Удельной мощностью называют отношение мощности всех ламп

Таблица 1.19

Тип светильников	Высота подвеса, м	Освещенность, лк	Площадь пола помещения, м <sup>2</sup>					
			10—25	25—50	50—150	свыше 150		
Универсаль и глубокоизлуча- тель эмалирован- ный	3—4	10	6,0	4,6	3,6	3,2		
		20	10,3	7,7	5,9	5,2		
		30	13,6	11	8	7		
		50	21	16	12	11		
		75	29	22	17	15		
	4—6	10	7,4	5,1	3,5	2,6		
		20	13	8,7	6	4,7		
		30	18	12	8,7	6,6		
		50	28	19	12	10		
		75	40	27	19	15		
		Люцетта	2—4	10	5,8	4,6	3,7	3,2
				20	10	8	6,5	5,7
				30	14	11	8,7	7,3
				50	21	16	13	11
75	29			21	18	15		
100	39			28	24	20		
Шар молочного стекла	2—4	10	8,5	6,3	5	4		
		20	15	11	8,6	6,9		
		30	21	16	12	9,7		
		50	32	25	20	16		
		75	48	38	30	24		
		100	64	50	40	32		

( $P_{\lambda}n$ ) осветительной установки помещения к единице площади пола этого помещения  $S$ :

$$P_{уд} = P_{\lambda}n/S, \text{ Вт/м}^2, \quad (1.18)$$

где  $n$  — количество ламп.

Значения удельной мощности в зависимости от типа светильника, высоты подвеса, площади пола помещения и требуемой освещенности указаны в табл. 1.19.

Найдя по таблице значение удельной мощности  $P_{уд}$  и умножив ее на площадь  $S$  пола помещения, определим необходимую суммарную мощность ламп. Затем, разделив найденную мощность на число ламп, получим мощность одной лампы

$$P_{\lambda} = \frac{P_{уд}S}{n}, \text{ Вт.} \quad (1.19)$$

### § 2.1. Электромонтажные материалы и изделия

Материалы и изделия, применяемые для монтажа осветительных электроустановок, делятся на следующие группы: 1) электрические кабели и провода; 2) электроизоляционные материалы и изделия; 3) трубы и шланговый материал.

Кабели и провода служат для передачи и распределения электрической энергии. Кабели делятся на силовые и контрольные. Контрольные служат для создания цепей контроля, сигнализации, автоматики и дистанционного управления.

*Кабель* — это одна или несколько изолированных токопроводящих жил, заключенных в герметическую свинцовую, алюминиевую, резиновую или пластмассовую оболочку, поверх которой могут быть броня и защитные покровы. Броня служит для защиты кабеля от механических повреждений, а наружный покров — для защиты брони и оболочки кабеля от коррозии. Кабели, не имеющие наружного покрова поверх брони, называются голыми.

В осветительных сетях применяются следующие кабели при прокладке: в земле в траншеях — бронированные с наружным покровом марок ААШВ, ААБ, АВВБ, АВРБ; при прокладке в каналах, туннелях и блоках — бронированные голые марок ААБГ, АВВБГ и АВРБГ; при прокладке в помещениях вне зоны возможных механических воздействий — кабели без брони и наружных покровов марок ААГ, АВВГ, АПВГ, АВРГ, АНРГ.

В маркировке оболочка кабелей обозначается буквами: С — свинцовая, А — алюминиевая, Н — негорючая резина, В — поливинилхлоридная. Защитное покрытие обозначается: Б — бронированное стальными лентами; П — бронированное плоскими проволоками; А — асфальтированное. Отсутствие наружного покрова обозначается буквой Г (голый).

*Провода* могут быть голыми и изолированными. Они служат для передачи электроэнергии и представляют собой одну неизолированную жилу или одну или более изолированных жил, поверх которых в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может быть металлическая или пластмассовая оболочка.

В качестве электрической изоляции жил проводов применяют бумагу, резину и пластмассу.

Провода с внешней защитной оболочкой называют защищенными, а без нее — незащищенными.

В маркировке проводов первая буква указывает материал токоведущей жилы (А — алюминий); отсутствие в марке провода буквы А означает, что токоведущая жила из меди. Вторая буква П обозначает провод, третья указывает материал изоляции: Р — резина, В — поливинилхлорид, П — полиэтилен. В обозначении проводов и шнуров могут быть буквы, характеризующие другие элементы конструктивного выполнения: О — оплетка; Т — для прокладки в трубах; П — плоский с разделительным основанием; Ф — металлическая фальцованная оболочка, Г — гибкий. Технические характеристики некоторых проводов и кабелей приведены в табл. 2.1.

Примером многожильных проводов являются марки: ПРТО, АПРТО, ТПРФ, АРТ, АВТ.

Провода и кабели различают по количеству и сечению жил, а также по номинальному напряжению. По количеству жил — от одной до четырех (контрольные кабели от четырех до 37); по сечению — от 0,75 до 1000 мм<sup>2</sup>.

Стандартными являются следующие сечения жил: 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 400; 500; 625; 800; 1000 мм<sup>2</sup>.

Изоляцию проводов изготавливают на напряжение 380, 660 и 3000 В переменного тока; кабели — 380, 660, 1000, 6000, 10 000 и 35 000 В.

Для всех помещений, кроме взрывоопасных классов В-1 и В-1а, а также для переносных установок и зарядки светильников необходимо применять провода и кабели с алюминиевыми жилами.

Провода и кабели с неметаллическими покрытиями следует защищать от прямых лучей солнца. Их прокладка вблизи трубопроводов и оборудования с температурой выше 60° С должна производиться только после надежной изоляции аппаратов и трубопроводов, выделяющих тепло.

Таблица 2.1

Марка	Характеристика	Номинальное напряжение, В	Число жил	Предельное сечение жил, мм <sup>2</sup>
<i>а. Провода с медными и алюминиевыми жилами</i>				
АР	Одножильный для рядки арматуры	220	1	0,5—0,75
АРД	Двухжильный для рядки арматуры	220	2	0,5—0,75
ТР	С медной жилой в оплетке из х/б пряжи	500	1	0,75—400
АПР	То же, с алюминиевой жилой	500	1	2,5—400
ТРТО	С медной жилой в оплетке из х/б пряжи, для прокладки в трубах	500	1 2, 3, 4	1—500 1—120
АПРТО	То же, с алюминиевой жилой	500	1 2, 3, 4	2,5—400 2,5—120
ПРВ	С медной жилой и резиновой изоляцией, в полихлорвиниловой оболочке	500	1	0,75—6
АПРВ	То же, с алюминиевой жилой	500	1	2,5—6
ПВ	С медной жилой и полихлорвиниловой изоляцией	500	1	0,75—95
АПВ	То же, с алюминиевой жилой	500	1	2,5—120
ППВ	С медными жилами плоский с разделительным основанием	500	2, 3	0,75—4
АППВ	То же, с алюминиевой жилой	500	2, 3	2,5—6
ППВС	С медной жилой, плоский без разделительного основания	500	2, 3	0,75—4
АППВС	То же, с алюминиевыми жилами	500	2, 3	2,5—6
АПН	С алюминиевой жилой и найритовой изоляцией	500	1 2, 3	2,5—6 2,5—4
АТРГ	Тросовый с алюминиевой жилой в оболочке из найритовой изоляции	700	3 4	4—6 4—35

*б. Кабели с бумажной изоляцией в свинцовой и алюминиевой оболочках*

СБГ	С медными жилами, бронированный, без наружного покрова	1000	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 2 \\ 3 \end{array} \right.$	4—800
АСБГ				1000
	То же, с алюминиевыми жилами	2,5—240		
				4—185

Марка	Характеристика	Номинальное напряжение, В	Число жил	Предельное сечение жил, мм <sup>2</sup>
СБ	С медными жилами, бронированный, с наружным покровом из кабельной пряжи	1000	1	4—800
			2	2,5—150
			3	2,5—240
АСБ	То же, с алюминиевыми жилами	1000	4	4—185
АГ	С медными жилами, голый	1000	3	6—120
ААГ	То же, с алюминиевыми жилами	1000	4	6—95
АБГ	С медными жилами, бронированный, без наружного покрова	1000	3	6—120
ААБГ	То же, с алюминиевыми жилами	1000	4	6—95
АБ	С медными жилами, бронированный, с наружным покровом	1000	4	6—120
ААБ	То же, с алюминиевыми жилами	1000	3	6—95

*в. Кабели с резиновой изоляцией в свинцовой оболочке*

СРГ	С медными жилами, голый	500	1	1—240
АСРГ	То же, с алюминиевыми жилами	500	2, 3, 4	1—185
СРБ	С медными жилами, бронированный, с наружным покровом	500	2, 3, 4	4—185
АСРБ	То же, с алюминиевыми жилами	500		

При монтаже электроосветительных установок используется следующий электроизоляционный материал: ткани, ленты, текстолит, гетинакс, лаки, эмали, а также изделия из фарфора, стекла, резины и пластмасс.

Электроизоляционные лакоткани изготовляют на основе хлопчатобумажных и шелковых тканей, пропитанных органическими и синтетическими лаками. Эти материалы применяют в виде лент для изоляции проводов и кабелей, а также защиты от механического повреждения.

Лакоткани изготавливаются также из ткани стекловолокна, пропитанной органическими и синтетическими лаками.

Обозначения марок лакотканей: ЛХС и ЛХЧ — хлопчатобумажная светлая или черная; ЛХСМ — маслостойкая; ЛШС — шелковая светлая; ЛКС — капроновая светлая и др. Стеклоткань обозначается: ЛСМ, ЛСБ и т. д. в зависимости от лака — масляный, битумно-масляный и др.

Толщина хлопчатобумажных лакотканей 0,15—0,3 мм, шелковых 0,08—0,15 мм; ширина рулонов 700—1000 мм, длина до 40 м. Толщина стеклотканей 0,15—0,24 мм, длина в рулоне 40 м.

Гетинакс представляет собой слоистый прессованный материал из волокнистых наполнителей (изоляционная бумага), пропитанных смолой. Листовой гетинакс применяют при изготовлении электроконструкций и в качестве изоляции при производстве электромонтажных работ. Он допускает механическую обработку без образования трещин и сколов и отличается теплостойкостью, высокими электротехническими и механическими характеристиками. Гетинакс изготавливается в виде листов толщиной от 0,2 до 50 мм и размером 550×700, 650×930, 700×930, 930×1030 и 930×1430 мм.

Текстолит листовой представляет собой прессованный материал из хлопчатобумажной ткани, пропитанной искусственной смолой. Выпускается нескольких марок; А — с повышенными электротехническими свойствами и маслостойкостью, Б — с повышенными механическими свойствами, Г — с повышенными электротехническими свойствами и маслостойкостью, но с расширенным допуском по толщине, Вч — с пониженными диэлектрическими потерями. Толщина листов от 0,5 до 30 мм и размеры листов 450×600 мм.

Для работы в условиях повышенной температуры применяют стеклотекстолит — смолистый прессованный материал из стеклоткани, пропитанный искусственной смолой. Листы изготовляют толщиной 0,5—50 мм, размером 450×600 и 980×1480 мм. Марки стеклотекстолита: Ст, Ст-Б, Ст-І, Ст-ІІ и другие в зависимости от вида смолы.

Поливинилхлоридные ленты изготовляют на основе светотермостойкого изоляционного пластика марки И разного цвета с нанесением на одну сторону липкого клея. Толщина лент 0,2; 0,3; 0,4 и 0,45 мм и ширина 15; 20; 30; 40 и 50 мм.

Выпускаемые хлопчатобумажные изоляционные ленты делятся на киперную, тафтяную, миткалевую и багистовую. Они применяются в качестве верхнего защитного слоя изоляции. Длина ленты в рулоне (круге) — 50 м, ширина 10—50 мм.

Смоляную черную ленту ЛН изготавливают из хлопчатобумажной ткани, пропитанной битумным составом. Она предназначена для уплотнения мест ввода кабеля и проводов, а также подмотки изоляции проводов в местах вязки на наружных сетях. Ширина ленты 30, 50, 60 и 75 мм, толщина 0,6; 0,8 и 1,0 мм. Для подземных работ используют смоляную ленту марки ЛП шириной 50 и 75 мм, толщиной 1,1 мм.

При монтаже осветительных установок чаще всего применяют следующие лаки: масляно-битумный лак 177; битумно-масляный БТ-99; глифталево-масляный ГФ-95. Растворителем для лаков служит уайт-спирит в смеси с сольвентом, толуолом (1 : 1), лаки ПХВ-1 и ПХВ-2 на основе перхлорвиниловой смолы (растворитель дихлорэтан); бакелитовые светлые, клеящие лаки применяются для восстановления покрова бакелитовых покрытий.

Многие электроизоляционные изделия изготавливают из фарфора, стекла, резины и пластмасс.

Втулки и воронки из фарфора предназначены для дополнительной электрической изоляции проводов при прохождении их сквозь стены и перекрытия. Воронки применяют в сырых и особо сырых помещениях, а также для ввода проводов снаружи в здание и вывода их из здания. Кроме того, они применяются для изоляции проводов при обходе труб, пересекаемых проводов и других препятствий.

Фарфоровые втулки и воронки обозначают буквами ВТК и В; цифры после буквы указывают внутренний диаметр трубок, для которых они предназначены. Втулки изготавливают также пластмассовые разъемные и неразъемные для оконцевания металлических труб при прокладке в них проводов.

Изоляторы предназначены для электрической изоляции и крепления проводов на воздушных линиях электропередачи и линиях наружного освещения. Их изготавливают для установки на крюках и штырях и обозначают следующим образом: Ш — штыревые, Ф — фарфоровые, С — стеклянные, Н — низковольтные, Т — телефонные, О — ответвительные.

Фарфоровые ролики предназначены для крепления изолированных проводов и обозначаются: РШ (размер 24×20 мм), РП-2,5 (размер 25×25 мм) и РП-6 (размер 31×31 мм). Для сырых помещений применяют ролики марок РС-16 и РС-25 для сечений проводов 16 и 25 мм<sup>2</sup>.

*Трубы и трубки* изоляционные полиэтиленовые и винилпластовые применяются для монтажа электропроводок. Поливинилхлоридные используют для изоляции проводов и жил кабелей, а также для маркировки концов проводов.

Для скрытой прокладки проводов, а также через стены и межэтажные перекрытия используют полутвердые резиновые (эбонитовые) трубки.

Для изготовления различных монтажных изделий, деталей и конструкций используют *прокат черных металлов* в виде уголковой, полосовой, листовой и круглой стали, а также трубы.

*Гибкие металлорукава* предназначены для защиты на вводах в электрооборудование и в местах пересечений трубных проводок с другими коммуникациями. Рукава выпускают трех видов: из стальной оцинкованной ленты с хлопчатобумажным уплотнением марки РЗ-Ц-Х; из стальной оцинкованной ленты с асбестовым уплотнением марки РЗ-Ц-А и из алюминиевой ленты с хлопчатобумажным уплотнителем и медной луженой оплеткой марки РЗ-АЛ-Х-Л. Диаметры трубок 12—42 мм.

Для крепления светильников на стенах, колоннах и фермах используют детали и подвески заводского изготовления. Промышленность выпускает несколько типов кронштейнов: VII4 для светильников с лампами накаливания; КЛ7-м для светильников с люминесцентными лампами и КР-7м для светильников с лампами ДРЛ.

## **§ 2.2. Монтаж электропроводок**

Работы по монтажу электроосветительных сетей, как правило, проводят специализированные электромонтажные организации.

Эти организации в зависимости от объемов работ и видов монтажных заготовок в специализированных мастерских производят многие заготовительные работы, такие, как трубные заготовки и блоки, сборка электроконструкций, зарядка светильников и др.

Заготовка в мастерских позволяет увеличить производительность труда, улучшить качество работ, начать работы до окончания строительства объектов, ускорить пуск в эксплуатацию производственного оборудования. Такая организация электромонтажных работ называется индустриальной, так как она способствует тому, что большая часть трудоемких операций выполняется в условиях механизированных мастерских с применением изделий заводского изготовления.

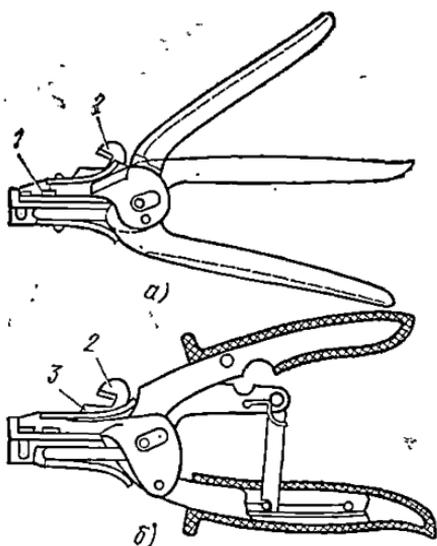


Рис. 2.1. Клещи:

а — КСИ-1М; б — КСИ-2М: 1 — ножи для надрезания изоляции; 2, 3 — ножи для откусывания провода

При производстве электромонтажных работ используются многие инструменты и приспособления общестроительного применения и специализированные электромонтажные.

Для соединения и оконцевания жил проводов и кабелей используют следующие основные инструменты.

Клещи КСИ-1М (рис. 2.1) служат для снятия изоляции с концов проводов сечением до 4 мм<sup>2</sup> и их перекусывания. Провод закладывают в отверстие клещей при сомкнутом

положении губок, зажимают и надрезают его изоляцию, сжимая верхний и средний рычаги, не разжимая рукояток — нажимают на нижний рычаг, снимая этим изоляцию с провода на установленной длине. Откусывание провода производят сжимом нижнего и среднего рычагов. Более производительными и удобными являются клещи КСИ-2М с двумя ручками. Конструкция предусматривает одним сжимом производить откусывание изоляции провода и при дальнейшем сжатии — выбрасывание надрезанной изоляции, а затем откусывание провода.

Клещи КУ, напоминающие по внешнему виду плоскогубцы, выполняют шесть операций: перекусывание прово-

дов, зачистку жил, вырезание перемычек, снятие изоляции, изготовление колечек провода и его зажим.

Пресс-клещи ПК-1М и ПК-2М (рис. 2.2) предназначены для опрессования наконечников и гильз на жилах проводов и кабелей за счет сменных пуансонов и матриц.

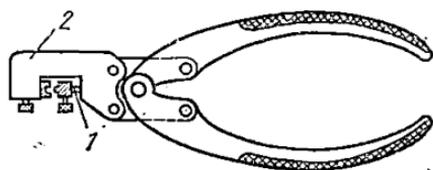


Рис. 2.2. Пресс-клещи ПК-2М:  
1 — шток с пуансоном; 2 — головка для установки матрицы

Гидравлические монтажные клещи ГКМ (рис. 2.3) используют для опрессования гильз ГАО диаметром до 6 мм, а гильз марки ГА и наконечников для жил сечением до 25 мм<sup>2</sup>. Клещи действуют по принципу протекания и давления масла в замкнутом сосуде.

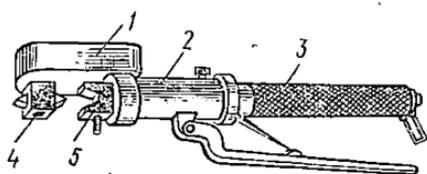
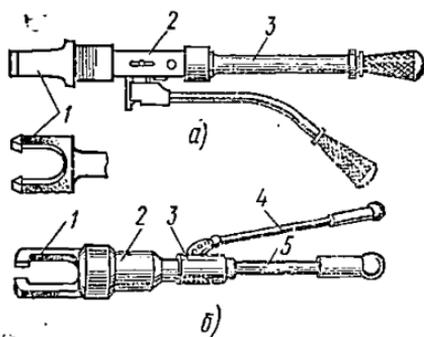


Рис. 2.3. Монтажные клещи ГКМ:  
1 — бугель; 2 — корпус; 3 — резервуар с маслом; 4 — блок с пуансоном; 5 — матрица на штоке поршня

Ручной механический пресс РМП-7М служит для опрессования жил проводов и кабелей, а ножной гидравлический пресс с электроприводом ПГЭП-2 — для опрессования жил в наконечниках и гильзах двойным вдавливанием двухзубым пуансоном.



Ручной гидравлический пресс РГП-7М (рис. 2.4, а) состоит из корпуса 2, насоса с клапанами 3, резервуара с маслом 5, вилки с матрицей и рычага насоса 4. При качании рычага насоса под действием давления масла поршень с пуансоном перемещается и производит опрессование.

В ручном гидравлическом прессе ПГР-20 (рис. 2.4, б) рабочей жидкостью служит масло АК-10.

Рис. 2.4. Ручные прессы:  
а — гидравлический РГП-7М; б — гидравлический ПГР-20: 1 — скоба для установки матриц и пуансонов; 2 — корпус; 3 — насос; 4 — рычаг насоса; 5 — масляный резервуар

Термоклеши ТК-1 (рис. 2.5) служат для снятия пластмассовой изоляции с жил проводов на любом его участке сечением до 6 мм<sup>2</sup>. Благодаря электронагреву ножей производят снятие изоляции при меньших усилиях. Темпера-

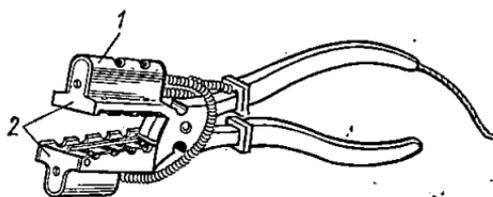


Рис. 2.5. Термоклеши ТК-1:  
1 — нагревательный элемент; 2 — головка с ножами

тура нагрева ножа 170—200° С, мощность 65 Вт, напряжение 36 В, масса 1 кг.

Секторные ручные ножницы (рис. 2.6) предназначены для отрезания жил проводов и кабелей.

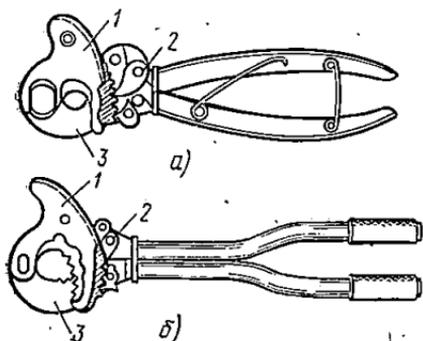


Рис. 2.6. Секторные ручные ножницы:

а — НУСК-120; б — НБК-2М: 1 — подвижный секторный нож с зубьями; 2 — подающая собачка; 3 — неподвижный секторный нож

Ножницами НУСК-120 перерезают кабель сечением жилы до 50 мм<sup>2</sup> однопроволочные и до 70 мм<sup>2</sup> многопроволочные, ножницами НУСК-300 — голые кабели сечением жилы до 120 мм<sup>2</sup> однопроволочные и 240 мм<sup>2</sup> многопроволочные, а ножницами НБК-2М перерезают бронированные кабели сечением жил до 3×240 мм<sup>2</sup>.

Технические характеристики клещей и прессов, наиболее широко применяемых при монтаже, приведены в табл. 2.2.

Электросверлильные машины в зависимости от диаметра сверления бывают трех видов: pistolетные — для отверстий диаметром до 10 мм; с одной верхней закрытой рукояткой — для отверстий диаметром до 15 мм; с двумя боковыми рукоятками и грудным упором — для отверстий

Таблица 2.2

Механизмы	Тип механизма	Максимальное усилие	Область применения
Пресс-клещи ручные	ПК-1М	на инструменте 13,7 кН; на рукоятке 295 Н; масса 2,6 кг	Для медных жил сечением 16—50 мм <sup>2</sup>
То же	ПК-2М	на инструменте 5 кН; масса 0,7 кг	Для медных жил сечением 4—6 мм <sup>2</sup>
Гидравлические монтажные клещи	ГКМ	на инструменте 13,7 кН; на рукоятке 295 Н; масса 1,2 кг	Для алюминиевых жил сечением до 35 мм <sup>2</sup>
Ручной механический пресс	РМП-7М	на инструменте 68,6 кН; на рукоятке 148 Н; масса 4,9 кг	Для алюминиевых и медных жил сечением 16—240 мм <sup>2</sup>
Ручной гидравлический пресс	РГП-7М	на инструменте 68,6 кН; на рукоятке 148 Н; масса с маслом 6,7 кг	То же
Гидравлический пресс с электроприводом	ПГЭП-2	на инструменте 98 кН; масса 23 кг	»
Ручной гидравлический пресс	ПГР-20	на инструменте 196 кН; масса 5 кг	»

диаметром свыше 15 мм. Каждая машина состоит из электродвигателя, зубчатой передачи и шпинделя. Эти машины выпускают на напряжения 220 и 36 В частотой 200 Гц.

Сварочный аппарат ВКЗ-1 предназначается для автоматической сварки одножильных алюминиевых проводов сечением до 6 мм<sup>2</sup> без применения флюсов.

Установка УСПА служит для соединения и оконцевания алюминиевых жил проводов и кабелей контактной сваркой.

**Монтаж открытых проводов.** Подготовку трасс электропроводок производят после приема помещений от строителей, которые должны выполнить основные строительные работы и предусмотреть, в соответствии с проектом, различные отверстия, каналы, ниши и т. д. для прокладки сетей и крепления конструкций, аппаратов и установочных изделий. При разметке трасс электропроводок на конструкциях с изоляторами размечают места их установки и точек крепления к основаниям и строительным элементам зданий.

Разметку трасс для прокладки проводов на изоляторах производят в зависимости от сечения проводов и условий, указанных в табл. 2.3.

На стенах изоляторы крепятся при помощи крюков, а на потолке — при помощи якорей. При параллельной прокладке нескольких проводов изоляторы закрепляют на стальных скобах, на стенах и потолках дюбелями и приваркой к закладным частям. Изоляторы независимо от способа крепления устанавливаются юбками вниз, чтобы в них не набивалась пыль и не попадала влага.

Изоляторы на крюках и штырях крепятся с помощью пакли, джута или пеньки, пропитанных олифой, а также полиэтиленовых колпачков. Пряжу плотно наматывают на стержень и затем навинчивают изолятор.

Полиэтиленовый колпачок по форме представляет собой усеченный конус полый внутри с резьбой на наружной стороне для более надежного соединения с изолятором. Перед насадкой на штырь колпачок опускают в воду с температурой до  $90^{\circ}\text{C}$  на 5—6 мин и нагретый насаживают на крюк или штырь легким ударом киянки. Изолятор навертывают на колпачок вручную строго по резьбе.

Прокладка незащищенных проводов на изоляторах по подготовленной трассе выполняется в следующем порядке: заготавливают концы проводов по размеру длины линии к изоляторам, прокладывают и крепят провода, выполняют ответвления от основной линии проводов, присоединяют их к основной линии.

Провода сечением до  $10\text{ мм}^2$  натягивают вручную, с большими сечениями — блоками (полиспастами). Провода на линии должны быть хорошо натянуты и иметь стрелу провеса не более расчетной. Провода на промежуточных изоляторах укладываются на шейках или головках изоляторов; на угловых — только на шейках. К

Таблица 2.3

Нормированное расстояние крепления электропроводок	Сечение проводов, мм	Допустимые расстояния, м
На стенах и потолках	До 2,5	1
	4—10	2
	16—25	2,5
	35—70	3
	95	6
На фермах для проводов с алюминиевыми жилами	4—6	6
	10	12
	16—95	От 12 до 25
Между осями параллельно проложенных изолированных проводов и при их пересечениях	До 25	0,07
	До 50	0,1
	До 95	0,15
Высота прокладки проводов по стенам в помещениях без повышенной опасности	Все сечения	Не менее 2 от уровня пола
То же, в помещениях с повышенной опасностью	То же	Не менее 2,5 от уровня пола
При пересечении незащищенных проводов с защищенными	»	Не менее 10 мм
От смежных стен до изоляторов при переходе проводов с одной поверхности на другую (на углах)	»	1,5 и 2-кратная высота изолятора
Расстояние концевых изоляторов от проходов через стены	»	1,5 и 2-кратная высота изолятора

изоляторам провода привязывают мягкой стальной оцинкованной проволокой.

Для устройства осветительных электрических сетей снаружи и внутри промышленных зданий и помещений в ряде случаев применяют открытые электропроводки как наиболее экономичные по сравнению со скрытыми проводками и проводками в трубах и коробах.

Открытые проводки выполняют изолированными проводами различных марок и сечений, а также небронированными кабелями с резиновой и пластмассовой изоляцией, с жилами сечением до 16 мм<sup>2</sup>. Для этого применяются незащищенные провода марок АПВ, АПРВ, АПН и АППР с резиновой изоляцией, а также провода марок АПВ, АПП, АППВ и АППП с пластмассовой изоляцией.

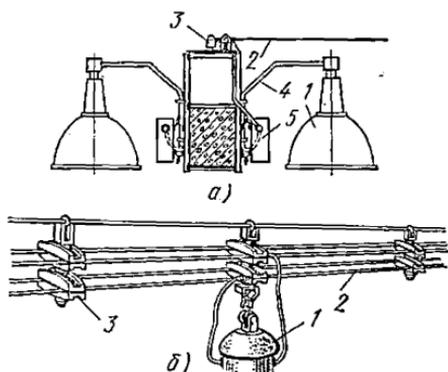


Рис. 2.7. Крепление светильников:

*a* — в сети, выполненной проводами на изоляторах; *б* — в сети, выполненной на тропе; 1 — светильник; 2 — провода; 3 — изолятор; 4 — кронштейн; 5 — ПРА

Широко применяются также защищенные в металлической оболочке провода с резиновой изоляцией марки АПРФ; небронированные кабели марок АВРГ, АНРГ и АСРГ с резиновой изоляцией, а также кабели марок АВВГ и АПВГ с пластмассовой изоляцией.

Выбирают провода и кабели в соответствии с проектом электроустановки; их марки обеспечивают принятый

способ прокладки по условиям окружающей среды.

Незащищенные провода марок АПР, АПРВ и АПВ прокладывают по стенам, потолкам, конструкциям перекрытий, фермам и другим конструктивным элементам зданий и сооружений на изолирующих опорах. Для этого применяют фарфоровые ролики марки РШ, РП-2 и РП-6 (для сечений проводов 2,5—6 мм<sup>2</sup>), а также ролики для сырых помещений РС-16 и РС-25 (для сечений проводов до 25 мм<sup>2</sup>).

Открытые проводки в цехах крупных предприятий монтируют на изоляторах НС, ТФ, РФ, РФО и стальных крюках и штырях, а также электропроводки на армированных крепежными деталями троллейбусных изоляторах, устанавливаемых на траверсах и конструкциях (рис. 2.7).

При прокладке незащищенные установочные провода марок АПН, АППР, АПП, АППВ и АППП, защищенные провода марки АПРФ и небронированные кабели по строительным конструкциям крепят скобами, бандажами из

полосок металла или пластмассы, а также приклеиванием (рис. 2.8).

Перед прокладкой проводов электропроводок проверяют готовность трассы: очищают опорные изолирующие и крепежные конструкции от строительных загрязнений и краски, проверяют правильность устройства обходов и проходов через стены и перекрытия и т. д. Предварительно выпрямленные провода протягивают через обходные борозды и проходы, раскладывают по трассе и на-

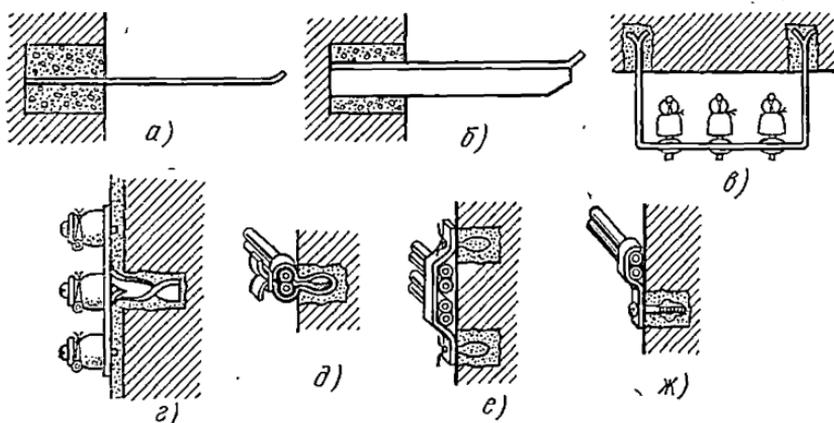


Рис. 2.8. Крепление проводов:

*а, б* — вмазывание конструкций; *в* — скоба с изоляторами; *г* — закрепы роликов; *д, е, ж* — электропроводки, закрепленные скобами

тягивают между конечными для данного участка проводки опорными конструкциями с таким расчетом, чтобы выполненные на проводах соединения и ответвления оказались точно на промежуточных опорах и ответвительных конструкциях. Натянутые провода закрепляют на изолирующих опорах, привязывая их к роликам или изоляторам стальной оцинкованной проволокой диаметром 1,5—2,5 мм или зажимая в клищах.

В местах закрепления на проводах, чтобы не повредить изоляцию, накладывают подмотку из двух-трех слоев изоляционной ленты.

При прокладке плоские провода или небронированные кабели предварительно протягивают через обходные борозды и проходы в стенках и междуэтажных перекрытиях, раскладывают по трассе и временно прикрепляют к поверхностям стен и потолков крепежными деталями, установленными на трассе. На поворотах провода и ка-

бели изгибают под необходимым углом. Радиус изгиба должен быть в 6—10 раз больше наружного диаметра кабеля или ширины провода. У плоских проводов разделительную пленку вырезают в месте изгиба для удобства выполнения поворота. Уложенные провода и кабели выравнивают деревянным брусом и молотком и после этого окончательно закрепляют. В местах крепления на провода и кабели накладывают бандажи из полосок прессованного картона во избежание повреждения их изоляции стальными скобами и полосками.

**Монтаж тросовых электропроводок.** В помещениях промышленных предприятий с большими оконными проемами и различными технологическими коммуникациями, применяют тросовые электропроводки.

Концы несущего троса прикрепляют к строительным элементам зданий. Тросовые проводки выполняют из специальных установочных проводов с резиновой изоляцией марки АРТ или марок АВТ и АВТС с пластмассовой изоляцией со встроенным в провод стальным несущим тросом. Провода марок АРТ, АВТ и АВТС выпускают в двухжильном исполнении сечениями 2,5 и 4 мм<sup>2</sup>, АРТ в трехжильном исполнении сечениями 4 и 6 мм<sup>2</sup>, АВТ и АВТС в четырехжильном исполнении сечениями 4 мм<sup>2</sup> и АРТ с сечениями 4—35 мм<sup>2</sup>, а АВТ и АВТС сечениями 4—16 мм<sup>2</sup>.

Для тросовых проводок применяют также изолированные провода марок АПР, АПРВ и АПВ любых сечений и небронированные кабели марок АВРГ, АНРГ, АСРГ, АВВГ и АПВГ сечением до 16 мм<sup>2</sup>. Их подвешивают вместе с изоляционными и поддерживающими конструкциями на отдельных продольных и поперечных стальных тросах.

В некоторых случаях на тросах подвешивают кабельные линии с большим количеством кабелей любых сечений. Чаще всего их применяют в сетях освещения закрытых и открытых складов, эстакад и т. д.

В зданиях промышленных предприятий тросовые электропроводки выполняют в пролетах цехов, свободных от передвижения мостовых кранов.

В четырехпроводных системах трехфазного тока с глухозаземленной нейтралью внутри помещений с нормальной средой несущий трос, если его проводимость не менее 50% проводимости любого из фазных проводов, разрешается использовать в качестве нулевого провода.

В других случаях прокладывают отдельный нулевой провод.

Простота устройства, небольшое количество крепежных деталей и возможность подвешивания тросовых проводов на значительной высоте облегчают монтаж, демонтаж, а в необходимых случаях и перенос проводов на другое место.

Тросовые электропроводки выполняют с подвеской проводов и кабелей: на поперечных несущих тросах (расположенных поперек проводки); на одном несущем тросе, который через определенные промежутки крепят с помощью струнных подвесок к потолкам зданий (см. рис. 2.7, б); на двух несущих тросах, где основной трос крепят к верхнему разгрузочному тросу, имеющему большую стрелу провеса и принимающему на себя всю нагрузку.

В отдельных случаях монтируют электропроводки смешанного типа (с одновременным применением продольных и поперечных несущих тросов).

В качестве несущих тросов применяют стальные канаты-тросы диаметром 1,95—6,5 мм. В качестве несущего троса разрешается использовать стальную оцинкованную проволоку или стальную горячекатаную проволоку (кантанку) диаметром 5,5—8 мм.

При использовании несущего троса в качестве нулевого провода целесообразно применять стальные голые однопроволочные и многопроволочные провода марок ПСО, ПС или ПМС, которые так же, как и трос, не требуют антикоррозионного покрытия.

Расстояние между точками промежуточных креплений несущего троса не должно превышать 6—12 м; стрелы провеса троса для электропроводок, соответствующие этим пролетам, находятся в пределах 0,3—0,6 м и специального расчета не требуют.

Несущие тросы подвешивают между концевыми крепежными анкерными конструкциями, закрепленными к строительным элементам здания. Во избежание появления коррозии все металлические части проводки должны быть окрашены.

При монтаже тросовых электропроводок в осветительных сетях провода и кабели подвешивают и закрепляют на несущем тросе различными способами.

Простыми по конструкции и монтажу являются проводки с прокладкой изолированных проводов в специаль-

ных, заводского изготовления подвесках из пластмассы, закрепленных на несущем тросе. Подвески предназначены для крепления в них от двух до четырех одножильных проводов сечением до 6 мм<sup>2</sup>. Их выполняют четырех типоразмеров: на два или четыре провода с обоймой для подвески светильника или без нее. Тросовые электропроводки этого вида используют для устройства групповых осветительных электрических линий.

Применяются также тросовые электропроводки с прокладкой изолированных незащищенных проводов на роликах и изоляторах, установленных на опорных конструкциях, подвешенных на несущем тросе. В этом случае ответвления выполняют открыто, присоединяя провода пайкой или механическими зажимами и располагая их на изолирующих опорах.

Тросовые проводки с креплением кабелей или защищенных проводов к тросу или катанке широко применяют для устройства групповых электрических сетей внутри помещений, а также в наружных установках. Провода и кабели крепят к несущему тросу стальными и пластмассовыми полосками и лентами. Кабели укрепляют также на специальных кабельных подвесках.

Соединяют участки тросовых электропроводок с питающими линиями в соединительных коробках, устанавливаемых на стенах в местах перехода с одного вида электропроводки в другой. В проводках незначительной протяженности этот переход осуществляют без разрезания линии, оставляя свободный конец провода или кабеля необходимой длины.

Ответвления к электропроводкам и светильникам выполняют в металлических или пластмассовых ответвительных коробках, подвешенных на несущем тросе, в которых жилы проводов и кабелей соединяют сваркой, опрессовкой или с помощью сжимов. Места вводов в коробки открыто проложенных защищенных проводов и кабелей уплотняют специальными уплотняющими устройствами с резиновыми сальниками.

Светильники и другую арматуру крепят с помощью проволочных подвесок к несущему тросу или к конструкциям, на которых подвешены провода и кабели.

Несущий трос проводки с помощью гибкой стальной (диаметром 5 мм) или медной (диаметром 2,5 мм) перемычки присоединяют к основному контуру защитного заземления не менее чем в двух местах на проложенных

концах тросовой проводки. При использовании несущего троса в качестве нулевого или заземляющего провода сечение заземляющей перемычки должно соответствовать расчетному сечению нулевого или заземляющего провода. Заземляющие перемычки монтируют так, чтобы они были доступны для осмотра.

**Монтаж электропроводок в трубах.** Электропроводки в трубах широко применяются для устройства осветительных сетей в цехах промышленных предприятий, в технических, подвальных и чердачных помещениях, на лестничных клетках и т. д.

Трубы служат для защиты проводов и кабелей, проложенных в них, от возможных механических повреждений и воздействия окружающей среды.

Электропроводки в трубах прокладывают на любой высоте и применяют для устройства открытых и скрытых многопроводных электрических сетей, прокладываемых по стенам и потолкам помещений в стесненных условиях, в толще бетонных полов и в фундаментах машин и агрегатов с любой окружающей средой.

Стальные водогазопроводные трубы используют во взрывоопасных установках, в сырых и особо сырых помещениях.

Полиэтиленовые, полипропиленовые и винилпластовые трубы предназначены для скрытых и открытых (только винилпластовые) электропроводок в сухих помещениях, в помещениях с химически агрессивной средой, в наружных установках для защиты от механических повреждений, а также для прокладки проводок в бетонных подливках полов.

Для прокладки в трубах применяют провода марок: АПРТО, ПРТО, АПВ, ПВ, ПГВ, АПР, ПР, АПРВ и ПРВ и кабели АВРГ, ВРГ, АНРГ, НРГ, АВВГ, АПВГ.

Марки, сечения и количество проводов и кабелей, прокладываемых в трубах, а также размеры труб в каждом отдельном случае определяются проектом в зависимости от материала труб, способа прокладки и окружающей среды.

При переходе трубопроводов из одних плоскостей в другие отдельные трубные части изгибают под нужным углом в соответствии с изменением (поворотами) трассы электропроводки или применяют для этого специальные угловые поворотные пакеты и блоки, изготовленные из труб. В сложных трубных потоках в массах поворота труб

устанавливают угловые, поворотные и переходные ящики и кожухи (рис. 2.9).

Соединения электропроводок, прокладываемых в трубах, и ответвления от них производят в соединительных, ответвительных и протяжных коробках и ящиках.

Стальные трубы вводят в коробки, ящики и корпуса электрооборудования с помощью резьбы, ввертыванием в патрубки с внутренней резьбой, а также муфтами или сваркой.

Полиэтиленовые, полипропиленовые и винилпластовые трубы в уплотненных трубопроводах соединяют одну с другой пластмассовыми прямыми или с раструбами муфт-

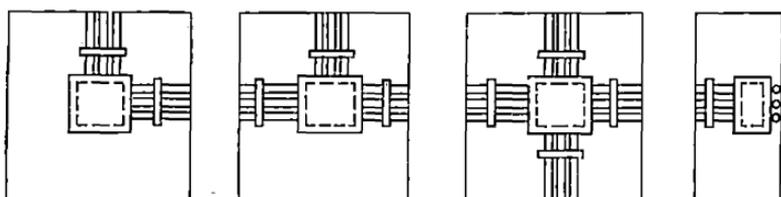


Рис. 2.9. Ящики и кожухи, применяемые вместо изгиба труб

тами на клею или горячей посадкой и сваркой. Пластмассовые трубы вводят в коробки, ящики и корпуса электрооборудования аналогично соединению этих труб с применением специальных переходных пластмассовых втулок.

В трубопроводах стальные трубы соединяют одна с другой стальными манжетами с винтами, а также гильзами, изготовленными из труб и листовой стали и приваривают к трубам в отдельных точках.

Винилпластовые трубы соединяют пластмассовыми прямыми или с раструбами муфтами, без склеивания и уплотнения.

Трубные пакеты и блоки соединяют друг с другом и с корпусами коробок, ящиков и электрооборудования так же, как одиночные трубы (рис. 2.10). Блоки целесообразно соединять с помощью общих фланцев с захватами и болтами, применяя уплотняющие прокладки (резину) или сварку.

Эластичные соединения, повороты и вводы трубопроводов в корпуса коробок, ящиков и электрооборудования

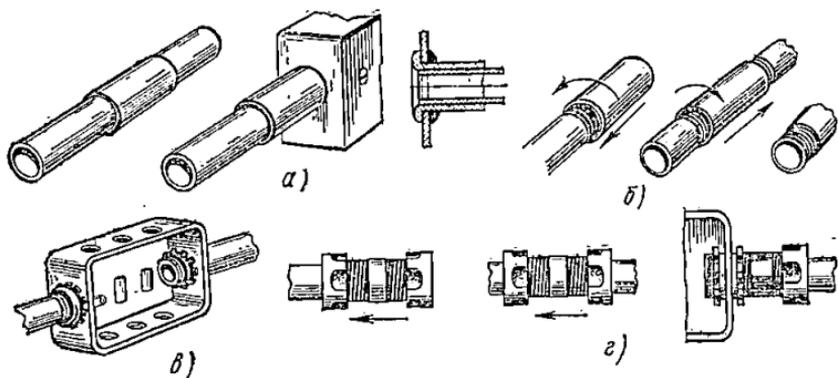


Рис. 2.10. Соединения водогазопроводных труб между собой и с коробами:  
*а* — на сварке; *б* — на резьбе; *в* — царапающими гайками; *г* — муфтами с контргайками

выполняют с помощью вставок и перемычек (рис. 2.11), изготовленных из гибких металлических рукавов.

Трубные пакеты и блоки крепят к строительным поверхностям опорными конструкциями различного исполнения (рис. 2.12).

Одиночные трубопроводы крепят к стенкам и перекрытиям зданий стальными скобами с одной или двумя лапками или накладками (рис. 2.12). Пластмассовые трубы рекомендуется крепить специальными пластмассовыми скобами. При использовании обыкновенных стальных скоб и накладок винилпластиковые трубы прокладывают на выносных опорных конструкциях для устранения примыкания труб к строительным поверхностям.

Для удобства прокладки трубопроводов рекомендуется применять опорные конструкции выносного типа, отстоящие не менее чем на 50—100 мм от строительной поверхности.

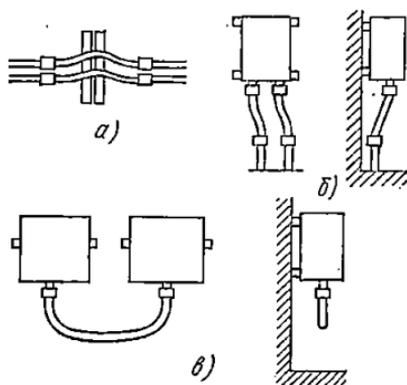


Рис. 2.11. Применение гибких перемычек:

*а* — между стальными трубопроводами;  
*б* — ввод в аппаратуру; *в* — соединения между аппаратами

Проходы стальных трубопроводов через стены и перекрытия в смежные помещения осуществляют в свободных оштукатуренных проемах или заделывают их в проеме строительным раствором.

Проходы трубопроводов, собранных из пластмассовых и бумажно-металлических труб, выполняют через отрезки стальных труб или в стальных гильзах, заделанных в стены и перекрытия при сооружении здания.

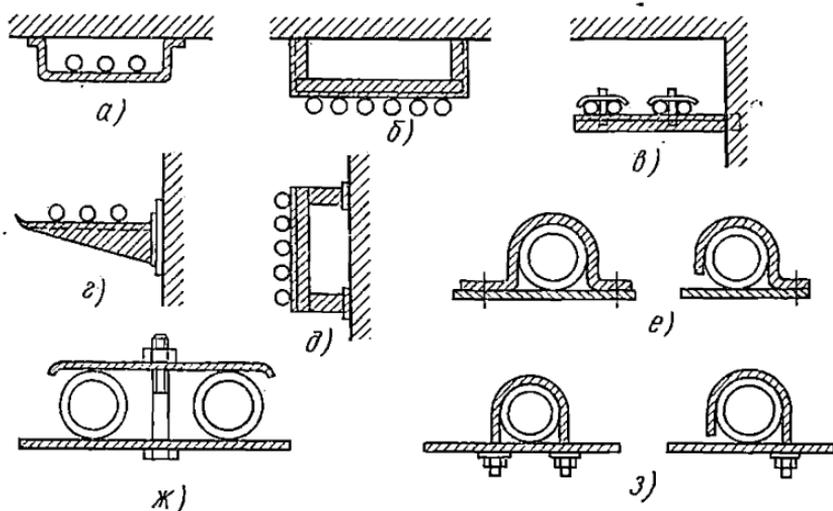


Рис. 2.12. Опорные и крепежные конструкции для трубных электропроводок:

*а—д* — потолочные и настенные кронштейны и конструкции; *е* — скобы с одной и двумя лапками; *ж* — накладка; *з* — хомут и полухомут

Доставленные из мастерских на монтажную площадку отдельные элементы, пакеты, блоки и узлы трубных заготовок на месте монтажа собирают в общие плети, поднимают на уровень опорных конструкций и закрепляют с помощью скоб, хомутов, накладок и других деталей. В процессе сборки концы одиночных труб, пакетов, блоков и узлов соединяют друг с другом и вводят в корпуса ящиков и коробок. Свободные концы труб, предназначенных для подводки проводов к электроприемникам, вводят в их кожухи. В необходимых случаях эти подсоединения выполняют эластичными гибкими вставками и перемычками.

При скрытой прокладке трубопроводы размещают в бороздах стен и каналах полов с просветом между труба-

ми не менее 10 мм и при необходимости закрепляют через каждые 0,7—0,8 м, «примораживая» алебастровым раствором, устанавливая деревянные распорки или привязывая стальной проволокой. Глубина борозд и каналов должна быть достаточной для того, чтобы слой штукатурного раствора поверх труб был в стенах толщиной не менее 5 мм, а в полах — не менее 20 мм для стальных и 50 мм для пластмассовых и бумажно-металлических труб. При выходе из борозд, каналов и фундаментов концы пластмассовых и бумажно-металлических труб должны быть защищены прямыми или гнутыми отрезками стальных труб.

Для надежного защитного заземления электропроводки места соединений стальных труб друг с другом и с корпусами коробок, ящиков и электроприемников сваривают не менее чем в двух точках или соединяют заземляющими перемычками достаточной проводимости, создавая таким образом непрерывную электрическую цепь по всей длине трубопровода.

Полностью собранные трубопроводы присоединяют к контуру защитного заземления не менее чем в двух местах, обычно в начале и конце трубопровода. Работы по электросварке и пайке выполняют до затяжки в трубы проводов и кабелей во избежание их повреждения.

Перед затяжкой проводов и кабелей трубопроводы подвергают контрольной проверке и продувают воздухом. Для облегчения затяжки проводок в трубы вдувают тальк и затягивают стальную проволоку.

Затянутые в трубы провода укладывают в ответственных коробах с некоторым запасом для возможности выполнения соединений и ответвлений. Электропроводки маркируют в коробах и на концах, если это не сделано при заготовке их в мастерских.

**Монтаж проводок на лотках и в коробах.** Прокладка проводов и кабелей в этом случае применяется тогда, когда по одной трассе прокладывают пучки проводов и кабелей.

Промышленность выпускает короба типов КЛ-1 и КЛ-2. В них прокладываются групповые сети электрического освещения и предусматривается подвеска светильников в один (КЛ-1) и два ряда (КЛ-2).

Лотки изготовляют двух типов: сварные — К420 и К422 с шириной полок 400 и 200 мм и перфорирован-

ные — К60У и К61У с шириной полок 50 и 105 мм. Длина обоих лотков — 2 м.

Кабели и провода, прокладываемые в лотках и коробах, должны быть закреплены на поворотах, в местах ответвлений при горизонтальной прокладке через каждые 3 м, а при вертикальной — 0,5 м.

В коробах и лотках прокладывают небронированные кабели сечением до 16 мм<sup>2</sup> и провода в один ряд при расстоянии между ними в свету не менее 5 мм. Провода можно прокладывать также пучками, но не более 12 проводов в пучке. Провода в пучках закрепляют обоймой или биндажом. Расстояние между пучками проводов должно быть не менее 20 мм. При прокладке на лотках небронированных кабелей сечением выше 16 мм<sup>2</sup> расстояние между ними должно быть не менее 35 мм и в любом случае не менее диаметра прокладываемого кабеля. Прокладка кабелей и изолированных проводов на лотках допускается в нормальных, жарких и других помещениях при условии соответствия марки прокладываемого провода (кабеля) условиям окружающей среды. Короба предназначены для монтажа проводок в помещениях с нормальными условиями среды.

Высота прокладки коробов и лотков должна быть не менее 2 м от пола или площадки обслуживания; высота прокладки в электропомещениях не нормируется. При прокладке в помещениях с химически активной средой лотки должны иметь антикоррозионное покрытие.

В коробах и на лотках разрешается прокладка нескольких групп проводов или кабелей одного вида освещения. В коробах КЛ-1 и КЛ-2 допускается совместная прокладка взаиморезервирующих групп освещения (рабочее и аварийное).

Части коробов и лотков в помещениях, в которых требуется заземление оборудования, должны быть соединены так, чтобы образовалась непрерывная электрическая цепь.

**Плентусная проводка.** Применяется в жилых домах и некоторых общественно-административных зданиях. В качестве плентуса используются специальные пластмассовые короба с отсеками (полками) для раздельной прокладки изолированных проводов электрической сети и сетей другого назначения (телефон, радио и др.).

Крепят плентусы к стенам и перегородкам винтами или клеем. С помощью деталей производят ответвления

от коробов, вертикальные подъемы, обходы дверных проемов.

Плинтусовые проводки позволяют сократить, а в ряде случаев исключить установку закладных деталей для скрытой прокладки сетей. В процессе эксплуатации обеспечивается простота замены вышедших из строя сетей, возможность дополнительной прокладки проводов и установки штепсельных розеток. Розетки могут устанавливаться в любом месте над коробом или встраиваться в крышку. Проводка, аккуратно выполненная, должна отвечать и требованиям эстетики.

К недостаткам плинтусовой проводки относится большой расход проводов (примерно на 15—30%).

**Прокладка кабелей в помещении на конструкциях и в каналах.** Для прокладки внутри помещений применяются голые небронированные и бронированные кабели без наружного покрова. При прокладке по конструкциям небронированных кабелей с алюминиевой или свинцовой оболочкой под места крепления необходимо подкладывать мягкие прокладки из пергамина, рубероида и других материалов толщиной 2 мм. Кабели с алюминиевой оболочкой небронированные следует прокладывать, отступая от деревянных, кирпичных, оштукатуренных и бетонных поверхностей.

При прокладке небронированных кабелей на чердаках по деревянным конструкциям кабели необходимо заключать в несгораемые трубы и короба.

Прокладка кабелей в полу или междуэтажных перекрытиях с заделкой наглухо в строительные конструкции не разрешается. В этих случаях кабели должны прокладываться в трубах или каналах. В каналах прокладывают кабели по кабельным конструкциям, расстояние между которыми на горизонтальных участках трассы не должно превышать 0,8—1 м. Расстояние в свету между конструкциями по вертикали должно быть не менее 150 мм, а вертикальное и горизонтальное расстояния в свету между рядом лежащими кабелями — 35 мм, но не менее диаметра большего кабеля.

Взаиморезервируемые кабели, питающие потребителей I категории, прокладываются на разных сторонах канала и должны отделяться от других кабелей горизонтальными перегородками из асбоцементной плиты толщиной 8 мм. Для потребителей II категории допускается прокладка кабелей на одной стороне канала, но на раз-

ных полках и с отделением друг от друга горизонтальной перегородкой из асбоцементной плиты толщиной 8 мм.

Допускается прокладка кабелей по дну канала при глубине его не более 0,9 м. При этом запрещается засыпка канала песком во всех помещениях, кроме взрывоопасных.

Соединения, ответвления и оконцевания жил проводов и кабелей производятся с помощью сварки, опрессовки, пайки или специальными зажимами. Многопроволочные алюминиевые жилы соединяются с медными при помощи пайки. Соединения алюминиевых жил кабелей до 1000 В в муфтах могут осуществляться также опрессовкой. Для оконцевания жил кабелей с бумажной изоляцией применяются герметизированные наконечники.

Непосредственное присоединение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами к аппаратам, приборам, осветительной арматуре и т. д. допускается при наличии у последних контактов, специально предназначенных для такого присоединения. Однопроволочные алюминиевые жилы проводов и кабелей при присоединении к аппаратам должны поверх кольца жилы иметь ограничительную шайбу (звездочку) и пружинную шайбу.

### **§ 2.3. Монтаж светильников**

В осветительных установках промышленных, административных и жилых зданий используется разнообразное светотехническое электрооборудование: осветительные арматуры с источниками света разных типов, щитки, аппараты низкого напряжения и электроустановочные изделия.

Осветительные арматуры для ламп накаливания и ДРЛ имеют более простую конструкцию и меньшую массу по сравнению с осветительными арматурами для люминесцентных ламп. В зависимости от конструктивных особенностей и массы светильников меняются способы их монтажа.

В осветительных установках применяются также различные аппараты низкого напряжения (магнитные пускатели, пускорегулирующие аппараты для ламп ДРЛ, ящики с автоматами и т. д.). В зависимости от помещений (нормальные, сырые, пыльные) аппараты в них устанавливают различного исполнения. В связи с этим меня-

ются (облегчаются или усложняются) и условия монтажа.

Большая или меньшая сложность монтажа магистральных и групповых щитков и электроустановочных изделий также зависит от их конструкции и способов установки.

Приемы и способы монтажа светотехнического оборудования во многом зависят от конструктивных особенностей зданий. В современных зданиях основными строительными конструкциями являются сборные железобетонные изделия заводского изготовления. В строительстве также применяются и монолитные бетонные перекрытия.

Для крепления осветительной арматуры заводы изготовляют крюки, кронштейны, короба, подвески, держатели. Использование этих изделий уменьшает трудоемкость и стоимость электромонтажных работ, повышает их качество. Монтаж светотехнического оборудования производится по техническим указаниям, приведенным в проекте и инструкциях на данный вид работ.

В зависимости от конструкции светильников и способа прокладки сети их монтаж можно выполнять различными способами. Основные из них следующие: а) подвеска на крюк или шпильку; б) навинчивание на стальную трубу; в) установка на кронштейне, подвесе и стойке; г) установка на монтажном профиле; д) установка на коробе и шинопроводах; е) крепление на тросе или тросовом проводе; ж) установка при скрытой проводке; з) закрепление в отверстиях подвесного потолка; и) установка на мачтах, вышках.

Рассмотрим эти способы.

а. Подвеска на крюк или шпильку. Этот вид крепления применяется для относительно легких светильников массой до 10 кг. Желательно использовать крюки и шпильки заводского изготовления. В помещениях без повышенной опасности светильники не заземляются, поэтому крюки, устанавливаемые в железобетонных потолках, должны быть изолированы. Приспособление для подвеса светильника должно иметь изолирующее кольцо. Выполнение этих требований предотвращает случайное соединение металлических нетоковедущих частей светильника с заземленными металлической арматурой бетонных плит или стальными трубами электропроводки.

Светильники навешиваются на крюк с помощью кольца или скобы. При этом необходимо предотвратить рас-

качивание светильников, которое может возникнуть из-за потоков воздуха или вибрации строительных конструкций. Жесткая установка может быть достигнута с помощью хомутов или скоб, связывающих корпус светильника со строительными элементами. Крепление хомутов и скоб к светильнику должно быть легкоъемным (винтовым, замковым и т. д.).

б. Способ навинчивания светильника на стальную трубу применяется во взрывоопасных помещениях при проводке, выполненной в стальных трубах, светильник соединяют с коробкой с помощью подвеса, изготовленного в монтажных мастерских и выполненного из обыкновенной стандартной водогазопроводной трубы. Соединение подвеса с коробкой и светильником осуществляют с помощью резьбы с подмоткой пенькой, смазанной олифой, суриком или белилами. Каждое соединение должно выполняться не менее чем на пяти полных нитках резьбы.

Во взрывоопасных помещениях классов В-I, В-Ia, В-II и В-IIa, на вводе труб в светильники, корпуса аппаратов, протяжные коробки и т. п. в тех случаях, когда их вводные устройства недостаточно уплотнены, необходима установка разделительных уплотнений. Применяемые для взрывоопасных помещений светильники обычно имеют уплотненные вводные устройства, не требующие установки дополнительных уплотнений на ответвлениях. К таким светильникам относятся, например, ВЗГ, В4А, Н4БН.

в. Установка на кронштейне, подвесе и стойке. Крепление светильников на стенах, колоннах и фермах можно осуществлять с помощью кронштейнов заводского изготовления. Промышленность выпускает несколько типов кронштейнов.

Для установки на стенах и колоннах применяются кронштейны VII4 для светильников с лампами накаливания, КЛ7-м — для светильников с люминесцентными лампами и КР7-м — для светильников с лампами ДРЛ. Кронштейны VII4 и КР7-м оконцованы металлической коробкой с патрубком и трубной резьбой 3/4". Светильник либо навинчивается на патрубок, либо, если конструкцией его не предусматривается такая возможность, подвешивается на кронштейне с помощью промежуточного держателя. Крепят кронштейны на стенах и колоннах с помощью дюбелей или приваркой. Провода сети проходят в кронштейне и соединяются с зарядными проводами

во вводном устройстве светильника. На стойке кронштейна КР7-м имеются две рейки для крепления ПРА.

Для установки светильников на ограждении цеховых светотехнических мостиков применяются кронштейны, допускающие поворот светильника в положение, удобное для смены ламп (рис. 2.13). Кронштейны снабжены штепсельным разъемом, розетка которого присоединяется к сети. Штепсельный разъем позволяет обслуживать индивидуальный светильник при снятом напряжении без отключения соседних. Кронштейны крепят к ограждению мостиков приваркой.

Светильники крепят к металлическим и железобетонным фермам с помощью трубчатых кронштейнов с вылетом 630 мм и подвесом различной длины с резьбой  $\frac{3}{4}$ " (см. рис. 2.7, а). С помощью набора дополнительных деталей производят установку на них светильников с резьбой, кольцом и т. п.

Выпускаются унифицированные изделия для закрепления кронштейнов и подвесов на нижних поясах ферм. Подвесы можно ввертывать в ответственные коробки сети, прикреплять к перекрытию с помощью специальных потолочных закрепов.

г. Установка светильников на монтажном профиле. При кабельной проводке (рис. 2.14) этот вид установки светильников является весьма удобным, обеспечивающим одновременно жесткое крепление светильника к строительному основанию и прокладку кабеля на участке спуска к светильнику. Кабель крепится к профилю монтажной лентой.

Используются монтажные перфорированные профили К108. Светильник крепится к профилю двумя винтами М6. Монтажные профили закладывают в швы между плитами перекрытия при строительстве или приваривают

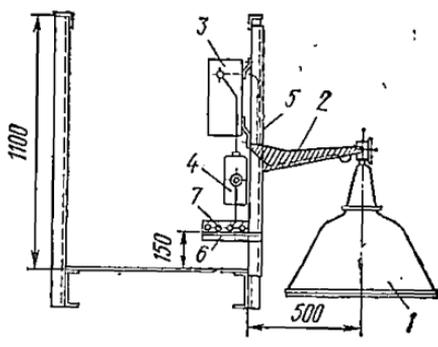


Рис. 2.13. Установка кронштейна КРП-м со светильником для лампы ДРЛ на ограждении мостика:

1 — светильник; 2 — кронштейн; 3 — ПРА;  
4 — штепсельный разъем; 5 — ограждение мостика; 6 — лоток; 7 — кабели

к металлоконструкциям. На профиле при необходимости может быть установлена распаячная коробка.

д. Установка на коробе и шинопроводах. Наиболее совершенным способом монтажа светильников с люминесцентными лампами является их установка на осветительных шинопроводах и на магистральных осветительных коробах типа КЛ.

Загнутые внутрь края короба образуют два канала, в которых прокладываются провода, питающие светильники. Провода рабочего и аварийного освещения прокладываются в разных каналах короба.

Комплектно с коробом поставляются держатели светильника, позволяющие подвесить его в любом месте. В местах разрыва между светильниками щель короба закрывается съемной крышкой. Имеющиеся в коробе подвески позволяют опускать светильник в положение для обслуживания и ремонта. Короба изготавливают секциями длиной 2 м, их можно соединять в непрерывную линию неограниченной длины. Ответвления от проводов сети к светильникам осуществляются с помощью малогабаритных сжимов, поставляемых комплектно с коробом. Его заземление осуществляют, присоединяя заземляющий провод к приваренному внутри короба зажиму. При необходимости подвески к коробу двух рядов светильников применяют специальные планки, соединяющие смежные светильники. Для закрепления коробов КЛ выпускаются тросовые подвесы, потолочные скобы и кронштейны.

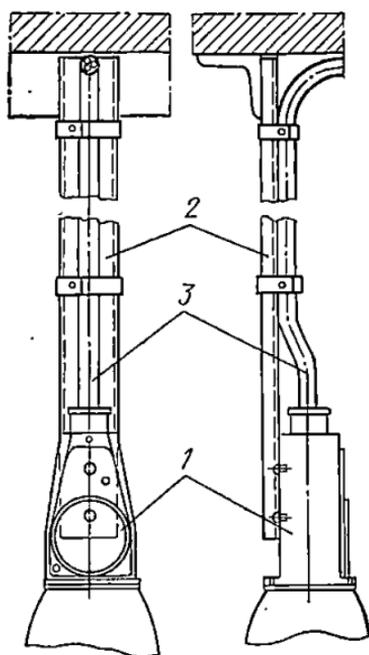


Рис. 2.14. Установка светильника на монтажном профиле:

1 — светильник; 2 — монтажный профиль К108; 3 — кабель

Шинопровод для системы напряжения 380/220 В рассчитан на ток 25 А. В комплект шинопровода входят

прямые секции длиной 0,5; 1,5 и 3 м, гибкие секции, вводная секция, заглушки, штепсельные токоъемники и набор деталей для крепления шинпровода к строительным конструкциям.

Присоединение светильников к шинпроводу производится с помощью двухполюсных с заземляющим контактом ответвительных штепселей, рассчитанных на ток 10 А и снабженных устройством для закрепления к шинпроводу. Заземляющий контакт штепселя соединяется с заземленным коробом до соприкосновения и после разобщения рабочих контактов с проводами секции. Штепсель заряжается трехжильным гибким шнуром сечением 0,75 мм<sup>2</sup>, длиной 1—2 м.

е. Крепление светильников на тросе или тросовом проводе. При монтаже светильников с лампами накаливания на тросах используются тросовые подвески с обоями для установки светильников со скобой. Если по тросу прокладываются кабели марок АВВГ, АВРГ и др., то светильник подвешивается на крюке, прикрепленном к металлической пластине, на которой устанавливается ответвительная коробка. Пластина должна иметь загнутые края для крепления к тросу путем обжатия.

При выполнении осветительной сети тросовым проводом АРТ подвеска светильника с лампой накаливания осуществляется к скобе в разъемных ответвительных коробках. Ответвление от сети к светильнику осуществляют в коробке с помощью малогабаритных сжимов без разрезания проводов сети.

ж. Монтаж светильников при скрытой проводке. Независимо от способа выполнения скрытой проводки в местах установки светильников рекомендуется размещать закладные металлические или пластмассовые коробки, которые используются для ответвления проводов к светильнику, а в ряде случаев и для крепления светильников. Наиболее распространена скрытая проводка, выполняемая поверх железобетонных плит перекрытия в толще бетонной подготовки пола. При таком способе проводки установка закладных потолочных коробок связана с выполнением трудоемких дыропробивных работ. Целесообразно было бы делать на заводах в заранее определенных местах железобетонных плит сквозные отверстия. Однако по целому ряду причин такой способ пока не применяют. Значительные размеры коробки, необходимость выдерживания нормируемых радиусов изгиба труб (при скрытой

проводке, выполненной в трубах) при вводе их в днище коробки требуют пробивки в плитах перекрытия отверстий большого диаметра 200—250 мм. Необходимость применения для пробивки пневматических перфораторов, требующих наличия на монтажной площадке сжатого воздуха, еще более затрудняет выполнение дыропробивных работ.

Стремление к снижению трудоемкости работ ведет к широкому применению способа соединения проводов ответвления не в специальной закладной коробке, а внутри потолочных розеток подвесных светильников. При этом отверстия диаметром не более 30—40 мм легко высверливаются в перекрытии или продавливаются. Несмотря на дополнительные трудности, установку светильников с применением закладных коробок применяют чаще, а в ряде случаев (потолочные или встроенные светильники) она является единственно возможной.

При проводках, выполняемых проводом АППВС, замоноличиваемым в строительные элементы здания непосредственно на домостроительных комбинатах, установка закладных коробок обязательна и легко осуществляется при изготовлении плиты. Специально для этой цели выпускаются коробки КПЗ.

Если по каким-либо причинам при установке потолочных светильников невозможно применить закладную коробку, пайку проводов следует производить в небольших нишах, высверливаемых в бетонной плите. Осуществлять соединение проводов в корпусах светильников, не имеющих специально предназначенных для этой цели объемов, или на потолке над днищем светильников не следует. Те же требования должны выполняться при скрытой проводке, осуществляемой изолированными проводами, проложенными в пустотах плит перекрытия.

Настенные светильники устанавливаются так же, как и потолочные. Закладные коробки закрепляются в предварительно заготовленной в стене или перегородке нише. Крепление настенных светильников, обычно винтовое, осуществляется к стене или коробке. В последнем случае к коробке приваривается планка с резьбовыми отверстиями, болтами в зависимости от конструкции узла крепления светильника.

3. Закрепление светильников в отверстиях подвесных потолков. При этом способе в потолках предусматриваются проемы необходимой формы, обрамленные металли-

ческим профилем из уголка, полосы и т. п. Светильники для встроенной установки имеют приспособления для закрепления в отверстиях подвесного потолка. Осветительная сеть в технической полости выполняется изолированными проводами, проложенными в негорючих трубах (стальных, винилпластовых). Трубы прокладывают до устройства подвесного потолка или одновременно с ним и закрепляют к закладным элементам или каркасу подвесного потолка. Около каждого отверстия для светильника устанавливается ответвительная металлическая или пластмассовая коробка с глухой крышкой. В некоторых случаях, например, для люминесцентных светильников, монтируемых сплошной линией, можно установить одну коробку на два светильника.

Присоединяют светильник к сети гибким медным проводом, заключенным в металлорукав, соединяющий корпус светильника с ответвительной коробкой, в которой производится соединение проводов. Длина металлорукава для светильников с лампами накаливания должна быть 600—700 мм, для светильников с люминесцентными лампами 800—1000 мм. Если потолок выполнен из негорючих материалов, то по согласованию с пожарной инспекцией на участке от коробки до светильника можно применять кабель КРПТ, не заключенный в металлорукав.

и. Установка на мачтах, вышках. Этот способ используется для прожекторов, которые обычно устанавливают группами на прожекторных мачтах, на вышках, на крышах зданий или на специальных площадках. Крепят их болтами к металлическим конструкциям. Прожекторы ПЗС, ПСМ, ПФР, ПФС имеют три отверстия для крепления, а ПКН — четыре.

Прожекторы могут располагаться в несколько рядов по вертикали. Расстояния между установленными прожекторами в осях должно быть не менее 700—1000 мм. Прожекторные площадки ограждаются перилами высотой 1 м.

У основания прожекторной мачты устанавливают ящик с аппаратами защиты и управления. По мачте проходит провод АПВ в стальной трубе. На площадке мачты рекомендуется установка группового щитка в водозащищенном кожухе. До освоения подобных щитков используются ящики ЯЗ163 с тремя автоматами АЗ161. Для защиты от попадания влаги ящики снабжаются металлически-

ми козырьками. Питание прожекторов от щитка выполняется групповыми линиями (не более двух-трех прожекторов на группу), выполненными кабелем КРПТ. Управление прожекторным освещением обычно дистанционное.

Перед установкой прожекторы ПЗС и ПСМ должны быть сфокусированы, так как положение спирали у ламп общего назначения, применяемых в этих прожекторах, имеет значительный производственный допуск (до  $\pm 8$  мм), поэтому при установке ламп необходимо установить спираль накала лампы в фокусе отражателя.

Для фокусировки прожектор устанавливают перед светлой стеной здания на расстоянии 20—25 м от нее, так чтобы плоскость выходного отверстия была параллельна стене. Включая лампу и перемещая ее с помощью фокусирующего устройства, добиваются, чтобы пятно света на стене получилось равномерным и имело минимальные размеры, после чего фокусирующее устройство закрепляется. Прожекторы ПФС имеют фокусирующие патроны и в дополнительной фокусировке не нуждаются.

После установки прожекторов на мачте регулируют углы их наклона и поворота в соответствии с проектом. Для этого пользуются заранее заготовленным лимбом-транспортом большого размера, вырезанным из металла или картона и разделенным на градусы. Базисная линия начала отсчета поворота прожектора в горизонтальной плоскости указана в проекте. Вначале поворачивают прожектор в горизонтальной плоскости, а затем устанавливают требуемый угол наклона.

## **§ 2.4. Монтаж электрической аппаратуры**

Прием и распределение электроэнергии, защита от перегрузок и токов короткого замыкания линий питающих и групповых осветительных сетей осуществляется на щитках, распределительных устройствах и шкафах.

Распределительные пункты и щитки по виду установки делятся на навесные, стоячие и утопленные. Открытая установка навесных и стоячих пунктов и щитков является обычной на промышленных объектах, тогда как скрытая установка в нишах щитков утопленного исполнения принята в осветительных установках общественных, административных и жилых зданий.

Пункты и щитки устанавливают так, чтобы ввод в них питающих и отходящих линий был возможен сверху или снизу и чтобы плоскость дверц или фасадных листов была параллельна плоскости стены.

Монтаж пунктов и щитков должен производиться в такой последовательности:

1. Открывают дверцы шкафа (ящика) или снимают фасадный лист, верхнюю и нижнюю крышки шкафа (ящика); вынимают каркас (шасси) с закрепленными на нем ошиновкой и аппаратами.

2. В крышках делают отверстия для ввода кабелей, проводов или труб, после чего крышки ставят на свои места.

3. Шкаф (ящик) устанавливают на стене или другом основании. Устанавливают шкаф (ящик) в зависимости от конструкции пункта или щитка следующим образом: шкаф (ящик) пункта или щитка навесного исполнения лапками или через имеющиеся отверстия в задней стенке крепится на стене с помощью дюбелей, штырей или на колонне на металлической конструкции; шкаф пункта стоячего исполнения прикрепляют к полу четырьмя штырями, на которых внутри шкафа в его нижней части предусмотрены четыре отверстия; шкаф (ящик) пункта или щитка утопленного исполнения крепят в нише через отверстия в задней стенке с помощью дюбелей или штырей. Привязки и размеры ниш для установки щитков задаются строителям организацией, проектирующей электрическое освещение. Нанесенные на строительные чертежи ниши образуются при кладке стен или на домостроительных комбинатах при изготовлении стеновых блоков. Стенки ниш должны быть оштукатурены. Этажные и квартирные щитки рамной конструкции без задних и боковых стенок закрепляются в нишах с помощью четырех распорных винтов с шипами.

4. В шкаф (ящик) затягивают провода или кабели питающих и отходящих линий.

5. Устанавливают в шкаф (ящик) каркас (шасси) с ошиновкой и аппаратами, производят раскладку и оконцевание проводов и присоединяют оконцованные провода и кабели к вводным зажимам и контактам аппаратов в строгом соответствии со схемой щитка.

6. На дверцу шкафа (ящика) аккуратно наносят несмываемой краской порядковый номер щитка.

В двухпроводных линиях четырехпроводных систем с заземленной нейтралью (380/220 и 220/127 В) выключатели устанавливают в расщелку фазного (а не нулевого) провода на высоте 1,5 м от пола, а в школах и детских учреждениях — на высоте 1,8 м. Потолочные выключатели и переключатели делают на стене у потолка.

Выключатели рекомендуется располагать внутри у входа в помещение так, чтобы они не закрывались открывающейся дверью. Расположение их в зависимости от типа и направления открывания дверей показано на рис. 2.15, а—г.

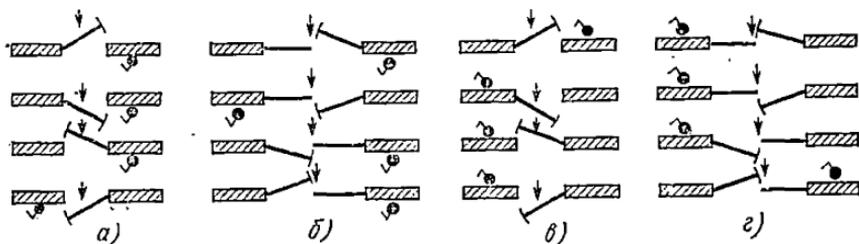


Рис. 2.15. Установка выключателя и светильника:

а, б — в одном помещении с одностворчатыми и двустворчатыми дверями; в, г — в разных помещениях с одностворчатыми и двустворчатыми дверями

Выключатели для санитарных узлов и ванн и штепсельные розетки устанавливают вне этих помещений.

Штепсельные розетки располагают, как правило, на высоте 0,8 м от пола. Допускается скрытая установка штепсельных розеток на высоте от пола 0,3 м и менее, но при этом рекомендуется применять розетки с защитными устройствами, закрывающими гнезда розеток при вынутой вилке. В школах и детских учреждениях розетки устанавливают на высоте 1,5 м от пола.

Штепсельные розетки должны быть удалены от заземленных частей (приборы отопления, трубопроводы, плиты, раковины) и находиться на расстоянии от них не менее 0,5 м.

Выключатели и розетки защищенного исполнения при открытой проводке устанавливают на деревянной или пластмассовой розетке диаметром 55—60 мм, толщиной не менее 10 мм.

Монтажные операции по открытой установке выключателей и штепсельных розеток защищенного исполнения производятся в такой последовательности: на стене

устанавливают деревянную розетку; снимают крышку выключателя (штепсельной розетки); основание выключателя прикрепляют двумя шурупами к розетке; концы проводов присоединяют к контактным зажимам; выламывают пленку, закрывающую паз на краю крышки для прохода проводов, и устанавливают крышку.

При установке выключателей необходимо следить за тем, чтобы положения рукоятки выключателя «включено», «отключено» соответствовали надписям на крышке.

Выключатели и штепсельные розетки брызгозащищенного исполнения могут крепиться непосредственно на стене либо на скобе. Ввод проводов (кабеля) через сальниковое уплотнение аппаратов выполняется снизу.

Операции по установке аппаратов производятся в такой последовательности: аппарат крепится к стене с помощью двух дюбелей (двумя винтами к скобе); снимается крышка и вынимается основание; провода (кабель) вводятся в корпус аппарата через сальниковый ввод; устанавливается основание, жилы проводов (кабеля) подсоединяются к контактным зажимам; завинчивается втулка сальника до полного обжатия проводов (кабеля) и надевается крышка.

Скрытая установка выключателей и штепсельных розеток осуществляется в коробках диаметром 70 мм, вмурованных в стены с помощью распорных лапок. Возможна скрытая установка аппаратов на распорной скобе (рис. 2.16), закрепленной при помощи распорных шипов в стене и гнезде цилиндрической формы диаметром 70 мм и глубиной не менее 30 мм.

Распорная скоба обеспечивает установку на ней аппаратов с различной высотой оснований, для чего имеются две установочные скобки, регулирующие высоту установки изделия. Крепление аппаратов на распорной скобе возможно как до так и после установки распорной

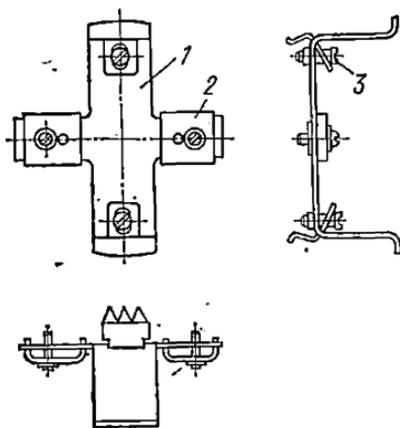


Рис. 2.16. Распорная скоба:  
1 — скоба распорная; 2 — скоба установочная; 3 — распорный винт

скобы в гнездо перегородки или стены. При установке в коробках или на распорной скобе аппараты устанавливаются со снятыми декоративными крышками с предварительно присоединенными к их контактными зажимам проводами. После закрепления аппаратов надевается декоративная крышка.

Малогабаритные выключатели и штепсельные розетки для скрытой установки легко и удобно монтируют в коробках. Одно, два или три таких изделия в заданной комбинации крепятся на заводе на монтажной пластинке соответственно с одним, двумя или тремя окнами. После присоединения проводов электрической сети к зажимам аппаратов монтажная пластинка привертывается винтами к крышке или корпусу коробки. Затем к монтажной пластинке привертывают декоративную крышку.

Следует помнить, что скрыто прокладываемые провода должны иметь у мест присоединения к выключателям и штепсельным розеткам запас длиной не менее 50 мм.

Счетчики для учета расхода электроэнергии и расчетов с электроснабжающей организацией за пользование энергией устанавливают в сухих отапливаемых помещениях, доступных для обслуживания и имеющих температуру окружающего воздуха не ниже  $0^{\circ}\text{C}$ .

Индивидуальные электрические счетчики размещают обычно в местах ввода электроэнергии внутри помещения. Квартирные счетчики устанавливают на лестничной клетке в этажных щитках и шкафах или непосредственно в квартирах на квартирных щитках.

В шкафах счетчики устанавливают внутри запираемых отсеков, имеющих в дверцах на уровне циферблатов окна для снятия показания счетчика без открывания дверей. Высота установки счетчиков 1,4—1,7 м.

В коммунальных установках счетчики размещают на вводно-распределительных устройствах. Электропроводки к счетчикам выполняют скрыто под штукатуркой в каналах строительных конструкций или открыто в трубах.

Для подключения счетчиков оставляют свободные концы проводов длиной 250 мм.

В системах дистанционного управления коммутационные аппараты соединяются с командоаппаратами с помощью электрических цепей управления. Для дистанционного управления осветительными сетями применяют контакторы и магнитные пускатели.

Поступивший на монтаж аппарат очищают от заводской консервационной смазки, а также от пыли и грязи, после чего тщательно проверяют: комплектность аппарата и сохранность изоляционных и пластмассовых деталей; затяжку всех винтов и гаек, крепящих узлы и детали аппарата; состояние пружин контактной и подвижной систем, пружины не должны иметь забоин и вмятин, витки цилиндрических пружин должны быть отдалены друг от друга на одинаковое расстояние; состояние металлических деталей механизма, сердечника и якоря, на поверхности этих деталей не должно быть следов коррозии (ржавчины), ее удаляют, протирая тряпкой, смоченной в керосине, или осторожно опиливая бархатным напильником; применять наждачную бумагу запрещается, так как абразивные частицы могут попасть в трущиеся части аппарата и вызвать их преждевременный износ; состояние подвижных частей и свободный ход аппарата; при его включении нажатием руки на якорь последний под действием пружин и собственной массы должен свободно возвращаться в исходное положение; целостность гибких связей и дугогасительных камер; гибкие связи не должны иметь обрывов, а дугогасительные камеры — трещин и сколов; состояние и правильность взаимного расположения главных и блокирующих контактов;

прочность крепления катушки электромагнита и целостность ее обмотки, которую проверяют контрольной лампой или индуктором; состояние рабочих поверхностей главных и блокировочных контактов; наличие пленок окислов на поверхности контактов ухудшает условия перехода тока с одной поверхности на другую, увеличивая переходное сопротивление в контактном соединении, это вызывает повышенный нагрев контактов даже при токах ниже номинальных для данного аппарата; пленки окислов удаляют, опиливая личным напильником поверхность контакта так, чтобы снять минимальное количество его материала и сохранить первоначальные геометрические формы; металлокерамические покрытия контактов опиливать нельзя, их промывают чистым бензином и протирают тряпками без ворса.

Закончив проверку аппарата и убедившись, что в нем нет повреждений, приступают к его установке.

Устанавливая контакторы и магнитные пускатели в распределительных устройствах, необходимо соблюдать допустимые минимальные расстояния от этих аппа-

ратов до ближайших токоведущих частей других аппаратов и до заземленных конструкций.

Аппарат должен быть прочно укреплен на панели или каркасе распределительного устройства в вертикальном или горизонтальном положении в зависимости от указания завода-изготовителя. Допустимое отклонение корпуса контактора или магнитного пускателя от вертикали не должно превышать  $5^\circ$ .

Присоединяемые к аппарату провода и шины не должны создавать механических усилий на его токоведущие части.

От небрежного обращения с аппаратом может нарушиться заводская регулировка контактов. Поэтому у монтируемых аппаратов рекомендуется проверять и при необходимости регулировать раствор и провал контактов, а также величину их начального и конечного нажатия.

При монтаже автоматических выключателей АК-50 и А-3100 необходимо соблюдать следующие основные требования и условия.

До начала монтажа надо проверить соответствие технических данных автомата (род тока, напряжение, номинальный ток, уставка расцепителя и т. д.), указанных на его табличке и в паспорте электрической установки, в которой монтируют аппарат.

Автоматы АК-50 и А-3100 можно устанавливать в вертикальном или горизонтальном положении на изоляционной панели, металлическом основании или каркасе.

При установке автоматов АК-50 в распределительных устройствах расстояние между боковыми стенками двух соседних аппаратов должно быть не менее 3 мм, а между стенкой аппарата и другими частями распределительного устройства — не менее 10 мм. Для повышения изоляции распределительного устройства рекомендуется устанавливать несколько автоматов АК-50 на металлическом основании, применяя изолирующие прокладки, изготовленные из листового гетинакса или винипласта толщиной 0,5—1 мм.

Устанавливать автоматы надо на гладком отрихтованном основании и после выполнения других работ в распределительном устройстве. Это делается во избежание повреждения пластмассовых деталей при завертывании крепежных винтов на неровном основании и на-

рушения регулировки автоматов от сотрясений при монтаже другого оборудования.

Автоматы А-3100 крепят с передним присоединением проводов четырьмя стальными винтами М6, М8 или М10 в зависимости от типа автомата.

При подводе кабеля к автомату с передним присоединением проводов применяют кабельные наконечники, поставляемые заводом комплектно с аппаратом.

Автоматы с задним присоединением устанавливают на изоляционной панели, применяя специальные токоведущие винты, входящие в комплект деталей, поставляемых заводом-изготовителем автоматов. Подводят ток к автоматам с задним присоединением преимущественно шинами.

При установке на общей металлической панели нескольких автоматов с передним присоединением проводов рекомендуется для повышения общего уровня изоляции применять изолирующие прокладки из гетинакса или текстолита толщиной 0,5—1 мм, а также прокладывать изоляционные шайбы под головки крепежных винтов.

Вводимые в аппарат провода и шины питающей сети (от источника тока) присоединяют к верхним зажимам аппарата, а идущие от аппарата к токоприемникам — к нижним.

Нетоковедущие части элементов осветительных установок (выключателей, штепсельных розеток, светильников и т. д.) при неисправностях и повреждениях могут оказаться под напряжением. Поэтому по требованию Правил для предотвращения опасности поражения электрическим током все металлические нетоковедущие части осветительных установок заземляют (металлические части щитков, аппаратов, осветительных арматур, конструкций для крепления проводов, оболочки кабелей, стальные трубы и т. п.). В осветительных сетях напряжением выше 36 В заземление нужно выполнять во всех помещениях, исключая помещения без повышенной опасности.

Во взрывоопасных установках заземление выполняют при всех напряжениях, в том числе и при 12 и 36 В.

В сетях с заземленной нейтралью для заземления используют рабочие нулевые провода сети, кроме взрывоопасных помещений класса В-I, в которых для заземления прокладывают специальные заземляющие проводни-

ки от группового щитка, а в помещениях классов В-Ia и В-II — от места ответвления до светильника.

Винтовые гильзы патронов для ламп накаливания в сетях, где обязательно заземление корпусов светильников на нулевой провод, должны быть присоединены к нулевому, а не фазному проводу.

Заземление корпусов светильников при заземленной нейтрали выполняют следующим образом: при открытой прокладке проводов и свободно подвешенных светильниках — с помощью гибких перемычек между заземляющим контактом светильника и нулевым проводом; соединение перемычек с нулевым проводом следует выполнять на ближайшей к светильнику неподвижной опоре; при прокладке защищенных изолированных проводов, кабелей или изолированных проводов в стальных трубах, введенных в корпус светильника через специальную деталь, — с помощью соединения корпуса светильника с нулевым проводом непосредственно в светильнике.

## **§ 2.5. Правила техники безопасности при электромонтажных работах**

Без знания соответствующих разделов Правил техники безопасности работники не могут быть допущены к ведению самостоятельных работ. Ученики и практиканты могут выполнять работы только под руководством опытных работников после проведения инструктажа и обучения правилам безопасности на рабочем месте.

Если работник обнаружил нарушение правил техники безопасности или заметил неисправность оборудования, защитных средств и приспособлений по технике безопасности, то он обязан немедленно сообщить об этом руководителю. В тех случаях, когда неисправность в оборудовании представляет опасность для окружающих, а устранить ее может сам работник, то он обязан это сделать немедленно, а затем известить руководителя.

Работники, принимающие непосредственное участие в ремонтных работах и оперативных переключениях, должны проходить медицинское освидетельствование в определенные сроки.

Все работники, занятые на монтажных, ремонтных и эксплуатационных работах, должны периодически проходить повторный инструктаж по технике безопасности. Сроки инструктажа устанавливаются в зависимости от

сложности и опасности выполняемых работ, но не реже одного раза в 6 месяцев.

Перед началом работ работники должны проверить наличие и исправность инструмента, защитных средств, предохранительных приспособлений, лестниц и стремянок. Неисправные инструменты, защитные средства и приспособления должны быть заменены.

Один раз в квартал руководители работ и лица их заменяющие должны проверять исправность всех имеющихся инструментов. Предохранительные приспособления и подъемные механизмы проверяют в установленные сроки (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Наименование приспособления, механизма	Испытательная нагрузка, кгс	Периодичность испытания
Предохранительные пояса	225	1 раз в 6 месяцев
Монтерские когти	135	То же
Лестницы деревянные и металлические	200	1 раз в год
Лебедки ручные	1,1 Pн	То же
Тали, блоки, домкраты	1,1 Pн	»

Примечания: 1) Pн — грузоподъемность, допустимая рабочая нагрузка; 2) все подъемные механизмы и приспособления перед применением должны быть осмотрены.

Лица, обслуживающие электроустановки распределительных электросетей и имеющие квалификационную группу по технике безопасности со II по V включительно, должны изучать правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок применительно к занимаемой должности или выполняемой работе. Для получения практических навыков работники проходят обучение безопасным методам работы на рабочем месте под руководством опытного работника.

Работы на высоте 5 м и более с временных монтажных приспособлений или с конструкций, оборудования, машин и механизмов относятся к разряду работ, выполняемых верхолазами.

Страховые канаты и предохранительные пояса являются средствами, предохраняющими от падения с высоты. Приставные деревянные лестницы разрешается применять длиной не более 5 м.

Прежде чем начать работу на высоте, необходимо убедиться в исправности переносных лестниц. Во избежание неустойчивого положения работу выполняют стоя на 1 м ниже верхней ступеньки лестницы.

Пользоваться ручной или электрической дрелью с приставной лестницы запрещается, так как при упоре на дрель во время сверления лестница может отойти от стены, на которую она опирается. Если лестницей пользуются в помещениях, где пол имеет твердое покрытие, то на нижние концы лестницы надевают резиновые наконечники во избежание скольжения, а на земляном основании — металлические.

Во время работы на лестнице запрещается класть на ступеньки инструменты и материалы, а также находиться на ней одновременно двум рабочим.

Если работа с приставных лестниц проводится в проходах или на улице, то необходимо это место оградить или выделить специального человека для предупреждения приближения посторонних лиц.

При выполнении слесарных работ используют различные электрические и пневматические инструменты: болтоверты, дрели, шлифовальные машинки, электрические паяльники, электронагреватели, съёмники, распылители для окраски собранных машин и их деталей после ремонта.

Причинами ушибов, ранений и ожогов при выполнении слесарных работ чаще всего бывают неисправность рабочего инструмента или неправильный метод работы.

Действующие на предприятиях правила техники безопасности, относящиеся к слесарному делу, предусматривают ряд мероприятий, обеспечивающих безопасное производство работ.

Предохранительные очки выдает рабочим администрация предприятия. Ручной инструмент должен быть исправен и по размеру удобен в работе. Зубила, которыми часто пользуется электромонтер, должны быть с определенным углом заточки (в зависимости от металла) и не иметь «наклепа» на конце, молоток должен быть с крепкой, хорошо насаженной рукояткой. Работа неисправным и изношенным инструментом не допускается.

Верстачные тиски устанавливают так, чтобы работник во время работы мог занимать правильное положение. Расстояние между тисками должно соответствовать

размеру обрабатываемых деталей между осями тисков — не менее 1 м.

Затачивать инструмент на точильном камне (наждаке) следует с использованием защитного стекла или очков для предохранения глаз от летящих искр и наждачной пыли.

Станины электрифицированных станков, корпуса электродвигателей, металлические части, закрывающие электрическую аппаратуру, должны иметь защитное заземление.

Все открытые вращающиеся части станков и механизмов закрывают глухими кожухами, плотно прикрепленными к станине или другой неподвижной части станка.

При работе с открытой электрической дугой электросварщики должны быть обеспечены шлемом-маской или щитком с защитными стеклами (светофильтрами) для защиты лица и глаз. Подсобные рабочие, работающие вместе с электросварщиком в зависимости от условий, также должны быть обеспечены щитками и очками.

Электрододержатель должен иметь надежную изоляцию, допускать быструю смену электрода без прикосновения к токоведущим частям и быть легким и удобным в работе. Контакты электрододержателя не должны сильно нагреваться при прохождении через них тока во время работы. Рукоятку электрододержателя выполняют из изолирующего материала.

В местах электросварочных работ применение и хранение огнеопасных материалов (бензина, керосина, ацетона и т. д.) запрещается.

При сварке в закрытых помещениях рабочие места электросварщиков должны быть отделены от смежных рабочих мест и проходов переносными ширмами из негорячего материала.

При монтаже кабельных линий необходимо принять меры по обеспечению безопасности работ при рытье траншей и котлованов, разгрузке, раскатке и прокладке кабеля в траншеях и по конструкциям, а также при работе с заливочными массами.

При раскатке и прокладке кабеля рабочие должны работать в брезентовых рукавицах.

Обычно кабель с барабана раскатывается с помощью лебедки, установленной на противоположном конце трассы. Для уменьшения усилия при раскатке и предохранения кабеля от механических повреждений на трассе ус-

танавливают специальные ролики, а на поворотах — угловые ролики. Во время раскатки кабеля категорически запрещается оттягивать руками кабель на углах поворота во избежание получения травм рук.

При ручной прокладке кабеля число рабочих определяется в зависимости от массы кабеля с таким расчетом: не более 35 кг для мужчин и 20 кг для женщин. Выполняя работы, рабочие располагаются на одной стороне прокладываемого кабеля и внимательно слушают и точно выполняют команду исполнителя работ.

Прокладывая кабели в местах поворотов в траншее, каналах и туннелях, запрещается находиться с внутренней стороны изгибаемого кабеля.

При протаскивании кабеля через отверстия в стенах следует остерегаться того, чтобы руки не были втянуты в отверстие вместе с кабелем.

При работе с кабельной массой надо соблюдать особую осторожность, так как попадание на незащищенные части тела разогретой массы вызовет ожоги. Во время разогревания необходимо перемешивать массу для равномерного ее нагревания стальными прогретыми на огне прутом или ложкой, но не деревянной палкой, которая может оказаться влажной. Попадание даже малого количества влаги в расплавленную массу может вызвать ее разбрызгивание.

Переливать кабельную массу из кастрюли следует в брезентовых рукавицах и предохранительных очках. Для передачи кастрюли с разогретой кабельной массой ее ставят на землю (на пол), после чего другой человек может ее взять.

К работе с паяльными лампами допускаются только обученные и имеющие практический навык лица. Резервуар лампы заполняют горючим не более чем на  $\frac{3}{4}$  его емкости. Наливная пробка резервуара завинчивается не менее чем на четыре нитки резьбы. Во избежание взрыва запрещается чрезмерно накачивать воздух в паяльную лампу.

Заливать или выливать горячее и разбирать лампу вблизи огня запрещается. Снижать давление воздуха из резервуара лампы через наливную пробку можно только после того, как лампа потушена и ее горелка полностью остыла.

Наливать бензин в керосиновую паяльную лампу запрещается. При работе с лампой внимательно наблюда-

ют за правильной регулировкой пламени и находятся возможно дальше от легковоспламеняющихся предметов и жидкостей.

Работы по установке и снятию электросчетчиков должны производиться по наряду двумя лицами, одно из которых должно иметь не ниже IV, а другое не ниже — III группы по технике безопасности. Работы ведут при отключенном напряжении, шунтировании и заземлении цепей вторичных обмоток трансформаторов тока.

При снятии и установке счетчиков на мелких предприятиях и учреждениях (детские сады, ясли и т. д.) в несложных сетях напряжением до 380 В могут производиться без наряда при снятом напряжении с электроустановки двумя лицами по технике безопасности, имеющими IV и III группы.

Если счетчики с прямым включением (без измерительных трансформаторов в сетях до 380 В), то их установка и снятие допускается одним лицом, имеющим III группу по технике безопасности при условии отключения напряжения.

# МОНТАЖ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 10/0,4 кВ

### § 3.1. Классификация подстанций

Подстанцией называют электроустановку для преобразования или распределения электрической энергии.

Подстанции различаются по назначению и конструктивному исполнению, а также по номенклатуре и мощности установленного в них электрооборудования.

Подстанции можно разделить на следующие виды:

главные понизительные подстанции (ГПП), которые получают энергию от энергосистемы или местной электростанции, понижают ее напряжение (путем трансформирования) до определенной стандартной величины и распределяют между соответствующими потребителями;

центральные распределительные подстанции (ЦРП), которые принимают электрическую энергию от ГПП и распределяют ее на том же напряжении между распределительными и трансформаторными подстанциями предприятия;

распределительные пункты или подстанции (РП), служащие для приема электрической энергии напряжением 10 или 6 кВ от ГПП или ЦРП и распределения ее на том же напряжении между потребителями предприятия;

трансформаторные подстанции (ТП), принимающие электрическую энергию от ЦРП или РП на напряжение 10 или 6 кВ и преобразующие (трансформирующие) ее на более низкие напряжения (660, 380, 220 В) для электроснабжения на этом напряжении цехов предприятия.

В число оборудования подстанций обычно входят шинные конструкции распределительных устройств (РУ), разъединители, выключатели нагрузки, масляные выключатели, реакторы, измерительные трансформаторы и разрядники, а в ГПП и ТП кроме перечисленного оборудования имеются также силовые трансформаторы.

### § 3.2. Реле и схемы релейной защиты

**Общие сведения о реле.** Реле — это прибор, автоматически реагирующий на заданное изменение контролируемого им параметра. В зависимости от физической величины реле делят на реле тока, напряжения, мощности и частоты, а по назначению на следующие три группы:

1) основные — непосредственно реагирующие на изменения воздействующих физических величин;

2) вспомогательные — управляемые другими реле и выполняющие функции введения выдержки времени, передачи импульсов другим реле и т. д.;

3) сигнальные (указательные) — фиксирующие действия защиты и управляющие световыми и звуковыми сигналами.

Все реле имеют воспринимающий орган, реагирующий на изменение воздействующих величин, и исполнительный орган, производящий определенные действия, например отключение масляного выключателя, подачу предупредительных сигналов или запуск других реле.

В зависимости от характера изменения воздействующей на них физической величины электрические реле делятся на максимальные и минимальные. **Максимальные** — это реле, срабатывающие тогда, когда значение воздействующей величины превышает заданную, а **минимальные**, когда значение воздействующей величины снижается ниже заданной.

По способу включения реле делятся на первичные и вторичные. Воспринимающий орган первичных реле включается непосредственно в защищаемую цепь, а вторичных — во вторичную цепь измерительных трансформаторов или во вторичную обмотку силового трансформатора, имеющего вторичное напряжение до 400 В.

Реле используются в устройствах релейной защиты, которые защищают электроустановки от коротких замыканий, недопустимых перегрузок и при других нарушениях установленных режимов ее работы.

В устройствах релейной защиты и автоматики широко распространены вторичные реле прямого действия, встраиваемые в привод выключателя, исполнительный орган которых механически воздействует на отключающее устройство привода и косвенного действия, у которых исполнительный орган только управляет цепью вспомогательного источника оперативного тока.

Реле приводятся в действие подачей импульса оперативного постоянного или переменного тока. Источниками оперативного постоянного тока могут служить аккумуляторные батареи и выпрямительные устройства, а переменного тока — измерительные и силовые трансформаторы, к вторичным обмоткам которых присоединяются соответствующие катушки реле.

К релейным защитам предъявляется ряд общих и специальных требований, определяемых специфическими особенностями или особыми условиями работы электроустановки.

Для всех устройств релейной защиты общими требованиями являются: селективность (избирательность) — способность защиты отключать необходимый участок, ближайшим к нему отключающим аппаратом; чувствительность — способность защиты действовать в самом начале возникновения повреждения или нарушения заданного режима работы на защищаемом участке электроустановки; надежность — безотказность и правильность действия защиты во всех случаях появления повреждений или нарушения установленных режимов работы электроустановки и быстроедействие — срабатывание мгновенной защиты при времени, не превышающем 0,1 с.

**Устройство и принцип работы реле.** В устройствах релейной защиты наиболее широко распространены токовые реле, реагирующие на недопустимое увеличение тока в защищаемой цепи и реле минимального напряжения, реагирующие на снижение ниже определенного значения или полное исчезновение напряжения.

Токовые реле включаются последовательно, а реле напряжения — параллельно защищаемой цепи.

Катушки токовых реле выполняются с малым количеством витков из провода большого сечения и поэтому имеют небольшое сопротивление, а катушки реле напряжения — с большим количеством витков из провода меньшего сечения, чем катушки токовых реле, и поэтому обладают большим сопротивлением.

Реле максимального тока срабатывает, когда проходящий через его катушку ток достигает заранее установленного значения, называемого током срабатывания. При уменьшении тока до определенной величины, называемой током возврата, подвижная система реле возвращается в исходное положение. Отношение

тока возврата к току срабатывания называется коэффициентом возврата, который у большинства современных реле находится в пределах 0,8—0,9.

В реле максимального тока мгновенного действия (рис. 3.1, а) по обмоткам катушек 6, расположенных на

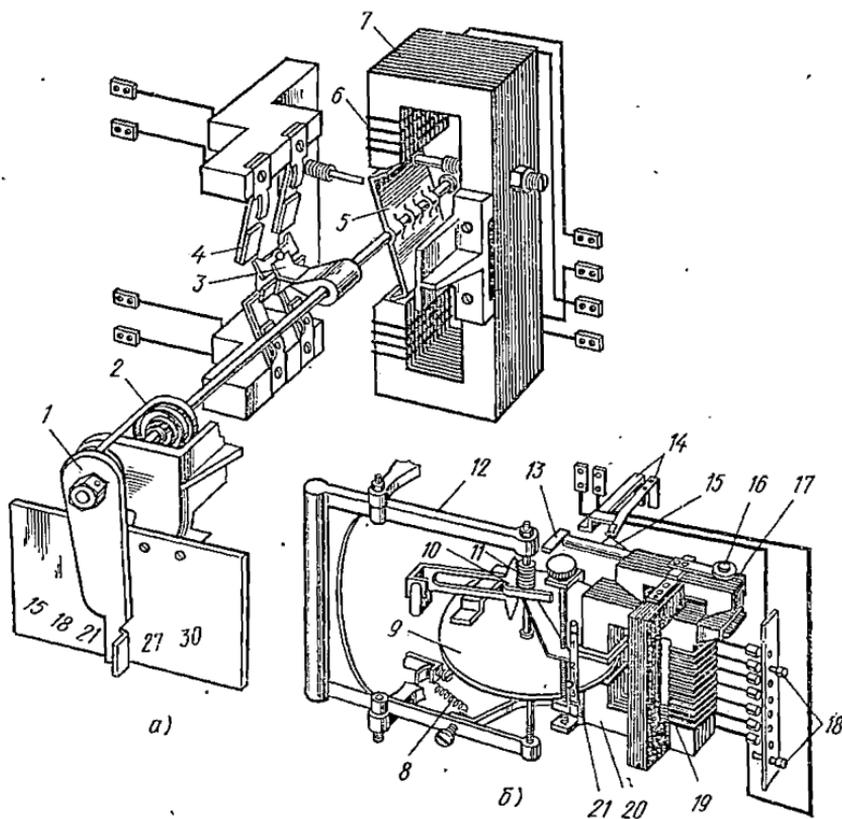


Рис. 3.1. Электрические реле защиты:  
а — типа РТ-40; б — типа РТ-80

полюсах магнитопровода 7, протекает ток от трансформатора тока, включенного в рабочую цепь электроустановки или рабочий ток установки (если его величина не превышает допустимых для реле значений). Когда ток достигнет или превысит величину установленного тока срабатывания, стальной якорь 5 под влиянием магнитного потока, преодолевая противодействие пружины 2, повернется вместе с осью по часовой стрелке, и контактный

мостик 3, укрепленный на оси, замкнет верхнюю пару 4 и разомкнет нижнюю пару неподвижных контактов. Возврат подвижной системы контактов реле в исходное положение при уменьшении тока в катушках происходит под действием пружины 2. Для плавной регулировки тока срабатывания служит рычаг 1, кроме того, величину этого тока можно изменять, переключая обмотки катушек. При последовательном соединении катушек каждая отбегается вдвое большим током, чем при параллельном, в результате этого ток срабатывания реле будет в два раза меньше. Реле не имеет регулировки времени срабатывания.

На рис. 3.1, б показана схема устройства реле переменного тока серии РТ-80, которое представляет собой компоновку электромагнитного реле мгновенного действия и индукционного реле с выдержкой времени. Электромагнитный элемент обеспечивает мгновенное срабатывание реле, когда ток, протекающий по его катушке 19, находящейся на магнитопроводе 20, во много раз превысит установленный на шкале реле ток срабатывания. Минимальный ток, при котором реле срабатывает мгновенно, называется током срабатывания отсечки. В этом случае поворотный якорь 17, притягиваясь правой частью к магнитопроводу, повернется по часовой стрелке и изоляционная пластина 15, укрепленная на его левой части, воздействуя на пружинные контакты 14, замкнет их. При отсутствии тока в катушке якорь под действием массы своей левой части повернут против часовой стрелки до упора в винт 16, которым регулируется ток срабатывания отсечки. При ввертывании винта 16 воздушный зазор правым концом якоря и магнитопроводом уменьшается и отсечка срабатывает при меньшем токе.

Индукционная система реле работает следующим образом: алюминиевый диск 9, укрепленный на оси, может свободно вращаться в поворотной раме 12, которая удерживается пружиной 8 в таком положении, что укрепленный на оси диска червяк 11 не сцеплен с сектором 10. При прохождении тока по катушке реле диск под воздействием двух магнитных потоков, создающихся в зазорах магнитопровода, начинает вращаться. При вращении диска, которое начинается при токе 20—40% от тока срабатывания, возникают силы, стремящиеся повернуть рамку по часовой стрелке, чему препятствует

пружина 8. Когда ток в катушке реле достигает величины тока срабатывания, эти силы возрастут настолько, что, преодолев сопротивление пружины 8, повернут рамку, и червяк войдет в зацепление с сектором. Сектор, закрепленный левым концом на оси, поворачиваясь на ней, переместится кверху, а своим рычагом поднимет фигурную деталь 13, укрепленную на левой стороне поворотного якоря 17. При этом правая сторона якоря приблизится к магнитопроводу, притянется к нему и изоляционная пластина 15 замкнет контакты реле.

Выдержка времени реле регулируется изменением начального положения сектора 10. Чем выше поднят сектор, тем меньший путь он должен пройти до соприкосновения с фигурной деталью якоря и тем, следовательно, меньше выдержка времени. Настройка выдержки времени производится по шкале 21.

При небольших кратностях тока (до 5—7) выдержка времени зависит от величины тока (чем больше ток, тем меньше выдержка), при кратностях тока 8—10 выдержка времени почти не зависит от тока и близка к установленному на шкале реле времени срабатывания. При больших кратностях тока реле срабатывает мгновенно под воздействием электромагнитного элемента. Такая характеристика времени называется ограничено зависимой с отсечкой.

Ток срабатывания реле регулируется с помощью штепсельного устройства 18, которым переключается число витков обмотки реле. При включении большого числа витков ток срабатывания уменьшается.

Реле минимального напряжения мгновенного действия по своему устройству и принципу работы мало отличается от электромагнитного реле максимального тока. При нормальном напряжении в сети якорь реле под влиянием магнитного потока повернут по часовой стрелке и контакты реле разомкнуты. При падении напряжения, ниже установленного на реле, якорь поворачивается под действием пружины против часовой стрелки и контакты реле замыкаются. Значения напряжения срабатывания указаны на шкале.

**Схемы релейных защит.** Схемы релейных защит и типы реле, применяемые в них, определяются характером, назначением, мощностью и категорией электроустановок.

Простая схема максимальной токовой защиты с зависимой выдержкой времени на оперативном переменном

токе с применением реле РТ-80 показана на рис. 3.2, а.

При нормальном режиме работы электроустановки через обмотку реле и первичную обмотку быстро насыщающегося трансформатора тока НТ протекает разность рабочих токов от трансформаторов тока ТТ, величина которой в 1,73 раза больше тока в каждом трансформа-

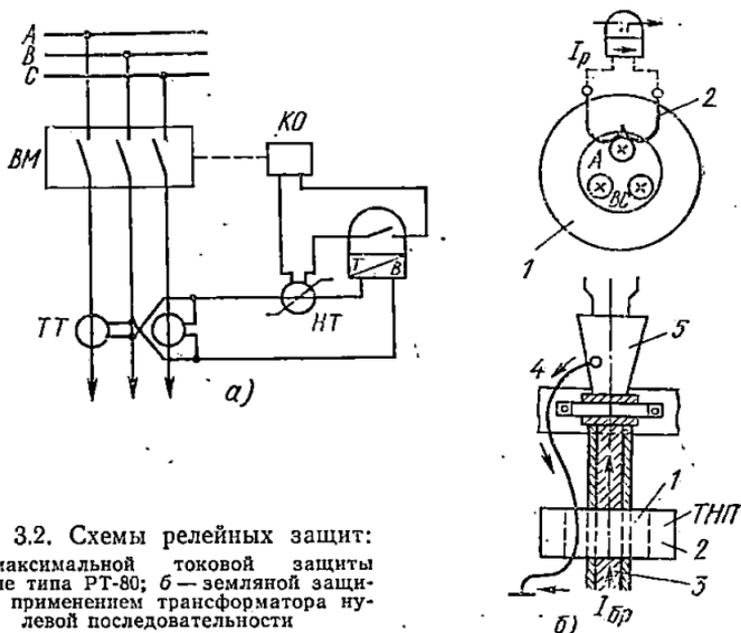


Рис. 3.2. Схемы релейных защит:  
 а — максимальной токовой защиты с реле типа РТ-80; б — земляной защиты с применением трансформатора нулевой последовательности

торе. Реле настроено так, что этот ток не вызывает срабатывания защиты. При коротких замыканиях и перегрузках ток в обмотке реле и первичной обмотке НТ возрастает и реле срабатывает. Своим контактом реле замыкает цепь отключающей катушки (КО), питающейся от насыщающегося трансформатора тока, и выключатель мощности отключает поврежденный участок сети.

В схеме использовано реле серии РТ-81, поэтому при коротком замыкании работает «отсечка» и с помощью защиты быстро произойдет отключение. При перегрузках, когда величина тока недостаточна для срабатывания отсечки, отключение произойдет с выдержкой времени — сработает индукционная система реле. Так как выдержка времени в зависимой части характеристики реле уменьшается с возрастанием тока, то время срабатыва-

ния такой защиты будет зависеть от величины тока перегрузки.

Существуют схемы защит с выдержкой времени независимо от тока. В этих схемах часто применяют реле мгновенного действия РТ-40, которое при срабатывании замыкает цепь катушки реле времени, которое срабатывает через определенное, независящее от тока, время, и замыкает цепь отключающей катушки привода выключателя.

В схемах защит без выдержки времени также иногда применяют реле серии РТ-40, но так как допустимый ток замыкания контактов реле меньше тока, потребляемого отключающей катушкой привода выключателя, то в схему защиты вводят промежуточное реле с более мощными контактами. В этом случае контакты РТ-40 замыкают цепь катушки промежуточного реле, которое при срабатывании замыкает цепь отключающей катушки привода выключателя.

Для защиты от однополюсных замыканий на кабельных линиях в сетях с малыми токами часто применяют специальный трансформатор тока, так называемый трансформатор тока нулевой последовательности (ТНП). Этот трансформатор (рис. 3.2, б) состоит из стального магнитопровода 1 кольцеобразной или прямоугольной формы, на который намотана вторичная обмотка 2. Трансформатор надевают на трехжильный кабель 3, являющийся его первичной обмоткой. При нормальном режиме работы результирующий магнитный поток обмотки равен нулю. При замыкании одной из фаз на землю в первичной обмотке трансформатора появляются токи нулевой последовательности, в результате которых в его вторичной обмотке наводится э. д. с., и реле, включенное в эту обмотку, срабатывает. В зависимости от выбранной схемы защиты реле может действовать на включение сигнала или отключение установки.

Под действием внешних причин (сварочные работы, замыкание на землю близко расположенного кабеля и т. п.) по броне и оболочке кабеля могут протекать токи, способные вызвать ложное срабатывание защиты. Во избежание этого при монтаже трансформатора нулевой последовательности проводник 4, заземляющий воронку 5, пропускают сквозь окно трансформатора. При этом токи, протекающие по оболочке и броне кабеля, пройдут сквозь окно трансформатора дважды, но в раз-

ных направлениях, и создаваемые ими магнитные потоки взаимно уничтожаются.

Кроме рассмотренных простейших схем защит, реагирующих на повышение тока, в защищаемой линии существуют защиты минимального напряжения. Наиболее простая — это защита с использованием отключающей катушки минимального напряжения, встроенной в привод выключателя мощности. При падении напряжения до 0,8 номинального (и ниже) защелка привода, удерживаемая катушкой, освобождается и выключатель отключается.

### § 3.3. Монтаж оборудования подстанций

**Монтаж шинных конструкций подстанций.** Шинной конструкцией распределительного устройства называют систему голых жестких проводников (шин), закрепляемых на изоляторах и предназначенных для распределения электроэнергии. Шины в большинстве случаев имеют прямоугольное сечение и изготавливаются преимущественно из алюминия или стали.

Материал шин, их сечения, взаимное расположение и расстояния между ними определены проектом и зависят от токовых нагрузок, напряжения электроустановки, требований термической и динамической устойчивости шин при токах короткого замыкания и т. д.

К шинам распределительных устройств предъявляют требования термической и динамической устойчивости при коротких замыканиях.

Шины считаются термически устойчивыми при условии  $T_{н.к.з} \leq T_{н.макс}$ , где  $T_{н.к.з}$  — температура нагрева шин при прохождении тока короткого замыкания;  $T_{н.макс}$  — максимально допускаемая температура нагрева голых шин, равная  $200^{\circ}\text{C}$  — для алюминиевых;  $300^{\circ}\text{C}$  — для медных;  $400^{\circ}\text{C}$  — для стальных шин.

При прохождении через распределительное устройство токов короткого замыкания шины РУ нагреваются. Чрезмерный нагрев снижает их механическую прочность и ослабляет контакты в местах соединения их между собой и присоединения к зажимам аппаратов.

При проверке шин РУ на динамическую устойчивость проверяют их механическую прочность при прохождении

по ним ударного тока короткого замыкания, создающего большие электродинамические усилия.

Электродинамические усилия стремятся изогнуть шины, поэтому производится проверка (расчет) прочности шин на изгиб. Шины в РУ располагаются горизонтально или вертикально, на ребро или плашмя.

Наибольшее воздействие электродинамических усилий испытывает шина средней фазы распределительного устройства.

При горизонтальном или вертикальном расположении шин на ребро механическое усилие на шину средней фазы

$$F_{\text{сф}} = 1,76 i_{\text{уд}}^2 \frac{l}{a} \cdot 10^{-2}, \text{ кгс}, \quad (3.1)$$

где  $i_{\text{уд}}$  — ударный ток трехфазного короткого замыкания, А;  $l$  — расстояние между изоляторами в пролете, см;  $a$  — расстояние в осях между шинами различных фаз, см.

Механическое усилие, определенное по формуле (3.1), вызовет изгибающий момент, который при числе пролетов больше двух будет следующим:

$$M = \frac{Fl}{10}, \text{ кгс/см}^2. \quad (3.2)$$

Напряжение материала шин

$$\sigma = M/\omega, \text{ кгс/см}^2, \quad (3.3)$$

где  $\omega$  — момент сопротивления, определяемый в зависимости от взаимного расположения шин распределительного устройства. Для шин РУ, расположенных на ребро, момент сопротивления

$$\omega = \frac{b^2 h}{6}, \quad (3.4)$$

где  $b$  и  $h$  — толщина и ширина шины, см.

При расположении шин плашмя момент сопротивления

$$\omega = \frac{b h^2}{6}. \quad (3.5)$$

Рабочее напряжение  $\sigma_p$ , полученное с помощью расчета, должно быть не менее допустимого  $\sigma_{\text{доп}}$  т. е.  $\sigma_p > \sigma_{\text{доп}}$ .

Величины  $\sigma_{\text{доп}}$  принимаются: 700 кгс/см<sup>2</sup> для шин из алюминия марки АТ; 1400 кгс/см<sup>2</sup> для шин из меди марки МТ.

Если механическое напряжение больше допустимого, то его уменьшают, изменяя взаимное расположение шин, величину пролета и расстояния между фазами, увеличивая сечение шин или ограничивая величины токов короткого замыкания.

Перед монтажом шины отбраковывают, сортируют по длине и сечению, а также проверяют отсутствие вмятин и трещин.

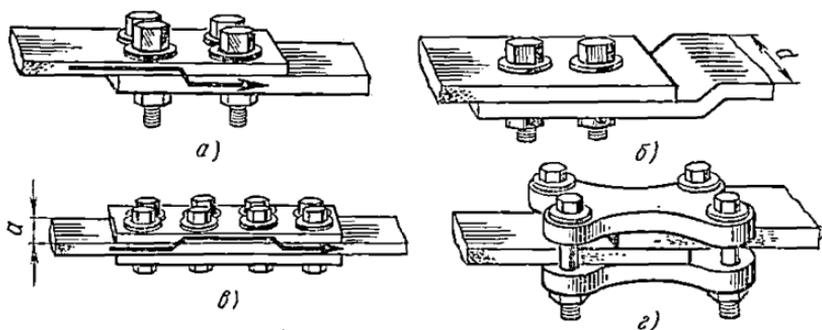


Рис. 3.3. Болтовые контактные соединения шин:

а, б — внахлестку; в — встык с накладками и без накладок; г — сжимными накладками

К монтажу шин приступают после расстановки и крепления опорных и проходных изоляторов, на которых должны крепиться шины.

Заготовку и гнутье шин рекомендуется производить жесткими шаблонами из круглой стальной проволоки диаметром 3—4 мм. Шины гнут на шиногибочном станке, а крепят плашмя или на ребро на изоляторах болтами, скобами или в шинодержателях.

Неразъемные контактные соединения шин друг с другом осуществляют сваркой, а разъемные — болтами одним из способов, показанных на рис. 3.3. Размер контактного соединения  $l$  должен быть не менее двойной ширины шины, т. е.  $l > 2a$ .

Швы соединений шин, выполненных сваркой, не должны иметь наплывов металла, прожогов и трещин. Контактные поверхности шин, соединяемых болтами, должны быть шероховатыми, что достигается обработкой их на шинофрезных станках или драчевым напильником.

Во всех случаях шина фаз *B* должна быть расположена посередине, а фаз *A* и *C* — по обеим сторонам фазы *B* в зависимости от конструкции шинного устройства.

Цвет шин должен соответствовать порядку чередования фаз трансформаторов и питающих линий. Для окраски шин применяют стойкие эмалевые или масляные краски.

Однополюсные шины окрашивают со всех сторон, многополюсные — по наружным поверхностям.

Окраска шин облегчает фазирование присоединяемых к ним аппаратов, позволяет легче ориентироваться в схеме, что снижает вероятность неправильных действий персонала в процессе эксплуатации электроустановки.

**Монтаж разъединителей и выключателей нагрузки.** Разъединители и выключатели нагрузки являются безмасляными отключающими аппаратами и имеют почти аналогичное устройство.

Разъединители служат для оперативного изменения схем первичной коммутации и создания видимого разрыва электрической цепи (видимого воздушного промежутка между подвижными и неподвижными контактами), позволяющего персоналу убедиться в безопасности производства работ на отключенном участке электроустановки.

Допускается отключение разъединителями участка электроустановки, линий и отдельных аппаратов при наличии в них только небольших токов, например тока холостого хода силового трансформатора или зарядного тока линии.

Разъединители конструктивно выполняют в виде однополюсных (рис. 3.4, *a*) или трехполюсных (рис. 3.4, *б*) аппаратов. В электроустановках трехфазного тока в качестве отключающего аппарата применяют три однополюсных разъединителя или один трехполюсный.

Выключатели нагрузки служат для отключения всей или части электроустановки при наличии в них токов нагрузки.

Выключатель нагрузки (рис. 3.5, *a, б*) отличается от разъединителя наличием на каждом полюсе дугогасительной камеры, которая (рис. 3.5, *в, г*) состоит из двух пластмассовых щек *9* с вложенными в них вкладышами *10* из органического газогенерирующего материала. Во вкладышах имеются вырезы, по форме и кривизне соответствующие профилю контактного ножа *4*.

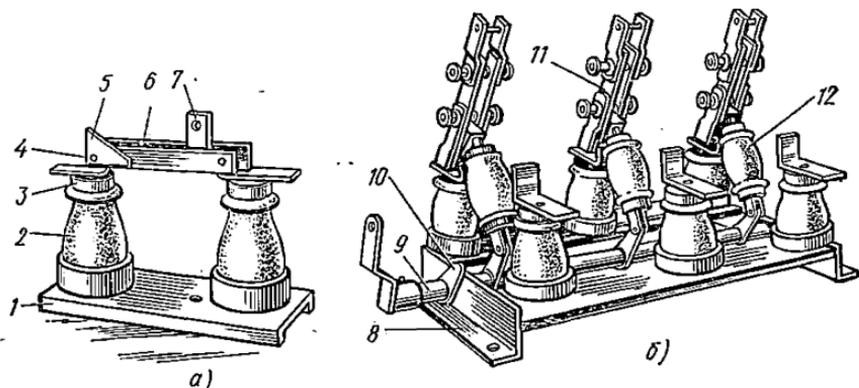


Рис. 3.4. Высоковольтные разъединители внутренней установки на 6 и 10 кВ:

*a* — однополюсный PVO на 6 кВ; *б* — трехполюсный PVT на 10 кВ: 1 — цоколь; 2 — опорный изолятор; 3 — неподвижный контакт; 4 — ось скобы упора; 5 — скоба упора; 6 — подвижный контактный нож; 7 — ушко для управления разъединителем шальтмангой; 8 — рама; 9 — вал; 10 — упор; 11 — нож разъединителя с контактными пружинами; 12 — фарфоровая тяга

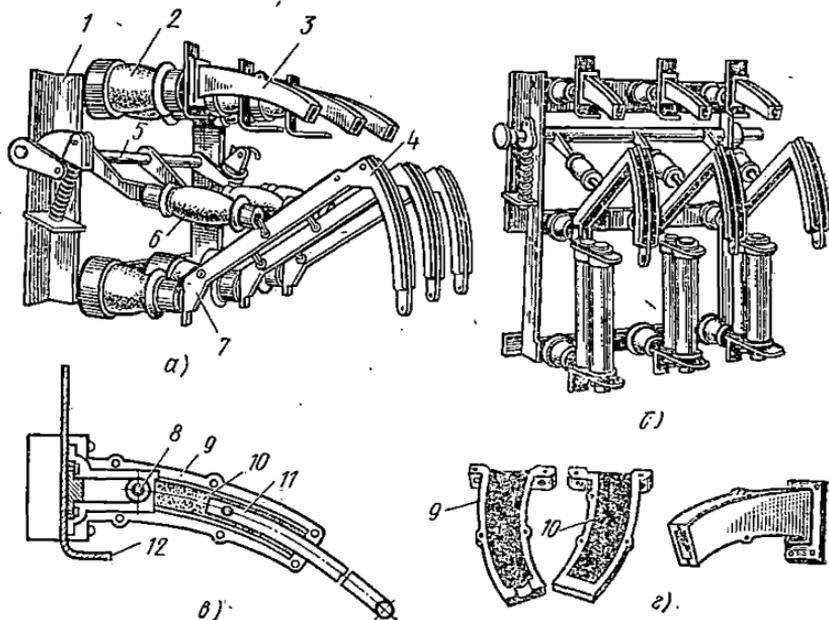


Рис. 3.5. Выключатель нагрузки на 6 и 10 кВ:

*a* — выключатель нагрузки без предохранителей (ВН-16); *б* — выключатель нагрузки с предохранителями ПК (ВНП-16); *в* — дугогасительная камера со снятой щекой; *г* — щеки и собранная камера: 1 — рама; 2 — опорный изолятор; 3 — дугогасительная камера; 4 — подвижный контактный нож; 5 — вал; 6 — тяга; 7 — подвижный контакт; 8 — неподвижный дугогасительный контакт; 9 — щека пластмассовой камеры; 10 — вкладыш из органического стекла; 11 — положение ножа в камере в момент отключения; 12 — неподвижный рабочий контакт

Электрическая дуга, возникающая между контактами при разрыве ими электрической цепи, гасится газами, выделяемыми вкладышами при воздействии на них высокой температуры дуги.

Управляют разъединителями и выключателями нагрузки с помощью приводов (рис. 3.6).

Монтаж разъединителей и приводов состоит из их ревизии, установки, регулирования и испытания.

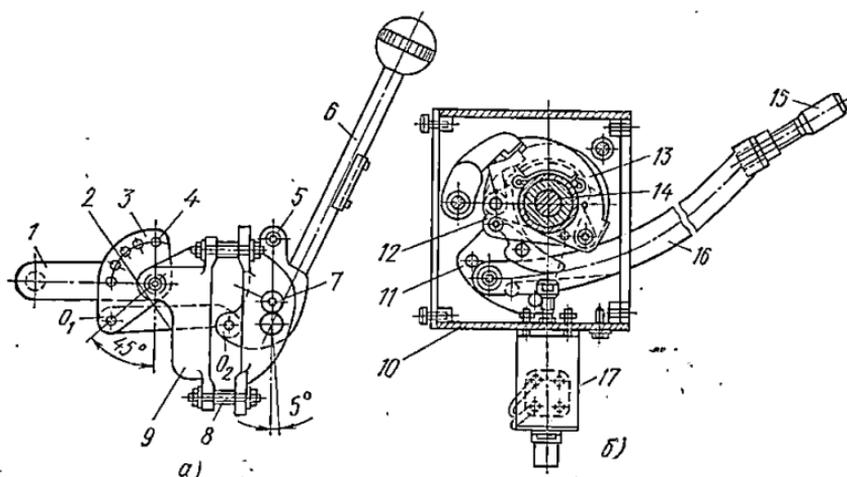


Рис. 3.6. Приводы разъединителей и выключателей нагрузки:

*a* — привод ПР-2 разъединителя внутренней установки; *б* — привод ПРА-12 выключателя нагрузки; 1, 2 и 12 — рычаги; 3 — сектор; 4 и 14 — валы; 5 — передний подшипник; 6 — рукоятка; 7 — ось; 8 — шпилька; 9 — задний подшипник; 10 — корпус; 11 — секторный рычаг; 13 — механизм свободного расцепления, 15 — приводная тяга; 16 — вилка; 17 — отключающий электромагнит

При ревизии проверяют комплектность разъединителя и привода, сохранность изолирующих элементов, исправность механизма, правильность сборки и прочность крепления узлов и деталей.

Установку разъединителя с приводом начинают с разметки и заготовки отверстий под крепежные детали. Затем устанавливают разъединитель и привод, временно закрепляя рычаги на их валах и соединяют тягу с вилками. В качестве тяги применяют стальные водогазопроводные трубы диаметром 18—25 мм с номинальной толщиной стенок.

При включении ножи должны одновременно касаться губок неподвижных контактов, при отключении — вы-

ходить из них. При полном включении они не должны доходить на 3—5 мм до упора в контактную площадку.

Изменяя угол поворота ножей и вала привода, а также сокращая зазор в сочленениях, уменьшают холостой ход привода и системы рычагов до 3—5 мм.

После монтажа разъединителя и привода окончательно затягивают гайки, болты, шпильки, стопоры и контргайки, затем производят более тонкую регулировку.

Установив блок-контакты и соединив их с приводом, регулируют момент замыкания и размыкания контактов, а затем двадцатью включениями и отключениями проверяют совместную работу разъединителя, привода и блок-контактов. Раму разъединителя, плиту привода, а также корпус блок-контактов заземляют, присоединяя их жесткой стальной шиной к сети заземления.

Выключатель нагрузки монтируют аналогично разъединителю. Дополнительно регулируют движение ножей так, чтобы они входили в дугогасительные камеры не менее чем на 160 мм. Правильность монтажа и регулировки выключателя нагрузки проверяют 15 циклами включения и отключения вначале вручную, а затем дистанционно.

Вновь смонтированные выключатель нагрузки и разъединитель подвергают испытанию в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ).

**Монтаж малообъемных масляных выключателей.** Масляным выключателем называют высоковольтный аппарат для отключения токов нагрузки и короткого замыкания в электроустановках напряжением 6 или 10 кВ и выше.

Малообъемным масляным выключателем называют отключающий аппарат, в котором содержится небольшое количество масла только для гашения электрической дуги в выключателе.

Одним из наиболее конструктивно совершенных и широко распространенных высоковольтных отключающих аппаратов является малообъемный масляный подвесной выключатель ВМП-10.

Масляные выключатели ВМП рассчитаны на токи 600, 1000 и 1500 А при напряжении 10 кВ и выпускаются в зависимости от габаритов в двух исполнениях: для установки в обычном распределительном устройстве (ВМП-10) и для малогабаритных комплектных распределительных устройств (ВМП-10К).

Выключатель ВМП-10 состоит из полюсов, буферных устройств и механизма, смонтированных на общей раме. Эти выключатели поступают на монтаж полностью собранными и отрегулированными. До установки производят внешний осмотр выключателя, проверяя целостность деталей.

Разбирают выключатель только при явных признаках повреждений или неисправности таких деталей, доступ к которым невозможен без разборки отдельной части или всего выключателя.

При повреждении или неисправности внутренних деталей полюса выключателя снимают его нижнюю крышку с неподвижным розеточным контактом, вынимают распорный цилиндр и дугогасительную камеру и тщательно осматривают. Неисправные детали заменяют, изоляционные и контактные части промывают чистым и сухим трансформаторным маслом, затем все устанавливают на место, соблюдая заводские отметки и маркировочные знаки.

У собранного выключателя должна быть отрегулирована одновременность размыкания и замыкания контактов.

Перед регулировкой устанавливают и надежно закрепляют на соответствующих конструкциях выключатель и привод, затем переводят их в отключенное положение и соединяют между собой посредством вала и тяги.

Выключатель ВМП-10 регулируют при снятых с полюсов верхних крышках и без маслоотделителей. Перед регулировкой на каждом полюсе в имеющееся резьбовое отверстие на торце подвижного контакта ввертывают до упора контрольный металлический стержень диаметром 6 мм, длиной около 400 мм, с резьбой на конце, а затем, собрав электрическую схему для проверки одновременности замыкания и размыкания контактов в каждом полюсе выключателя (рис. 3.7), приступают к регулированию.

В процессе регулирования операции включения и отключения производятся только вручную. Регулирование начинают с установки главного вала выключателя в отключенное положение.

В отключенном положении выключателя устанавливают отключающие пружины, сохраняя заданную на заводе величину их предварительного натяга.

Контакты полюсов включают и отключают до отказа с помощью наружных рычагов и на контрольных стержнях, ввернутых в подвижные контакты каждого полюса, делают отметки, соответствующие этим положениям. Отметку наносят, недоходя на 5 мм до отметки крайнего отключенного положения стержней.

В отключенном положении вал выключателя с механизмом полюсов соединяют изоляционными тягами, длину которых регулируют так, чтобы отметки отключенно-

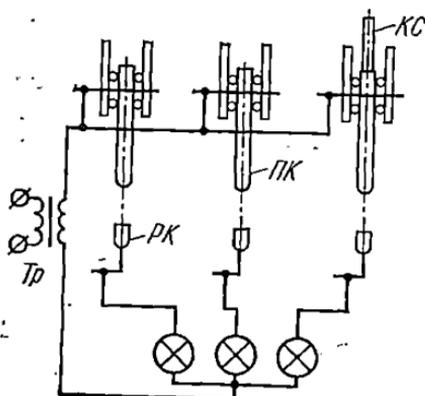


Рис. 3.7. Электрическая схема проверки одновременности замыкания и размыкания контактов масляного выключателя типа ВМП-10:

Тр — трансформатор; РК — розеточный контакт; ПК — подвижный контакт; КС — контрольный стержень

го положения на контрольных стержнях совпадали с отметками недохода стержней на 5 мм до крайнего положения.

Доводят ручным включением привода подвижные контакты выключателя до касания с неподвижными, следя за тем, чтобы неодновременность касания контактов не превышала 5 мм.

Необходимую регулировку одновременности касания контактов производят, изменяя длину изоляционной тяги и проверяя по контрольному стержню

величину недохода до крайнего отключенного положения, который должен быть не менее 4 мм.

При достижении требуемых регулировочных данных и исправном действии механизмов выключателя и привода вывертывают контрольные стержни, устанавливают на место верхние крышки, заливают цилиндры сухим трансформаторным маслом, затем, повторно проверив прочность крепления выключателя и привода на конструкциях, а также надежность резьбовых и шплинтовых соединений, рычагов и тяг, производят 10—15 включений и отключений приводом.

**Монтаж разрядников.** Разрядником называют аппарат для защиты изоляции электроустановки и ее электрооборудования от перенапряжений.

**Перенапряжение** — это всякого рода повышения напряжений, представляющие угрозу для целостности изоляции электроустановки. Они возникают при изменении схемы коммутации электроустановки или же вследствие атмосферных разрядов.

Наиболее опасными являются атмосферные перенапряжения, превышающие номинальные в десятки и сотни раз.

Атмосферные перенапряжения возникают вследствие воздействия на электроустановку прямых грозовых разрядов или воздействия напряжений, индуктированных в элементах установки при грозовых разрядах вблизи нее.

Чаще всего атмосферные перенапряжения возникают в воздушных линиях электропередачи и опасны для всех элементов электроустановки, связанной с воздушными сетями.

Защита электроустановок и электрооборудования от перенапряжений осуществляется при помощи разрядников, защитное действие которого состоит в том, что в нем снижается амплитуда волны перенапряжения до значения, безопасного для целостности изоляции защищаемой электроустановки, а затем энергия перенапряжения отводится в землю через присоединенный к разряднику заземляющий проводник.

В электроустановках напряжением 6 и 10 кВ для защиты от атмосферных перенапряжений применяются преимущественно вилитовые разрядники РВП и вентильные разрядники РВС.

Вилитовый разрядник РВП (рис. 3.8, а) состоит из блока искровых промежутков 4 и колонки вилитовых дисков 5, помещенных внутри фарфорового корпуса 6. Блок искровых промежутков представляет собой несколько последовательно соединенных единичных искровых промежутков, состоящих из двух фигурных шайб с зажатым между ними кольцом из миканита.

Разрядники РВП не имеют шунтирующих сопротивлений. Распределение напряжения по единичным промежуткам определяется их собственными емкостями.

Блок искровых промежутков расположен в верхней части корпуса разрядника и зажат пружиной 3. В ниж-

ней части корпуса размещена колонка вилтовых дисков, составляющих рабочее сопротивление разрядника. Количество искровых промежутков в блоке и вилтовых дисков в колонке зависит от величины номинального напряжения разрядника.

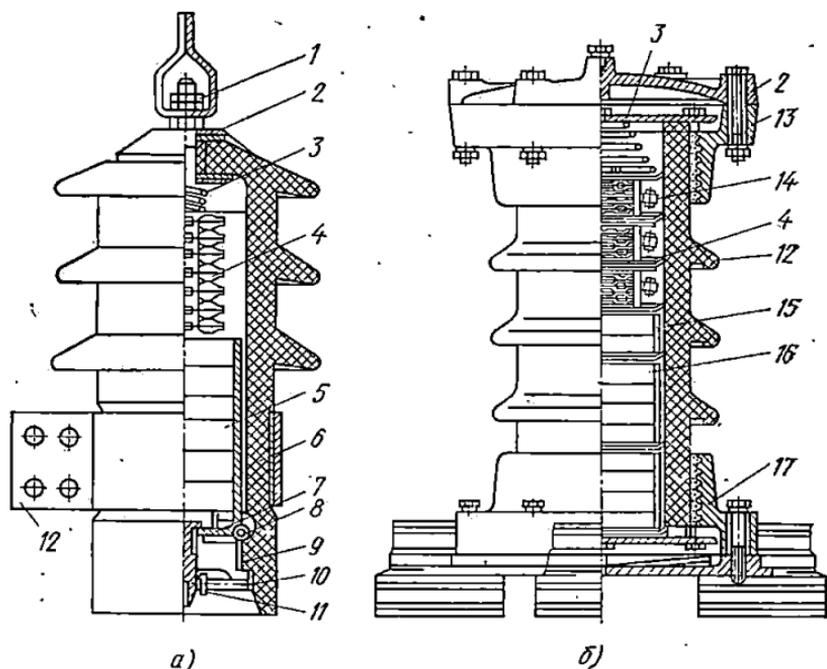


Рис. 3.8. Подстанционные разрядники на 10 кВ:

*а* — вилтовый РВП; *б* — вентильный РВС; 1 — ввод; 2 и 9 — прокладки из резины; 3 — пружина; 4 — искровые промежутки; 5 и 16 — вилтовые диски; 6 — хомут крепления разрядника; 12 — фарфоровый корпус (покрышка); 7 и 10 — диафрагмы; 8 — упор; 11 — заземляющий зажим; 13 и 17 — фланцы; 14 — шунтирующие сопротивления; 15 — керамическая обмазка

Для защиты от атмосферных воздействий фарфоровый кожух герметизирован резиновой озоностойкой прокладкой и компаундом.

Разрядник присоединен к сети заземления зажимом 11 непосредственно или через счетчик срабатывания.

Вентильный разрядник РВС (рис. 3.8, б) по конструкции похож на разрядник РВП, но отличается от него формой корпуса и улучшенной характеристикой, обусловленной наличием шунтирующих сопротивлений, выравнивающих распределение напряжения вдоль искровых промежутков.

Разрядники, предназначенные к установке, тщательно осматривают и проверяют: целостность их фарфоровых корпусов и металлических деталей; наличие и комплектность крепежных деталей; отсутствие шума (стука) в разряднике при его встряхивании, свидетельствующего о повреждении отдельных деталей.

Части включенного в работу разрядника, кроме заземленного цоколя, находятся под напряжением, поэтому при монтаже его располагают так, чтобы исключить возможность случайного прикосновения к разряднику.

Для удобства отключения разрядников на зимнее время, а также при испытаниях или осмотрах рекомендуется присоединять их к шинам РУ через разъединители.

Разрядники не должны испытывать механических усилий, передаваемых от присоединенных к ним шин. При присоединении к разряднику жестких шин применяют компенсирующие устройства.

Расстояние между установленными в помещении разрядниками или между разрядниками и другими элементами РУ напряжением 10 кВ должно быть не менее 125 мм.

Разрядники надежно заземляют. Заземляющий проводник от разрядника к магистрали или к общему контуру заземления прокладывают по кратчайшему пути.

Все нетоковедущие металлические детали разрядников окрашивают влагостойкой краской.

**Монтаж предохранителей.** Предохранители защищают электроустановку (подстанцию, линию) или ее отдельные элементы от токов перегрузок и короткого замыкания.

В закрытых электроустановках напряжением 6 и 10 кВ применяют предохранители ПК и ПКТ.

Предохранитель ПК (рис. 3.9) состоит из плиты 5, патрона 3 с плавкой вставкой и контактов 4, укрепленных на головках верхнего и нижнего опорных изоляторов 1.

Патрон представляет собой фарфоровую трубку, на концах которой закреплены латунные колпачки. Внутри патрона, заполненного кварцевым песком, находится плавкая вставка из медных посеребренных или константовых проволок. Медные плавкие вставки применяют в предохранителях ПК, предназначенных для защиты силовых цепей, константовые — в предохранителях ПКТ, применяемых для защиты трансформаторов напряжения.

Плавкие вставки предохранителей ПК на токи до 7,5 А и ПКТ намотаны на ребристый стержень из керамики. Плавкие вставки предохранителей ПК на токи выше 7,5 А выполнены в виде спиралей, помещенных непосредственно в фарфоровый патрон.

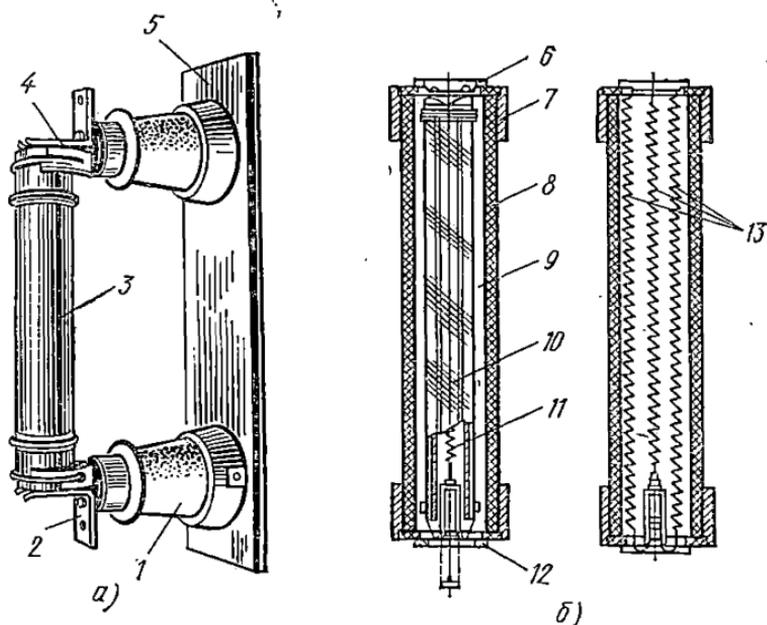


Рис. 3.9. Высоковольтный предохранитель ПК:

а — общий вид; б — патроны предохранителя с плавкой вставкой на керамическом стержне (слева) и без стержня (справа); 1 — опорный изолятор; 2 — болт для присоединения шины к предохранителю; 3 — патрон; 4 — контакт с замком; 5 — плита; 6 — крышка; 7 — латунный колпачок; 8 — фарфоровая трубка (кожух); 9 — кварцевый песок; 10 — проволока плавкой вставки; 11 — указательная проволока; 12 — указатель срабатывания; 13 — оловянные шарики

В предохранителях на токи до 7,5 А параллельно с плавкими вставками включены вспомогательные проволоки с фарфоровыми искровыми промежутками. Эти проволоки по обе стороны искрового промежутка имеют различные сечения.

На проволоках плавких вставок предохранителей ПК на номинальные токи выше 7,5 А напаяны оловянные шарики, предназначенные для снижения перегрева элементов предохранителя при малых перегрузках. Действие подобной плавкой вставки основано на «металлургии»

ческом эффекте»\*. Применение вставок, состоящих из проволок различного диаметра по длине (вставок ступенчатого сечения), позволяет снизить перенапряжения, возникающие на предохранителе при перегорании вставки.

При использовании в предохранителе ПК вставок из нескольких параллельных проволок увеличивается не только теплоотдача и уменьшается общее сечение вставки по сравнению с сечением однопроволочной вставки, но и улучшаются условия гашения дуги, возникающей в нескольких параллельных каналах при разрыве электрической цепи.

Высоковольтные предохранители ПК выбирают исходя из номинального длительного тока плавкой вставки, которая не расплавляется при наибольшем рабочем токе и при переходных процессах. Предельно отключаемый ток плавкой вставки предохранителя должен быть равен или больше максимально ожидаемого тока к. з. защищаемой цепи.

Селективность действия ПК обеспечивается, если номинальные токи плавких вставок последовательно установленных предохранителей различаются на одну ступень. Время отключения предохранителями ПК токов к. з. большой кратности составляет 0,05—0,007 с.

Патроны предохранителя ПК снабжены указателем срабатывания, состоящим из втулки, пружины, указательной проволоки и головки с крючком. Металлическая втулка, со вставленной в нее пружиной, закреплена на крышке патрона. Один конец пружины соединен с втулкой, другой — с головкой указателя, имеющей крючок, за который зацеплена указательная проволока. При этом пружина находится в сжатом состоянии.

Указательная проволока, перегорая одновременно с плавкой вставкой, освобождает пружину, которая выбрасывается из предохранителя вместе с головкой, сигнализируя таким образом о срабатывании предохранителя.

Патроны предохранителей ПКТ в отличие от патронов предохранителей ПК не имеют указателей срабаты-

---

\* «Металлургический эффект» заключается в том, что при нагреве плавкой вставки шарики олова, находящиеся на ее медных проволоках, обладающего более низкой температурой плавления, чем медь, расплавляются раньше и, проникая в материал проволоки вставки, снижают температуру ее плавления.

вания. Перегорание плавкой вставки предохранителя ПКТ обнаруживают по показаниям приборов, включенных в цепь трансформатора напряжения, защищаемого данным предохранителем.

Засыпаемый в патрон кварцевый песок должен быть сухим с размерами крупинок кварца 0,5—1,5 мм. Если размеры крупинок менее 0,5 мм, песок будет спекаться после нескольких перегораний плавкой вставки, а при размере крупинок более 1,5 мм — увеличивается продолжительность горения дуги (при перегорании плавкой вставки) из-за большого количества воздуха, сохраняющегося в патроне между крупными частицами песка.

Предохранители располагают на стене, стальной раме, а также на цоколе из швеллера или двух угольников, соблюдая следующие требования: патроны должны входить в губки установленных предохранителей мягко и без перекосов (отклонение продольной оси каждой пары контактных губок вдоль патрона не должно превышать  $\pm 0,5$  мм); указатели срабатывания патронов предохранителей должны быть обращены вниз и хорошо видны обслуживающему персоналу; патроны должны вкладываться в держатели и извлекаться из них с достаточно большим усилием; замки предохранителей должны прочно удерживать патрон от выпадания его при электродинамических усилиях, создаваемых токами короткого замыкания.

Предохранители заземляют, присоединяя заземляющую шину к фланцам опорных изоляторов, раме или металлической конструкции, на которых они установлены.

**Монтаж измерительных трансформаторов.** Измерительными трансформаторами называют трансформаторы тока и трансформаторы напряжения для понижения тока или напряжения первичной цепи электроустановки до соответствующих величин цепей измерительных приборов, устройств релейной защиты и автоматики.

Трансформаторы тока (рис. 3.10) конструктивно выполняют опорными или проходными, одновитковыми или многовитковыми, с одним или двумя сердечниками. В последние годы промышленность выпускает трансформаторы тока 10 кВ типов ТПЛ-10 и ТКЛ-10 с литой изоляцией.

Первичные обмотки трансформаторов тока изготовляют на номинальные токи от 5 до 10 000 А.

Трансформаторы тока делятся по величине допустимой погрешности на пять классов: 0,2; 0,5; 1; 3 и 10. В промышленных электроустановках применяют в основном трансформаторы тока классов 0,5; 1 и 3.

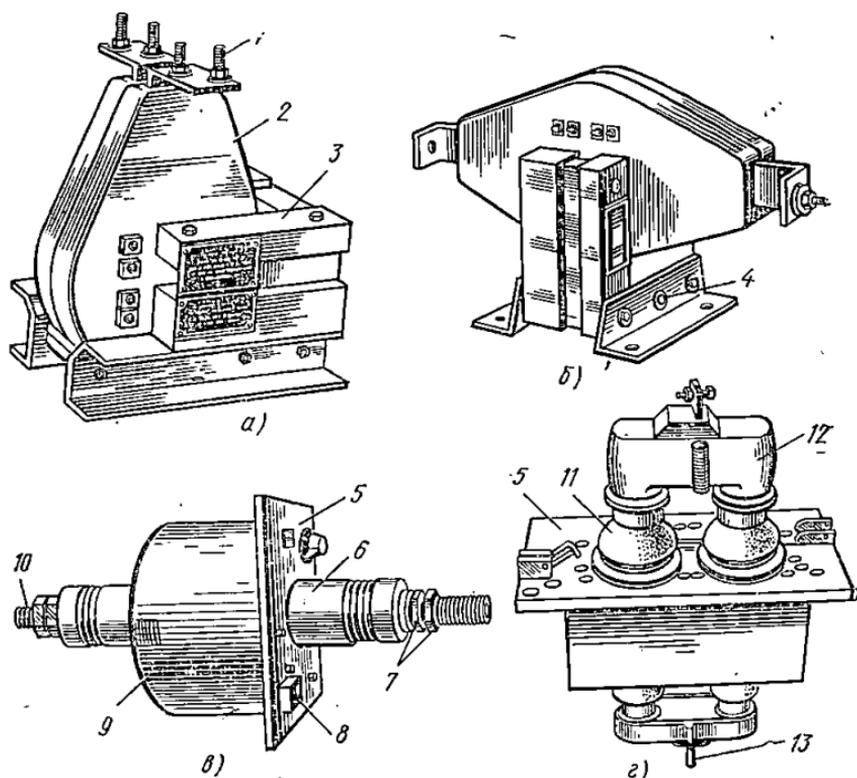


Рис. 3.10. Трансформаторы тока на 10 кВ:

*а* — опорный с литой изоляцией *ТКЛ*; *б* — опорный с литой изоляцией *ТПЛ*; *в* — проходной одновитковый *ТПОФ*; *г* — многovitковый проходной (*ТПФМ*); *1* — вывод с контактными болтами; *2* — литая изоляция; *3* — сердечник; *4* — болт заземления; *5* — фланец; *6* — фарфоровая втулка; *7* — гайки для присоединения шин *РУ*; *8* — выводы вторичной обмотки; *9* — кожух; *10* — токоведущий стержень; *11* — изолятор; *12* — концевая коробка; *13* — вывод первичной обмотки

Подлежащие монтажу трансформаторы тока подвергают ревизии, при которой проверяют: наличие заводских табличек и соответствие указанных на них характеристик данным электроустановки; комплектность аппарата и крепежных деталей; состояние изоляторов (отсутствие на них сколов, трещин, поврежденной глазури), кожуха, (отсутствие вмятин, плотность прилегания

кожуха к изоляторам и т. п.); целостность обмотки; правильность обозначения (полярность) выводов, для этого к ним присоединяют гальванометр с аккумулятором 1—2 В; при правильной полярности стрелка гальванометра будет отклоняться вправо.

Перед монтажом трансформатора тока шаблонами размечают расположение отверстий и конструкций (плит, угольников и т. д.) в месте его установки, затем сверлят отверстия необходимого диаметра и устанавливают конструкции.

Стальные плиты или угольники, на которых размещают проходные трансформаторы тока на 1000 А и более, разрезают и вновь соединяют планками из немагнитного металла с зазором в стыке плиты или угольника 1—2 мм во избежание появления в этих конструкциях замкнутых магнитных контуров и индуктированных токов.

Расстояние от головки (вывода) трансформатора тока до точки крепления подведенной шины на опорном изоляторе должно соответствовать данным проекта. Расстояние между заземленными корпусами проходных трансформаторов тока смежных фаз должно быть не менее 100 мм.

Токоведущие стержни и изоляторы трансформаторов тока не должны испытывать изгибающих усилий от присоединенных к их зажимам шин и проводов.

После установки трансформатор тока присоединяют к шинам распределительного устройства, а к его вторичной обмотке — провода вторичной цепи.

Вторичные обмотки, не присоединенные к приборам, должны быть замкнуты накоротко и заземлены непосредственно на зажимах трансформатора тока для избежания возникновения на вторичной обмотке напряжения опасной величины.

Смонтированный трансформатор тока заземляют. Вторичную обмотку также заземляют с помощью гибкого медного провода, присоединенного к болту заземления на корпусе трансформатора.

Трансформаторы напряжения служат для питания цепей напряжения различных приборов (ваттметров, счетчиков и т. п.) и реле. Первичную обмотку трансформатора напряжения включают параллельно в сеть.

К вторичной обмотке трансформатора напряжения присоединяют соответствующие цепи измерительных приборов и реле. Шкалы включаемых измерительных

приборов должны быть отградуированы в соответствии с номинальным напряжением первичной обмотки.

Трансформаторы напряжения изготавливают однофазными и трехфазными, которые бывают трех- или пяти-стержневыми. Схемы включения этих трансформаторов выбирают в зависимости от системы сети, исполнения трансформатора и его назначения в данной электроустановке.

Трансформаторы напряжения после осмотра и ревизии устанавливают в закрытых РУ на полукамеры или стальных угольниках, а в открытых РУ — на бетонных подушках или стальных конструкциях.

Расстояния между осями фаз и отдельными трансформаторами напряжения должны соответствовать проекту. Для обеспечения нормальных условий охлаждения обмоток расстояние между баками (кожухами) трансформаторов напряжения должно быть не менее 100 мм.

При монтаже трансформатора напряжения в закрытом РУ на съемных угольниках передний угольник устанавливают ребром вниз для удобства подхода к его маслоспускному устройству. Трансформатор располагают так, чтобы его указатель уровня масла был (для удобства наблюдений и контроля) обращен в сторону коридора управления.

Корпус каждого трансформатора напряжения заземляют. Первичные и вторичные обмотки трансформаторов напряжения закорачивают на выводах и надежно заземляют на весь период монтажа.

Присоединяют установленные трансформаторы напряжений к шинам ВН распределительного устройства следующим образом: у трехфазных трансформаторов желтая фаза шин ВН — к выводу А; зеленая — к выводу В; красная — к выводу С.

Вывод высшего напряжения однофазного трансформатора напряжения, имеющий отметку А, можно присоединить к любой из трех шин высокого напряжения.

**Монтаж силовых трансформаторов.** Силовым трансформатором называют аппарат для преобразования (трансформирования) переменного тока одного напряжения в переменный ток другого — более высокого или более низкого напряжения.

По количеству обмоток трансформаторы бывают двух- и трехобмоточными. В промышленных электроустановках для электроснабжения силовых и осветительных

нагрузок применяют трехфазные двухобмоточные трансформаторы.

Основными частями силового двухобмоточного трансформатора (рис. 3.11) являются: магнитопровод 6, представляющий собой собранную из листовой электротехнической стали толщиной 0,35 или 0,5 мм жесткую конструкцию, состоящую из связанных сверху и снизу ярмами

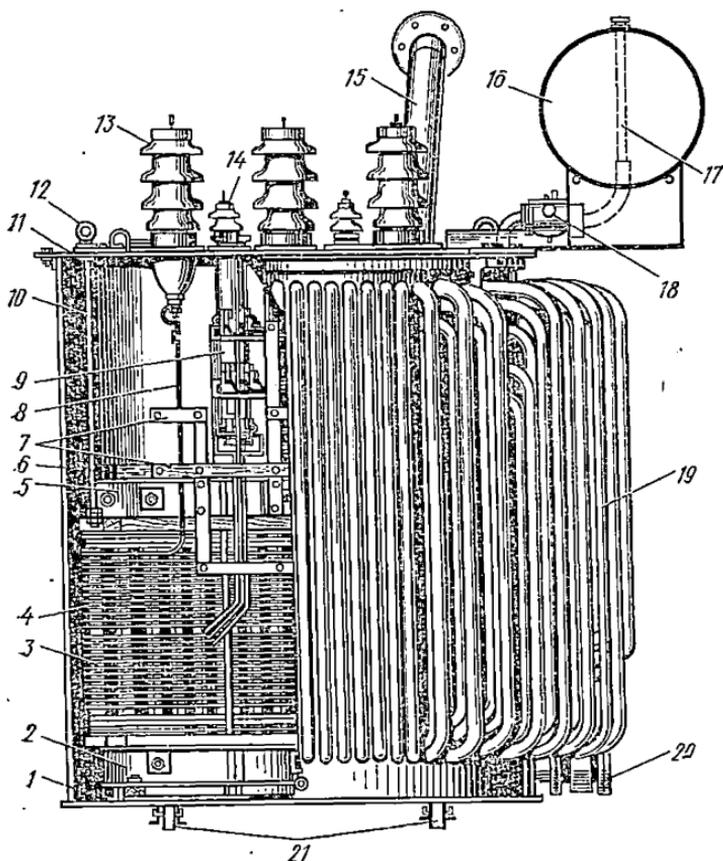


Рис. 3.11. Трехфазный силовой трансформатор мощностью 1000 кВ·А с масляным охлаждением:

1 — бак; 2 — нижняя ярмовая балка магнитопровода; 3 — обмотка ВН; 4 — регулировочные отводы к переключателю; 5 — верхняя ярмовая балка магнитопровода; 6 — магнитопровод; 7 — деревянные планки; 8 — отвод от обмотки ВН; 9 — переключатель; 10 — подъемная шпилька; 11 — крышка бака; 12 — подъемное кольцо (рым); 13 — ввод ВН; 14 — ввод НН; 15 — предохранительная труба; 16 — расширитель (консерватор); 17 — маслоуказатель; 18 — газовое реле; 19 — циркуляционные трубы; 20 — маслоспускной кран; 21 — катки

трех вертикальных стержней, на которых устанавливают обмотки; листы стали ярма магнитопровода спрессованы стальными ярмовыми балками 2 и 5; обмотки, намотанные на цилиндрические каркасы плоскими или круглыми изолированными проводами в один или несколько слоев, обмотка 3 ВН расположена поверх обмотки НН; стальной бак 1 овальной формы с гладкими, ребристыми или трубчатыми стенками; крышка 11 для герметизации бака, а также установки на ней различных приборов и арматуры.

Силовой трансформатор с масляным охлаждением имеет приборы, облегчающие его обслуживание, обеспечивающие защиту внутренних частей от повреждений и предотвращающие быстрое старение трансформаторного масла.

К ним относятся: термометр и термометрический анализатор для контроля температуры верхних слоев масла в баке трансформатора; пробивной предохранитель для защиты персонала и низковольтных аппаратов от высокого напряжения при переходе потенциала с обмоток ВН на обмотки НН вследствие пробоя изоляций между ними; переключатель 9 для регулирования напряжения трансформатора переключением отводов ВН и изменением отношения числа витков обмоток ВН и НН коэффициента трансформации в пределах  $\pm 5\%$ ; газовое реле 18, предохраняющее трансформатор от внутренних повреждений, вызывающих повышенный местный нагрев стали магнитопровода или обмоток, вследствие чего происходит интенсивное разложение окружающего масла и образование газов, воздействующих на контактную систему реле, замыкающую цепь сигнализации, а при особо опасных повреждениях — цепь отключения трансформатора; предохранительная труба 15, соединенная с баком и служащая для отвода газов в атмосферу при бурном образовании их вследствие «пожара» стали и других серьезных внутренних повреждений; вводы 13 и 14, представляющие собой армированные медным стержнем проходные фарфоровые изоляторы для изоляции выводимых из бака концов обмотки и удобного присоединения к ним шин распределительного устройства; расширитель (консерватор) 16, обеспечивающий постоянное заполнение бака трансформатора маслом и компенсирующий изменение (увеличение или уменьшение) объема масла при колебаниях температуры. Расширитель

уменьшает поверхность соприкосновения масла с атмосферным воздухом и защищает масло от увлажнения и окисления.

После общего осмотра трансформатора удаляют временные уплотнения в маслоуказателе и расширителе, а кран маслоуказателя переводят в положение «Открыто». Проверяют сообщаемость маслоуказателя с расширителем и расширителя с баком, для чего сливают через нижний спускной кран небольшое количество масла, наблюдая за его уровнем в маслоуказателе. Если при сливе масла из бака и последующей доливке сухого масла в расширитель уровень масла в стекле маслоуказателя будет изменяться (понижаться, а затем повышаться), то это свидетельствует о нормальной сообщаемости между маслоуказателем, расширителем и баком.

Для того чтобы при доливке масла обеспечить выход воздуха, необходимо открыть пробки на предохранительной трубе, краны на крышке газового реле и бака.

В маслоуказателе уровень масла должен находиться вблизи черты, нанесенной на нем или рядом с ним на расширителе.

При уменьшении количества масла его доливают в бак. Характеристика и качество (диэлектрическая прочность, кислотность, содержание примесей и т. п.) доливаемого масла должны соответствовать характеристике и качеству масла в баке.

Для проверки качества масла, находящегося в баке монтируемого трансформатора, через нижний кран отбирают пробу масла и испытывают его диэлектрическую прочность; пробивное напряжение масла силовых трансформаторов напряжением 10 кВ должно быть не менее 25 кВ. Осматривая и проверяя мегомметром, убеждаются в исправности пробивного предохранителя.

Если трансформатор исправен, уровень масла находится в пределах отметок маслоуказателя, а испытанная в стандартном разряднике диэлектрическая прочность масла не ниже 25 кВ; тогда трансформатор можно устанавливать и включать в работу без сушки.

При необходимости сушки трансформатора производят следующие подготовительные операции: сливают масло из трансформатора в чистые бочки; отвертывают болты, крепящие крышку к баку, и, прикрепив стропы к подъемным кольцам, поднимают выемную часть с по-

мощью подъемных механизмов; устанавливают сердечник трансформатора на помосте высотой 0,3—0,5 м, изготовленном из оструганных досок толщиной 50—60 мм и очищают обмотки и магнитопровод от грязи и шлама, поливая их чистым сухим трансформаторным маслом, подогретым до 40° С; очищают бак от грязи, промывают сухим трансформаторным маслом и опускают сердечник в бак, предварительно укрепив на его обмотках и магнитопроводе 3—4 термодатчики.

Распространенным методом сушки трансформатора является метод индукционных потерь в стали бака, основанный на использовании вихревых токов, создаваемых индукционной обмоткой, наложенной на поверхность стального бака. При прохождении тока по индукционной обмотке его стенки нагреваются, а их тепло передается магнитопроводу и обмотке, находящимся в баке трансформатора.

Для сушки методом индукционных потерь утепляют бак несколькими слоями листового асбеста, поверх которого накладывают намагничивающую обмотку из провода с термостойкой изоляцией. Сечение провода, число витков, напряжение и ток намагничивающей обмотки определяют путем расчета.

Монтаж трансформатора небольшой мощности, поступившего на монтажную площадку в собранном виде, заключается в установке его в специальной камере подстанции или в комплектном устройстве и присоединении к выводам ВН и НН трансформатора шин распределительного устройства.

Полностью смонтированный трансформатор подвергается приемочно-сдаточным испытаниям, в объем которых при мощности трансформаторов до 1000 кВ·А входят: определение условий включения трансформатора без сушки; измерение сопротивления обмоток постоянному току; величина сопротивлений каждой фазы обмотки не должна отличаться от заводских данных более чем на 2%; фазирование трансформатора с сетью и другими параллельно работающими трансформаторами; испытание трансформатора трех-, пятикратным включением его толчком в сеть (при отсутствии нагрузки, присоединенной к трансформатору); испытание диэлектрической прочности и сокращенный анализ масла, взятого из бака трансформатора с соблюдением правил отбора проб масла.

### § 3.4. Расчет заземляющих устройств

Расчет заземляющих устройств производят при проектировании новых или реконструировании существующих заземлений. Путем расчета определяют, исходя из величины безопасных напряжений прикосновения и шага, число электродов заземлителя, их размеры и способ размещения, размеры и сечения соединительных полос и т. д. На основании полученных расчетных данных проектируют заземляющие устройства.

Расчет устройств сложный, так как требует учета значительного числа различных факторов, влияющих на сопротивление заземлителя, поэтому его может выполнять только специалист, имеющий необходимый опыт.

Приведенные далее сведения о расчете заземлений даются только для ознакомления с методикой расчета и применяемыми основными формулами, а также с исходными данными, которые берут в основу расчетов при проектировании заземляющих устройств.

Расчет заземляющих устройств производят в следующем порядке.

1. Определяют расчетный ток замыкания на землю и необходимое сопротивление заземляющего устройства  $R_3$  в зависимости от рода установки. При совмещении заземляющих устройств различных напряжений или назначений в качестве расчетной принимается наименьшая из требующихся величин сопротивлений.

2. Определяют расчетное значение удельного сопротивления грунта ( $\rho_{расч}$ ) в месте заземления.

Удельное сопротивление грунта характеризуют свойства и состояние грунта с точки зрения его электрической проводимости. За единицу удельного сопротивления грунта принимается сопротивление между сторонами кубика грунта с ребрами в 1 см, определяемое по формуле

$$\rho = \frac{RS}{l}, \text{ Ом} \cdot \text{см}, \quad (3.6)$$

где  $R$  — сопротивление объема грунта, Ом;  $S$  — сечение объема грунта, см<sup>2</sup>;  $l$  — длина объема грунта, см.

Удельное сопротивление грунта  $\rho$  иногда выражают в Ом·м\*.

\* Удельное сопротивление 1 Ом·м соответствует сопротивлению между сторонами куба грунта с ребрами в 1 м.

Удельное сопротивление грунта зависит от его состава и состояния, содержания в нем влаги и растворимых веществ, от температуры и ряда других факторов. Оно нестабильно и существенно меняется в зависимости от времени года, вызывая значительные изменения сопротивления заземлителей.

При отсутствии сведений о грунте, его удельное сопротивление может быть принято (для ориентировочных расчетов) равным 10 000 Ом·см.

3. Определяют сопротивление электрода принятых размеров из полосы или трубы по формулам, приведенным в табл. 3.1, принимая в них значение  $\rho = \rho_{расч}$ .

Таблица 3.1

Форма заземлителя	Сопротивление растеканию, Ом
Прямая стальная полоса ( $l$ — длина, $b$ — ширина, $h$ — глубина заложения, $\rho$ — удельное сопротивление грунта)	$R_{пол} = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bh}$
Одиночный трубчатый заземлитель ( $l$ — длина, $d$ — внешний диаметр)	$R_{тр} = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$

4. Определяют способ расположения электродов (в ряд или по контуру) и необходимое их количество.

Расчет необходимого числа заземлителей производят, учитывая явления их взаимозащитывания, которое объясняется взаимодействием токовых потоков, создаваемых ближайшими заземлителями. Следствием взаимозащитывания является повышенное сопротивление системы заземлителей. Поэтому при расчете заземления нельзя считать, что если известно сопротивление единичного заземлителя, то сопротивление  $n$  заземлителей, заложённых в землю на одинаковой глубине и соединённых параллельно, будет в  $n$  раз меньше. Чем больше число заземлителей и чем ближе они расположены друг от друга, тем больше ощущается действие их взаимозащитывания\*.

\* Взаимозащитывание заземлителей полностью устраняется лишь при расположении их на расстоянии около 20 м друг от друга.

Для того чтобы устранить влияние соседних заземлителей, надо бы увеличить расстояния между ними, но этого делать нельзя, так как тогда ухудшатся условия выравнивания потенциала и заземляющие устройства займут значительную площадь. Более целесообразно для уменьшения явления взаимозащитывания располагать заземлители на расстоянии примерно 3—4 м один от другого и при их расчете учитывать действие взаимозащитывания, приводящее к увеличению сопротивления системы заземлителей.

Окончательное количество труб (уголков) в заземлителе уточняют с учетом сопротивления полосы, снижающей общее сопротивление заземлителя.

Размещать заземлители следует в таких местах, где исключена возможность проникновения в грунт нефти или продуктов ее переработки (масел и др.). Нельзя устанавливать заземлители близко от паропроводов и трубопроводов горячей воды, вызывающих высыхание грунта. Пропитка почвы нефтепродуктами и испарение из нее влаги в месте расположения заземлителей вызывают резкое возрастание (иногда в 10 и более раз) их сопротивления растеканию.

### **§ 3.5. Монтаж защитного заземления**

**Защитные функции заземляющих устройств.** Защитное заземление предотвращает опасность поражения людей, возникающую при появлении потенциала опасной величины на частях электроустановок, не находящихся под напряжением. При этом появившееся напряжение снижается до определенной безопасной величины или участок электроустановки отключается.

Появление напряжения на частях оборудования, нормально изолированных от токоведущих частей, частое явление в эксплуатации подстанций. Бывают и случаи возникновения замыканий в результате обрыва токоведущего провода и падения его на заземленное оборудование или на землю. Такие замыкания называются «замыканием на землю».

Замыкания на землю или корпус при неисправности защитного заземления — одна из наиболее частых причин несчастных случаев с теми, кто обслуживает электроустановку или случайно оказывается вблизи нее, так как эксплуатация электроустановок неизбежно связана с ос-

монтажи и мелким ремонтом, в процессе которых обслуживающий персонал находится в непосредственной близости от работающего оборудования или прикасается к нему.

Основной защитной мерой в электроустановках является устройство защитных заземлений. Защитным заземлением называется устройство для обеспечения безопасности, в котором нормально не находящиеся под напряжением металлические части оборудования соединены с землей с помощью заземляющих проводников и заземлителей. Такое устройство можно рассматривать как защитное заземление только в том случае, если оно выполнено с соблюдением соответствующих требований и норм.

В электроустановках с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В применяется защитное заземление, назначением которого является создание между металлическим корпусом защищаемого оборудования и землей электрического соединения достаточно малого сопротивления (рис. 3.12, а). Благодаря этому при прикосновении к оборудованию с поврежденной изоляцией через человека пройдет ток, величина которого не будет опасной для него.

При повреждении изоляции заземленного оборудования или электроустановки ее металлические части оказываются присоединенными к линии. При этом, в случае прикосновения к ним, для тока открываются два пути: через тело прикоснувшегося и через заземление. Чем меньше будет сопротивление цепи заземления, тем большая часть тока будет проходить по этой цепи.

При достаточно малом сопротивлении заземления почти весь ток замыкания проходит через заземление и только небольшая, а поэтому и неопасная для человека часть тока проходит через тело прикоснувшегося.

В городских электрических установках напряжением 380/220 и 220/127 В с заземленной нейтралью применяется система, при которой проводники защитного заземления и все элементы электроустановки, подлежащие заземлению, соединены с заземленной нейтралью трансформатора или генератора (рис. 3.12, б). При таком соединении каждое замыкание токоведущих частей на заземленные части электроустановки превращается в короткое замыкание, вызывающее отключение аварийной установки ближайшим предохранителем или автоматом.

Применение в электроустановках напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью системы «зануления» вызвано тем, что выполнение в этих установках обычного заземления оборудования не обеспечивает требуемой безопасности. Объясняется это следующим. Замыкание на корпус в электроустановке до 1000 В с заземленной

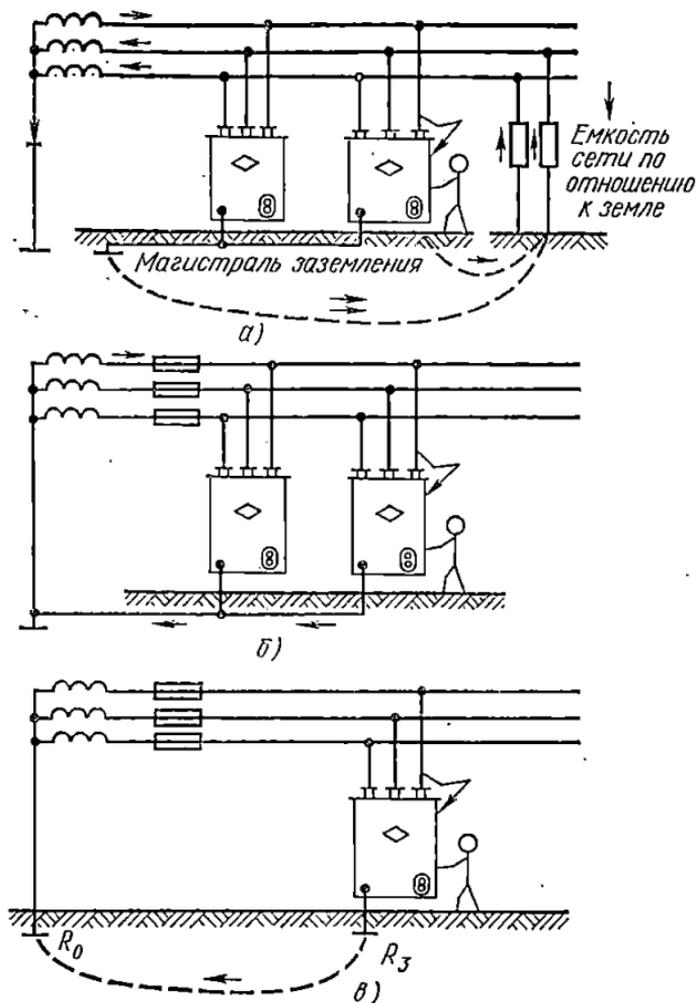


Рис. 3.12. Способы выполнения защитных заземлений: а — в сети с изолированной нейтралью в электроустановках напряжением до 1000 В; б — в сети с заземленной нейтралью (система «зануления»); в — схема пути тока замыкания на землю в системе «зануления» при отсутствии металлической связи между корпусом оборудования и нейтралью трансформатора

нейтралью трансформатора (рис. 3.12, в) сопровождается током

$$I_3 = \frac{U}{R_3 + R_0}, \quad (3.7)$$

где  $U$  — напряжение замыкания, В;  $R_3$  — сопротивление заземления электроустановки, Ом;  $R_0$  — сопротивление заземления нейтрали трансформатора, Ом.

Этот ток будет не всегда достаточным, чтобы вызвать действие автомата или предохранителя и обеспечить отключение электроустановки.

Для обоснования этого утверждения рассмотрим следующий пример.

Пусть в сети напряжением 380/220 В  $R_3$  и  $R_0=4$  Ом ( $R_3=R_0=4$  Ом). При замыкании на корпус ток замыкания  $I_3$  будет иметь величину, определяемую из приведенного выражения

$$I_3 = \frac{220}{4 + 4} = 27,5 \text{ А.}$$

Ток такой величины может вызвать перегорание плавкой вставки с номинальным током до 15 А или действие автомата с током срабатывания до 20 А. При больших токах плавких вставок или автоматов отключения не последует, вследствие чего через заземление  $R$  будет длительно протекать ток  $I_3$  и на металлических корпусах заземленного оборудования будет длительно существовать потенциал

$$U_3 = I_3 R_3 = \frac{U R_3}{R_3 + R_0},$$

величина которого при  $R_3=R_0$  достигнет половины фазного напряжения.

Объясняется это тем, что фазное напряжение 220 В распределяется между сопротивлениями  $R_3$  и  $R_0$  прямо пропорционально их величине, т. е. в данном примере при  $R_3=R_0=4$  Ом поровну (110 В). Это напряжение может оказаться опасным для человека при прикосновении к корпусу оборудования. Опасность увеличится, если будет нарушено равенство сопротивлений  $R_3$  и  $R_0$ . Допустим, например, что  $R_3=4$  Ом, а  $R_0=1$  Ом. Тогда падение напряжения на заземлителе  $R_3$  и, таким образом, напряжение по отношению к земле на корпусе оборудования

$$U_3 = \frac{220 \cdot 4}{5} = 176 \text{ В,}$$

а падение напряжения на сопротивлении  $R_0$

$$U_0 = \frac{220 \cdot 1}{5} = 44 \text{ В.}$$

При обратном соотношении величин сопротивлений  $R_a$  и  $R_0$  ( $R_a < R_0$ ) опасное напряжение может появиться на зануляющих проводниках, а следовательно, и корпусах электроприемников, связанных с нейтралью трансформатора.

Нормальная работа системы «зануления» обеспечивается при условии соблюдения следующих основных требований:

- 1) достаточной величины тока отключения аварийного оборудования;
- 2) быстроты срабатывания отключающих устройств (автоматов предохранителей и др.);
- 3) немедленной ликвидацией обрыва проводников заземления;
- 4) сохранением номинальных значений плавких вставок и токов уставки автоматов при их заменах и ремонтах.

Сравнивая описанные способы выполнения защитных заземлений видно, что их действие заключается в одном случае в снижении тока до величины, безопасной для человека (в установках с изолированной нейтралью), а в другом — в обеспечении быстрого отключения поврежденного оборудования электроустановки (в установках с заземленной нейтралью).

**Требования, предъявляемые к заземляющим устройствам.** Заземляющие устройства в электроустановках напряжением до 1000 В и выше используются для обеспечения безопасности людей и защиты электрооборудования от грозовых и коммутационных перенапряжений.

Для заземлений электроустановок различных назначений и напряжений следует применять одно общее заземляющее устройство. При этом оно должно удовлетворять требованиям, предъявляемым к такому заземлению, которое должно иметь меньшее сопротивление. Так, например, при создании общего заземляющего устройства для двух электроустановок, сопротивления заземления которых должно быть не более 4 и 10 Ом, сопротивление общего заземления должно быть не более 4 Ом.

В электроустановках с глухозаземленной нейтралью при замыканиях на заземленные части должно быть обеспечено надежное автоматическое отключение поврежденных участков сети с наименьшим временем отключения. Для этого в таких установках напряжением до 1000 В обязательна металлическая связь корпусов электрооборудования с заземленной нейтралью электроуста-

новки. Применение заземления корпусов оборудования без металлической связи с нейтралью трансформатора запрещается.

Электроустановки напряжением до 1000 В допускаются как с глухозаземленной, так и с изолированной нейтралью.

В четырехпроводных сетях переменного тока обязательно должно быть глухое заземление нейтрали.

Заземление электроустановок выполняется в обязательном порядке при напряжениях 500 В и выше во всех случаях. При напряжении выше 36 В переменного и и 110 В постоянного токов защитное заземление выполняется в городских наружных установках, а также в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных.

Электроустановки можно не заземлять при номинальных напряжениях 36 В и ниже переменного тока и 110 В и ниже постоянного тока.

Необходимо заземлять следующие установки:

- 1) корпуса трансформаторов, аппаратов, электрических машин, светильников, пусковой аппаратуры и т. п.;
- 2) приводы электрических аппаратов (разъединителей, высоковольтных выключателей и др.);

- 3) вторичные обмотки измерительных трансформаторов тока и напряжения. При этом у трансформаторов тока, устанавливаемых в цепях напряжением 500 В и выше, вторичная обмотка одним полюсом должна быть заземлена на зажимах. У трансформаторов напряжения заземляются нулевые точки, а при соединении их обмоток в «открытый треугольник» — общая точка вторичных обмоток.

Вторичная обмотка шинных трансформаторов тока напряжением до 1000 В, у которых отсутствует изоляция между первичным витком (шиной) и сердечником, находящимся в связи с этим под напряжением, не должна заземляться. В этом случае заземляют присоединяемые к ней цепи.

Вторичные обмотки трансформаторов напряжения, соединенные в звезду или же питающие оперативные цепи защиты и автоматики с оперативным переменным током, можно заземлять через пробивной предохранитель.

4. Каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов.

5. Металлические конструкции распределительных устройств, кабельные конструкции, металлические кор-

пуса кабельных муфт, оболочки и брони контрольных и силовых кабелей, оболочки проводов, стальные трубы электропроводки, крючки и штыри фазных голых проводов и другие металлические конструкции, связанные с установкой электрооборудования, арматуры железобетонных опор.

6. Металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников.

В электроустановках заземлению не подлежат:

1) арматура подвесных и штыри опорных изоляторов, кронштейны и осветительная арматура при установках их на деревянных опорах линий электропередачи и деревянных конструкциях открытых подстанций;

2) оборудование, установленное на заземленных металлических конструкциях; при этом опорные поверхности в месте соприкосновения оборудования с конструкцией должны быть тщательно зачищены для обеспечения между ними электрического контакта;

3) корпуса электроизмерительных приборов (амперметров, вольтметров и т. д.), реле и т. п., установленных на щитах, щитках, шкафах, а также на стенах камер распределительных устройств;

4) рельсовые пути, выходящие за территорию подстанций и распределительных устройств;

5) съемные или открывающиеся части на металлических заземленных каркасах и камерах распределительных устройств, ограждений, шкафов, дверей и т. п.

**Заземлители.** В заземляющих устройствах могут быть использованы естественные и искусственные заземлители.

Естественными заземлителями называются металлические сооружения, которые можно использовать для заземления.

Предпочтительнее использовать естественные заземлители, так как при этом не только достигается экономия металла, но отпадает необходимость выполнения значительного объема работ, требующих больших затрат труда и времени.

В качестве естественных заземлителей используют:

1) проложенные под землей водопроводные и другие металлические трубопроводы, а также обсадные трубы; 2) металлические конструкции и арматура железобетонных конструкций зданий и сооружений, соединенные с землей; 3) металлические шпунты гидротехнических со-

оружений; 4) свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле.

Если оболочки кабелей служат единственными заземлителями, то в расчете заземляющих устройств они должны учитываться только при числе кабелей не менее двух.

Естественные заземлители должны быть связаны с заземляющими магистралями электроустановки не менее чем двумя проводниками, присоединенными к заземлителю в разных местах.

В качестве естественных заземлителей нельзя использовать: 1) трубопроводы горючих жидкостей, горючих или взрывчатых газов, а также трубопроводы, покрытые изоляцией для защиты от коррозии; 2) алюминиевые оболочки кабелей и голые алюминиевые проводники.

Величину сопротивления растеканию естественных заземлителей определяют с помощью измерений.

В тех случаях, когда естественные заземлители вблизи электроустановки отсутствуют, используют искусственные заземлители.

Искусственными заземлителями называются специально устанавливаемые в земле металлические конструкции, предназначенные для присоединения к ним заземляющих проводников.

В качестве искусственных заземлителей применяют: 1) вертикально погруженные в землю стальные трубы, уголковую сталь, металлические стержни и т. п.; 2) горизонтально проложенные в земле стальные полосы, круглую сталь и т. д.

Наименьшие размеры стальных заземлителей и заземляющих проводников приведены в табл. 3.2.

При опасности усиленной коррозии следует применять оцинкованные или омедненные заземлители.

Расположенные в земле заземлители и заземляющие проводники не должны иметь окраски.

В электроустановках наиболее широко распространены искусственные заземлители из стальных труб, стержней и уголков. Это позволяет не только обеспечить сравнительно легкое погружение их в землю на требуемую глубину, но и создать таким образом механически прочный заземлитель с достаточно малым сопротивлением.

Испытания заземлителей из труб и стержней различных диаметров позволяют считать, что наиболее подходящими для заземлителей являются трубы и стержни диаметром 18—20 мм. Увеличение диаметра труб и стержней

Таблица 3.2

Наименование заземлителя	Места установки заземлителей		
	в зданиях	в наружных установках	в земле
Круглые с диаметром, мм	5	6	6
Прямоугольные: сечением, мм <sup>2</sup>	24	48	48
толщиной, мм	3	4	4
Угловая сталь с толщиной полюк, мм	2	2,5	4
Стальные газопроводные тру- бы с толщиной стенок, мм	2,5	2,5	3,5
Стальные тонкостенные тру- бы с толщиной стенок, мм	1,5	Не допускается	

ней больше 20 мм нецелесообразно, так как это резко увеличит расход металла, а полученный эффект будет незначителен. Так, при увеличении диаметра трубы длиной 3 м с 20 до 50 мм ее сопротивление (в грунте с сопротивлением 10 000 Ом·см) уменьшится примерно на 15%. Если увеличение диаметра трубы или стержня существенно не влияет на снижение сопротивления растеканию, то этого нельзя сказать о длине. Увеличение длины трубы диаметром 50 мм с 1 до 3 м уменьшает сопротивление растеканию почти в 2,5 раза. В качестве электродов заземлителей наиболее часто применяют отрезки труб или уголка длиной 2,5—3 м. При такой длине электродов уменьшается влияние промерзания грунта.

При выборе электродов заземлителя надо использовать угловую сталь, так как сопротивление растеканию электрода из уголка будет меньше сопротивления одинаковой по весу трубы.

Заземлители располагают в земле так, чтобы их верхние концы были ниже уровня земли на 0,5—0,7 м. Это позволяет снизить сопротивление растеканию заземлителей до 5%, а также уменьшить колебания величин сопротивления заземлителей, связанных с изменениями внешней температуры.

**Заземляющие проводники.** В качестве заземляющих проводников можно использовать: а) нулевые проводники сети; б) металлические конструкции зданий (фермы, колонны) и конструкции производственного назначения (каркасы распределительных устройств, подкрановые

пути и т. п.); в) стальные трубы электропроводок; г) алюминиевые оболочки кабелей; д) металлические стационарно открыто проложенные трубопроводы всех назначений, кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных смесей, канализации и центрального отопления.

Эти проводники должны быть надежно соединены с заземляющим устройством или нулевым проводом в помещениях, где применяется заземление.

Указанные проводники или их части могут служить единственными заземляющими проводниками, если они по проводимости удовлетворяют требованиям ПУЭ.

Стальные заземляющие проводники должны быть проложены открыто. Это требование не относится к нулевым жилам и металлическим оболочкам кабелей, трубопроводам скрытой электропроводки, к находящимся в земле металлоконструкциям, а также к проводникам заземления, проложенным в трубах. Сечения стальных заземляющих проводников должны быть не менее значений, приведенных в табл. 3.2.

В качестве заземляющих проводников или заземлителей использование голых алюминиевых проводников для прокладки в земле запрещается.

В электроустановках напряжением до 1000 В медные или алюминиевые заземляющие проводники должны иметь сечения не менее значений, приведенных в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Наименование проводников	Используемые материалы	
	медь	алюминий
Голые 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	1,5

**Монтаж заземлителей.** Заземлители являются наиболее важной частью заземляющих устройств и поэтому монтировать их можно только при наличии утвержденного проекта.

Материал, конструкция, количество и взаимное расположение электродов (стержней) заземлителя, расстоя-

ния между ними и глубина их погружения в землю должны соответствовать проекту.

Электроды устанавливают в земле строго вертикально. Для установки роют траншею глубиной 0,7 м и шириной в основании 0,5—0,6 м, после чего забивают стержень или с помощью механизмов погружают его в грунт.

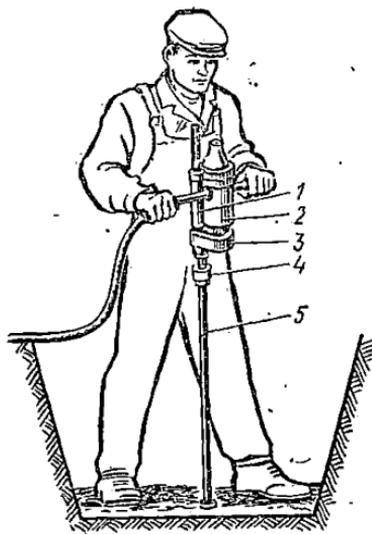


Рис. 3.13. Погружение стержневого электрода заземлителя в грунт методом ввертывания:

1 — шпиндель; 2 — электросверлилка; 3 — редуктор; 4 — патрон трехлапчатый; 5 — стержневой электрод

шпинделем, на нижнюю часть которого накрут трехлапчатый патрон.

Вертикальные электроды заземлителя забивают (ввертывают) в траншею так, чтобы верхняя часть электрода (трубы, стержня или уголка) выступала над дном траншеи на 100—150 мм для присоединения к ней стальной соединительной полосы. В качестве соединительных полос (полос связи) заземлителей применяют стальную круглую проволоку (катанку) диаметром не менее 6 мм или прямоугольную стальную полосу толщиной не менее 4 мм и сечением не ниже 48 мм<sup>2</sup>.

Существует несколько способов погружения стержневой заземлителей в грунт, однако наиболее простым и эффективным является ввертывание стержней с помощью простого механизма, сконструированного на базе электросверлилки И-66 (рис. 3.13).

Стальной стержневой электрод диаметром 12 мм, длиной 4—4,5 м с одного конца заостряется и на него в виде спирали надевается, а затем приваривается «забурник» (растянутая разрезанная шайба), в результате чего этот конец стержня приобретает вид, сходный с буровом.

Ввертывание стержневого электрода в грунт производится электродвигателем электросверлилки, соединенным с редуктором и полым

Соединительную полосу или магистраль заземления присоединяют к электроду заземлителя с отступлением от его верхней кромки на 50—60 мм. Соединяют полосы связи между собой, с электродами заземлителя и заземляющими проводниками, находящимися в земле, только сваркой.

Присоединяют заземляющую магистраль к естественным и искусственным заземлителям в двух местах.

При скрытой прокладке ввода заземляющих магистралей и проводников в здание должны быть нанесены или установлены опознавательные знаки, например нарисованный краской на стене круг с расположенной в нем буквой «З» или установленный репер со стрелкой, показывающей направление ввода заземления в помещение. При открытой прокладке ввод должен быть заключен в стальную трубу для защиты от механических повреждений.

Установка электродов заземлителя и прокладка заземляющих проводников в земле оформляются актом на скрытые работы.

Расстановку заземлителей и трассу заземляющего проводника, проложенного в земле и соединенного с заземлителем, наносят на план с указанием расстояний от постоянных ориентиров.

**Прокладка заземляющих проводников в помещении.** Заземляющие проводники прокладывают по конструкциям зданий вертикально или горизонтально.

Опорные конструкции устанавливают на прямых участках на расстоянии 500—900 мм друг от друга. При прокладке заземляющих проводников параллельно полу конструкции располагают на высоте 400—600 мм от уровня пола помещения, а в местах поворота — на расстоянии 100 мм до и после поворота, считая это расстояние от вершины угла, образуемого заземляющим проводником.

Опорные конструкции в сырых и особо сырых помещениях и в помещениях с едкими парами должны устанавливать с таким расчетом, чтобы укрепляемые на них заземляющие проводники были отдалены от поверхности стены или потолка не менее чем на 10 мм.

Проход заземляющих проводников через перекрытия выполняется в отрезках стальных труб, выступающих с обеих сторон над перекрытием на 30—40 мм.

Соединяют шины сваркой с помощью электросварочных трансформаторов или газосварочных аппаратов.

Наиболее простым и надежным способом соединения стальных заземляющих проводников круглого и прямоугольного сечений является их термитная сварка в специальном тигле.

Заземляющие проводники окрашивают в черный цвет, нанося на предварительно очищенную от ржавчины и грязи поверхность проводников черный лак марки Л в два слоя.

Правилами устройства электроустановок допускается окраска открытых заземляющих проводников в иные цвета (под цвет стен, панелей и т. п.), но при этом в местах присоединений и ответвлений должны быть нанесены две полосы черного цвета шириной 10 мм на расстоянии 150 мм друг от друга.

**Заземление электрооборудования подстанций.** Аппараты и конструкции подстанций должны быть надежно присоединены к заземляющей магистрали или непосредственно к заземлителю.

Для болтового присоединения стального заземляющего проводника прямоугольного сечения к корпусу аппарата или к металлоконструкции на конце проводника сверлят отверстие диаметром на 1 мм больше диаметра заземляющего болта. Если же присоединяемый заземляющий проводник имеет круглое сечение, то к его концу приваривают кусок плоской шины с отверстием соответствующего диаметра.

Присоединять заземляющие проводники к оборудованию, которое часто подвергается демонтажу, рекомендуется гибкими проводниками соответствующих сечений с наконечниками, имеющими отверстия под болт.

Места болтовых присоединений заземляющих проводников к корпусам аппаратов и заземляемым металлическим конструкциям должны быть хорошо зачищены и покрыты техническим вазелином для предохранения от окислений и ухудшения контакта между ними.

### **§ 3.6. Безопасные приемы монтажа трансформаторных подстанций**

Действующими установками считаются такие, которые полностью или частично находятся под напряжением или на них в любой момент может быть подано напряжение путем включения коммутационной аппаратуры.

Недействующие установки такие, которые не находятся под напряжением и для включения их необходимо выполнить несколько операций (снятие ограждений, плакатов с приводов аппаратуры включения, установку предохранителей). Недействующими считаются и установки, находящиеся в монтаже, на которые невозможно подать напряжение.

В соответствии с требованиями правил техники безопасности работы, проводимые в действующих электроустановках (подстанции, распределительные пункты, кабельные и воздушные линии), для обеспечения безопасности делятся на следующие виды работ: выполняемые при полном снятии напряжения; при частичном и без снятия напряжения, проводимые вблизи и на токоведущих частях, находящихся под напряжением.

*Работой при полном снятии напряжения* считается такая, которая проводится в открытой электроустановке или расположенной в отдельном помещении, где со всех токоведущих частей снято напряжение и где нет незапертого входа в соседнюю электроустановку под напряжением свыше 1000 В. Если в этом помещении есть сборки под напряжением до 1000 В, то они могут оставаться под напряжением и на время работы.

При ремонте электроустановок необходимо отключать напряжения с той части установки, на которой выполняются работы. Поэтому, как правило, все работы следует выполнять при полностью снятом напряжении.

*Работой с частичным снятием напряжения* считается такая, которая проводится в открытой электроустановке или расположенной в отдельном помещении, где снято напряжение только с тех присоединений или участков, на которых выполняют работу или где напряжение полностью снято, но есть незапертый вход в соседнюю электроустановку, находящуюся под напряжением свыше 1000 В.

*Работу на установках, находящихся под напряжением*, проводят как исключение при соблюдении соответствующих мер предосторожности и требований по технике безопасности.

*Работами без снятия напряжения вблизи и на токоведущих частях*, находящихся под напряжением, считаются такие, при которых принимаются специальные технические или организационные меры, предотвращающие возможность приближения работающих к токоведущим частям на недопустимо малые расстояния (в установках

до 15 кВ — ближе 0,7 м), или работы, проводимые на токоведущих частях с помощью специальных изолирующих защитных средств и приспособлений.

При работах должны быть отключены токоведущие части. Если их отключить нельзя, то они должны быть ограждены. При установке временных (переносных) ограждений расстояние между ограждением и этими частями должно быть не менее 35 см (на установках напряжением до 15 кВ).

*Работами без снятия напряжения, выполняемыми вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением, считаются такие, при которых исключено случайное приближение работающих людей к токоведущим частям, машинам и механизмам.*

Монтажные и ремонтные работы на высоте выполняют с лесов и подмостей. Если последние имеют ограждения, работать можно без предохранительных поясов. Небольшие по объему работы и без снятия напряжения на открытых подстанциях и воздушных линиях электропередачи ведутся непосредственно с опор, конструкций, настилов без ограждений. Для многих работ на высоте пользуются приставными лестницами и стремянками.

Основным страхующим средством от падения во время верхолазных работ является предохранительный пояс, который применяют только при наличии паспорта пояса, где сделана отметка о сроке испытания. Пояс испытывают не реже одного раза в полгода.

Нельзя бросать инструмент или детали работающему на высоте; их подают, привязывая к одному концу веревки, а второй ее конец удерживает стоящий внизу работник во избежание раскачивания подаваемого предмета.

Настил на лесах и подмостях выполняют из досок толщиной не менее 50 мм, шириной не менее 1 м с высотой проходов на лесах 1,8 м. Настил должен быть ровным, зазоры между досками могут быть не более 1 см. Ограждение настилов состоит из поручня, одного промежуточного элемента и бортовой доски высотой 15 см. Высота ограждения не менее 1 м.

Приставные лестницы изготовляют длиной не более 5 м, а работу с них производят на высоте до 4 м, т. е. на две верхние ступеньки вставлять нельзя. Материалом для лестниц служит выдержанное сухое дерево без сучков. Для предохранения от гниения лестницу покрывают олифой или прозрачным лаком. Красить лестницу не разре-

шается, так как под краской могут быть скрыты сучки, трещины, изломы, снижающие ее прочность. Испытания на прочность делают не реже одного раза в год.

Перекладыны деревянных лестниц врезают в тетивы, а не прибивают гвоздями. При монтаже электроаппаратуры используют не приставные лестницы, а лестницы-стремянки с верхними площадками.

Для обеспечения безопасности работы (во избежание скольжения) приставные лестницы и лестницы-стремянки оконцовывают металлическими шипами, если пол деревянный, торцовый или земляной; если же пол деревянный крашенный, паркетный, бетонный, асфальтовый или наборный из плиток, то — резиновыми наконечниками.

В электроустановках при монтажных и ремонтных работах часто возникает необходимость в подъеме и перемещении грузов. К управлению и обслуживанию грузоподъемной машины, к работам по обвязыванию грузов и подвешиванию их на крюк, а также к обслуживанию вспомогательных грузозахватных приспособлений и к выполнению обязанностей сигнальщиков допускают лиц не моложе 18 лет после медицинского освидетельствования.

Подъем и перемещение грузов, превышающих грузоподъемность машины, категорически запрещается.

Одним из основных требований к подъемным устройствам является наличие надежного тормоза. Электрические лебедки, краны имеют зубчатую передачу с электромагнитным тормозом. Рубильники, магнитные пускатели, предохранители оборудуют запорным устройством.

Лебедки снабжают двойным тормозом, состоящим из ленточного и храпового устройств.

Домкраты имеют стопор, исключаящий самопроизвольное опускание груза при снятии усилия с рычага или рукоятки. Винтовые и реечные домкраты оборудованы стопором для предотвращения выхода из гнезда в винте или рейке.

В действующих электроустановках организация работ регламентирована соответствующими правилами безопасности во избежание возможности поражения работающих током. Это необходимо не только из-за наличия напряжения на близко расположенном от работающих оборудовании, но и потому, что на одном и том же отключенном для ремонта электрическом присоединении могут работать несколько бригад.

В действующей электроустановке работы проводят только по наряду, устному или телефонному распоряжению.

Нарядом на работу называется письменное распоряжение, определяющее место, время начала и окончания работы и условия ее безопасного выполнения, состав бригады и лица, ответственные за безопасность работающих.

Работы с полным или частичным снятием напряжения, а также без снятия напряжения вблизи и на токоведущих частях, находящихся под напряжением, выполняют по наряду.

По окончании работ наряд ежедневно сдают дежурному. Когда работа закончена полностью, наряд подписывает (закрывает) ответственный руководитель работы и старший дежурный.

Перед началом работы ответственный руководитель, производитель работы и старший дежурный проверяют, выполнены ли все меры безопасности, и только после этого старший дежурный приступает к допуску бригады. По удостоверениям он проверяют, соответствует ли состав бригады и квалификация ее членов записи в наряде и содержание работы; объясняет, откуда снято напряжение, где наложены заземления, какие части поблизости остались под напряжением; убеждается, что все, изложенное им, бригадой понято. Затем допускающий дает разрешение производителю работ начинать работу и вручает ему наряд. После допуска производитель работ не имеет права отлучиться с места работы и оставить бригаду без надзора. Допуск к работе производится ежедневно.

Защитными средствами называются приборы, аппараты, приспособления и устройства для защиты персонала от поражения электрическим током, ожогов электрической дугой, механических повреждений, падения с высоты и т. д. (рис. 3.14).

Все изолирующие защитные средства делятся на основные и дополнительные.

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

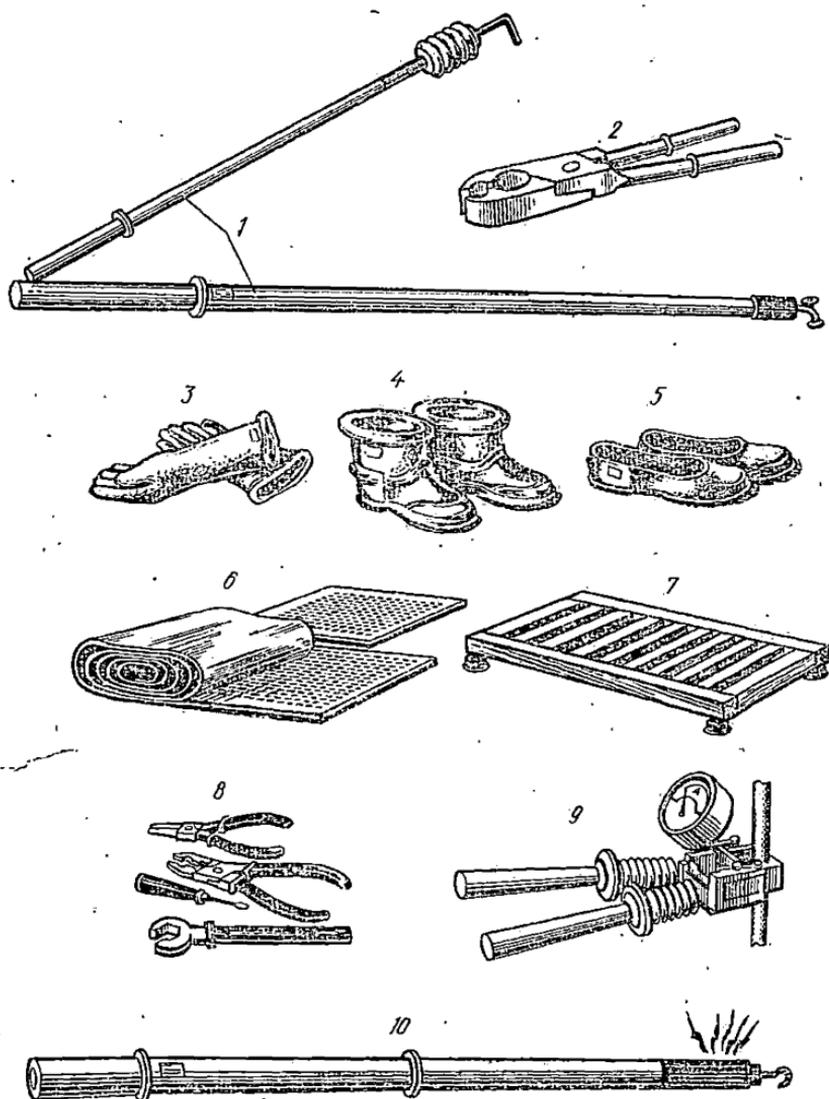


Рис. 3.14. Защитные средства, применяемые в электроустановках:  
 1 — изолирующие штанги; 2 — изолирующие клещи; 3 — диэлектрические перчатки; 4 — диэлектрические боты; 5 — диэлектрические галоши; 6 — резиновые коврики и дорожки; 7 — изолирующая подставка; 8 — монтерский инструмент с изолирующими ручками; 9 — токоизмерительные клещи; 10 — указатель напряжения

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

Основные защитные средства изготавливают из материалов с устойчивой диэлектрической характеристикой (пластмассы, бакелита, фарфора, эбонита, гетинакса, дельта-древесины и др.).

Дополнительными называются защитные средства, которые при данном напряжении сами не могут обеспечить безопасность от поражения током. Они являются дополнительной мерой защиты, а также служат для защиты от напряжения прикосновения и шагового напряжения, от ожогов дугой и продуктов ее горения.

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

Применяемые при работе защитные средства должны быть испытаны в соответствии с нормами и сроками, указанными в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Наименование защитных средств	Напряжение электроустановки, В	Периодичность	
		испытаний	осмотров
Изолирующие клещи	До 10 кВ	1 раз в год	1 раз в 6 месяцев
То же	До 1000	1 раз в 2 года	1 раз в год
Указатели напряжения	До 500	1 раз в год	Перед употреблением
Монтерский инструмент с изолирующими ручками	До 1000	То же	То же
Перчатки резиновые	До 1000	1 раз в 6 месяцев	»
То же	Свыше 1000	То же	»
Галоши диэлектрические	До 1000	1 раз в год	1 раз в 6 месяцев

При прокладке кабелей в помещении трансформаторной подстанции соблюдаются все меры безопасности при работе в действующих электроустановках. Оперативная бригада подготавливает заранее рабочее место, отключает напряжение с того участка электроустановки, в которой будут производить работы.

Ремонтные или монтажные работы на кабельных линиях выполняют по наряду. Кабель, подлежащий ремонту, должен быть отключен со всех сторон питания, а концы его заземлены или изолированы резиновыми колпаками на сборках в стесненных условиях, где наложение переносных заземлений опасно или невозможно. Только после выполнения всех подготовительных работ бригада допускается к производству основных работ по прокладке или ремонту кабеля.

После окончания монтажа или ремонта кабельных линий измеряют сопротивление изоляции кабеля.

Перед началом измерения сопротивления изоляции электрооборудования и кабельных линий необходимо убедиться, нет ли людей, выполняющих работу на части электроустановки, к которой присоединен мегомметр. Если на этой электроустановке находятся люди, их следует предупредить о подаче напряжения от мегомметра и запретить им касаться токоведущих частей, а если необходимо, установить охрану в незапертом помещении или у колодца (траншеи, котлована), где имеются оголенные концы кабеля и могут появиться люди. Можно принять и другие меры (ограждения, изоляции и т. д.), исключающие возможность прикосновения к кабелю.

# МОНТАЖ ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10 кВ

### § 4.1. Основные сведения о воздушных линиях

Электрической воздушной линией (ВЛ) называется устройство для передачи и распределения электрической энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным к опорным конструкциям с помощью изоляторов и арматуры. Несколько воздушных линий, объединенных в пределах определенной территории или предприятия, образуют воздушную сеть.

Широкому распространению воздушных линий и сетей способствуют их технические и экономические преимущества: незначительность объема земляных работ при постройке; простота эксплуатации и ремонта; возможность использования опор этих линий напряжением до 1000 В для подвешивания на них проводов радиосети, местной телефонной связи, наружного освещения, телеуправления, сигнализации; сравнительно низкая стоимость сооружения (примерно на 20—30% ниже стоимости кабельных линий такой же протяженности).

При сооружении воздушных линий должны учитываться местные климатические условия, а также возможность гололедных образований на проводах, которые очень опасны, так как создают дополнительно на всех элементах линии значительные механические нагрузки, способные вызвать обрыв проводов и даже разрушение опор ВЛ.

Район гололедности характеризуется толщиной стенок льда, образуемого на проводах воздушной линии. По этому признаку различают четыре района: I и II районы — толщина стенок льда на проводе 5 мм; III район — 10 мм; особый район — 15 мм.

Если толщина стенок льда на проводе превышает 20 мм, то эту местность относят к особо гололедному району.

Основными элементами воздушной линии напряжением до 10 кВ являются опоры, провода, изоляторы и арматура (крюки и штыри).

Опоры воздушных линий делятся на промежуточные и анкерные. Промежуточные служат для поддержания проводов линии на требуемой высоте, анкерные не только поддерживают провода, но и воспринимают нагрузки, вызванные натяжением проводов в анкерном пролете. Их устанавливают на трассе ВЛ между промежуточными опорами через определенные расстояния, в начале и конце линии, в точках изменения ее направления, а также по сторонам перехода ВЛ через препятствия (дороги, овраги, реки и т. п.).

При наличии анкерных опор одностороннее натяжение линии, вызванное обрывом проводов, локализуется в пределах анкерного пролета, сохраняя таким образом остальную часть ВЛ от разрушения.

При сооружении ВЛ подвешивание, регулирование стрелы провеса и крепление проводов к арматуре производится по анкерным пролетам.

Опоры ВЛ изготавливают из дерева или железобетона. Для ВЛ напряжением до 10 кВ применяют в основном деревянные опоры, что обусловлено простотой их обработки и дешевизной по сравнению с железобетонными.

Для продления срока службы деревянные опоры делают составными, сопрягая деревянную стойку с железобетонной приставкой (пасынком).

Конструкции наиболее распространенных промежуточных и анкерных деревянных составных опор показаны на рис. 4.1, а способы сопряжения стоек опор с приставками (пасынками) — на рис. 4.2.

Для сопряжения деревянной стойки с приставкой ее нижнюю (комлевую) часть на длине 1,5 м отесывают на плоскость шириной 100—150 мм. На такую же длину и ширину обрабатывают и деревянную приставку. Плоскости должны кончаться перпендикулярной зарубкой. Стык сопрягаемых деталей должен быть плотным, без просветов. На стойке и приставке намечают линии накладки бандажей и делают небольшие выемки для болтов, стягивающих бандажи. По окружности стойки и приставки на ширине бандажей (50—60 мм) устранивают неровности для лучшего скрепления бандажами деталей опоры.

Скрепление бандажами стойки опоры с двумя приставками выполняют аналогично скреплению стойки с

одной приставкой, но в этом случае стойку опоры обрабатывают с двух сторон. Каждую приставку присоединяют к стойке отдельными бандажами.

Провода ВЛ напряжением до 1000 В могут быть однопроволочные или многопроволочные из алюминия, стали

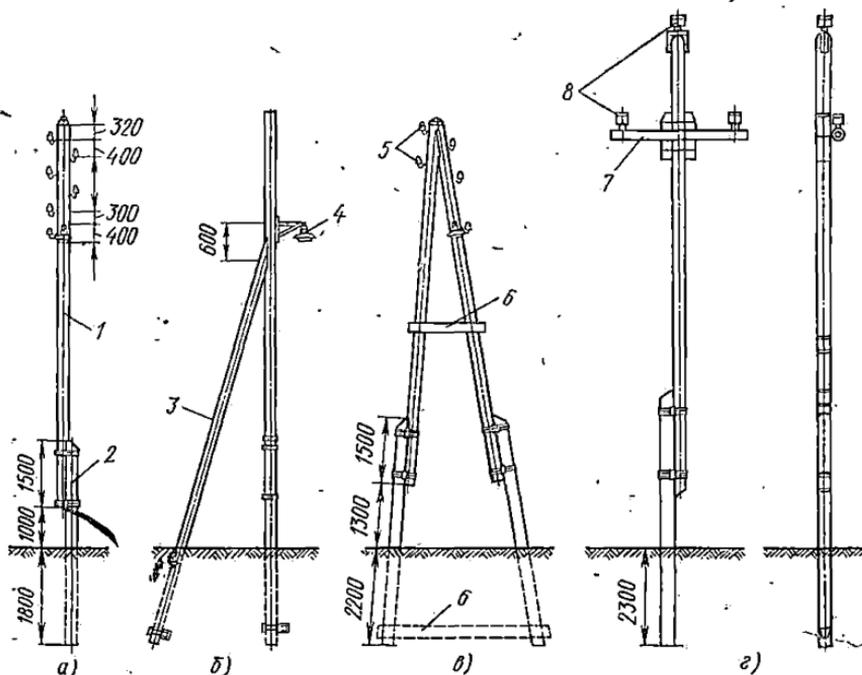


Рис. 4.1. Конструкции деревянных опор ВЛ напряжением до 10 кВ:

*a* — промежуточная до 1 кВ; *б* — угловая с подкосом до 1 кВ; *в* — анкерная А-образная до 1 кВ; *г* — промежуточная на 6 и 10 кВ; *1* — стойка; *2* — приставка; *3* — подкос; *4* — светильник; *5* — низковольтные изоляторы; *6* — верхний и нижний ригели; *7* — траверса; *8* — высоковольтные изоляторы

или биметалла; на 6 и 10 кВ — многопроволочные стальные, алюминиевые и сталеалюминиевые.

По условиям механической прочности на воздушных линиях до 1 кВ применяются провода сечением не менее: 16 мм<sup>2</sup> — для алюминиевых; 25 мм<sup>2</sup> — для стальных многопроволочных; 4 мм — для однопроволочных. Применять расплетенные провода запрещается.

На линиях 6 и 10 кВ применяют провода сечением не менее 25 мм<sup>2</sup>.

Изоляторы для закрепления и изоляции проводов воздушных линий изготовляют из фарфора или стекла. Последние по своей механической прочности соответствуют фарфоровым изоляторам.

Крюки и штыри, применяемые для воздушных линий, изготовляют из конструкционной стали марки Ст3.

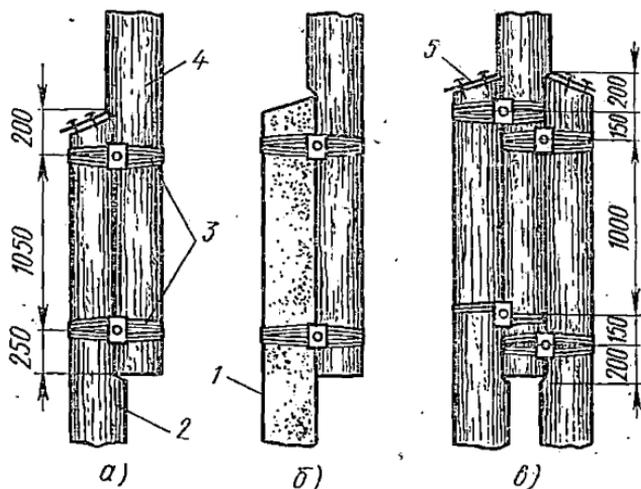


Рис. 4.2. Способы сопряжения деревянных стоек опор с приставками (пасынками):

*а* — с одной деревянной; *б* — с одной железобетонной; *в* — с двумя деревянными; *1* — железобетонная приставка; *2* — деревянная приставка; *3* — бандаж; *4* — стойка; *5* — слой толя

Штыри изготовляют двух типов: ШТ-2Д и ШТ-3Д с удлиненной хвостовой частью для деревянных траверс; ШТ-2С и ШТ-3С с укороченной хвостовой частью для стальных траверс.

Монтаж ВЛ состоит из следующего комплекса основных работ: разбивки трассы, рытья котлованов, установки опор и монтажа проводов ВЛ.

## § 4.2. Монтаж воздушной линии

**Разбивка трассы ВЛ.** Разбивкой трассы ВЛ называют работы по определению направления линии и мест установки опор, выполняемые в соответствии с проектом.

Трасса ВЛ должна быть проложена так, чтобы обеспечивались: требуемые расстояния от опор и проводов до различных надземных и подземных сооружений; нормальные условия движения транспорта и пешеходов; удобства эксплуатационного обслуживания и ремонта всех элементов линии.

Разбивку трассы низковольтной линии начинают с определения теодолитом направления первого прямолинейного участка линии, а затем по этому направлению роют котлованы под опоры.

*Рытье котлованов.* Котлованы должны быть вырыты с таким расчетом, чтобы наименьшие допустимые расстояния установленных в них опор до различных трубных прокладок (газопроводов, теплопроводов и др.) составляли не менее чем 1 м, до пожарных гидрантов и канализационных люков — 2 м; до бензоколонок — 5 м.

При массовой установке опор котлованы роют с помощью автоямобуров. Ручная выемка грунта может быть допущена в стесненных условиях или при небольшом объеме земляных работ.

Глубина котлованов под опоры ВЛ должна соответствовать проекту и определяется в зависимости от характера грунта, конструкции и высоты опоры, общего сечения проводов линии, подвешиваемых на ней, а также от района гололедности (табл. 4.1).

К рытью котлованов приступают перед установкой опор, чтобы готовые котлованы оставались открытыми не более суток во избежание обвала их стенок и скопления в них воды при дожде или таянии снега.

Площадь основания котлована должна допускать перемещения комля опоры на 10—15 см поперек оси линии (для более точной установки опоры в створе с другими опорами линии).

К готовым котлованам подвозят опоры и укладывают так, чтобы было удобно производить их подъем и установку.

*Установка опор.* При установке опор ВЛ применяют специальные механизмы, например столбоставы. Вручную устанавливают только одностоечные опоры, используя багры и хвататы.

Устанавливать опору в котловане надо так, чтобы кривизна опор и плоскости соединения стойки опоры с приставкой были направлены вдоль оси трассы ВЛ. После установки опоры котлован засыпают землей настолько,

Таблица 4.1

Характеристика грунта	Размеры заглубления опор, м				
	при общем максимальном сечении про- водов на опоре, мм <sup>2</sup>	при полной высоте опоры от по- верхности земли, м			
		до 8,5	11—12	до 8,5	11—12
		ручная разра- ботка грунта.		механизированная разработка грунта (автобуром)	
Суглинки, супески, гли- ны, насыщенные водой, при расчетном напряже- нии на грунт 1 кгс/см <sup>2</sup>	{150 300	1,8 2,3	2,2 2,5	1,6 1,8	1,8 2,0
Глины, суглинки и су- пески: естественной влажно- сти, лёсс сухой, пе- сок мокрый мелкий при расчетном напря- жении на грунт 1,5— 2 кгс/см <sup>2</sup>	{150 300	1,5 1,9	1,8 2,2	1,4 1,6	1,5 1,8
Глина плотная, глина с галькой и валунами, галька с песком, щебень, скальный грунт при рас- четном напряжении на грунт 2,5 кгс/см <sup>2</sup>	{150 300	1,4 1,7	1,6 2,0	1,2 1,4	1,3 1,6

Примечание. Размеры заглублений анкерных, концевых и угловых опор определяют, увеличивая размеры заглубления промежуточной опоры: на 5% — для анкерных; 20% — для концевых и угловых.

чтобы она могла стоять без поддержки и при необходимости можно было, наклоняя ее или перемещая в нужном направлении, расположить в створе с другими опорами линии.

До засыпки котлованов полностью с установленными в них опорами проверяют вертикальность опор, величину их выхода из створа в горизонтальность траверс.

**Монтаж проводов ВЛ.** Работы по монтажу проводов ВЛ включают: раскатку, соединение, подъем, регулирование стрелы провеса и крепление проводов.

Раскатку проводов производят вдоль линии по обеим сторонам установленных опор. Провод к месту

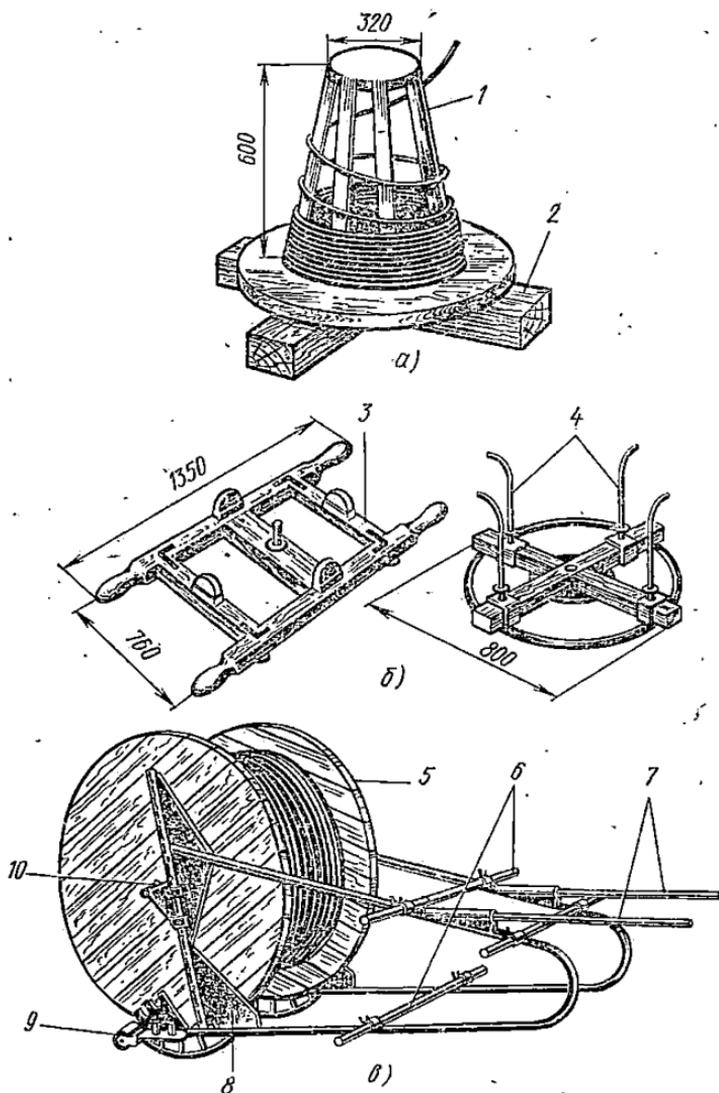


Рис. 4.3. Приспособления для раскатки проводов:

*a* — деревянная конусная вертушка; *б* — разборный станок с металлическими стойками; *в* — разборный барабанный подъемник; *1* — конус; *2* — крестовина; *3* и *б* — рама; *4* — металлические стойки; *5* — барабан; *7* — штанги; *8* — держатель вала барабана; *9* и *10* — опорный и боковой ролики

раскаты подвозят в бухтах или барабанах. Для раскаты проводов служат специальные приспособления (рис. 4.3).

Раскатывая провод, следят за тем, чтобы в нем не образовались петли («барашки»). Одновременно его осматривают для выявления дефектов: обрывов отдельных жил, больших вмятин и т. д.

Если длина раскатанного провода недостаточна, к нему присоединяют провод аналогичной марки, конструкции и сечения. Способ соединения проводов выбирают в зависимости от конструкции провода (одножильный, многожильный), требований, предъявляемых к механической прочности соединения, надежности электрического контакта, создаваемого в соединении, и т. п.

Соединение проводов. Соединение голых проводов производят скруткой, бандажированием внахлестку, опрессовкой в гильзе и сваркой в петле, в овальном соединителе, опрессовкой внахлестку в гильзе, болтовым зажимом или сваркой встык и опрессовкой в гильзе (рис. 4.4).

Наиболее надежным способом соединения многожильных проводов является сварка, с помощью которой чаще всего соединяют многожильные алюминиевые провода с применением термитного патрона и алюминиевой втулки.

Многopроволочные алюминиевые провода сваривают следующим образом. Соединяемые провода протирают тряпками и покрывают тонким слоем флюса. На подготовленные таким образом концы проводов надевают алюминиевые втулки, а затем и термитный муфель с кокилем, после чего места входа соединяемых проводов в термитный патрон уплотняют подмоткой асбестовым шнуром, для предотвращения вытекания расплавленного металла при сварке.

Для поджигания термитного состава патрона применяют специальные спички, создающие при горении температуру, близкую к  $1000^{\circ}\text{C}$ . Во избежание ожогов рук и лица рабочего спичку укрепляют на стальной проволоке длиной 350—400 мм. Сварку производят с применением присадочного алюминиевого прутка, покрытого слоем флюса.

Провода располагают на опорах воздушных линий горизонтально или вертикально, независимо от района гололедности.

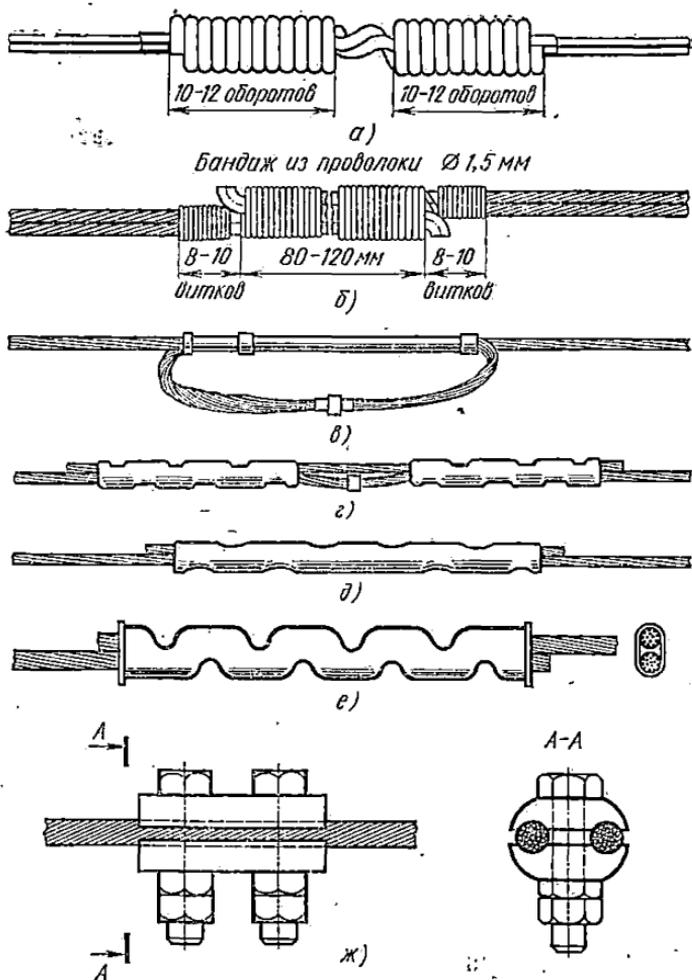


Рис. 4.4. Соединение проводов ВЛ:

*а* — скруткой; *б* — бандажированием внахлестку; *в* — опрессовкой в гильзе и сваркой в петле; *г* — опрессовкой провода с шунтом в овальном соединителе; *д* — сваркой встык и опрессовкой в гильзе; *е* — опрессовкой внахлестку в гильзе; *ж* — болтовым зажимом

Подъем, регулирование стрелы провеса и крепление проводов выполняют следующим образом.

Раскатанные вдоль линии провода поднимают и забрасывают на крюки опор. Для того чтобы не спутать провода, рекомендуется поднять и натянуть сначала один (самый верхний), а затем остальные в порядке их расположения на опоре.

Провода натягивают отдельно в каждом анкерном пролете, при этом один конец закрепляют глухой петлей на изоляторе концевой или анкерной опоры, другой захватывают «лягушкой» (рис. 4.5, а), болтовым зажимом (рис. 4.5, б), в котором имеются канавки для проводов различных сечений, или усовершенствованным монтажным зажимом (рис. 4.5, в).

К «лягушке» или монтажному зажиму прикрепляют полиспастный блок и, выбирая его веревку, натягивают провод до получения требуемой стрелы провеса \*. Прово-

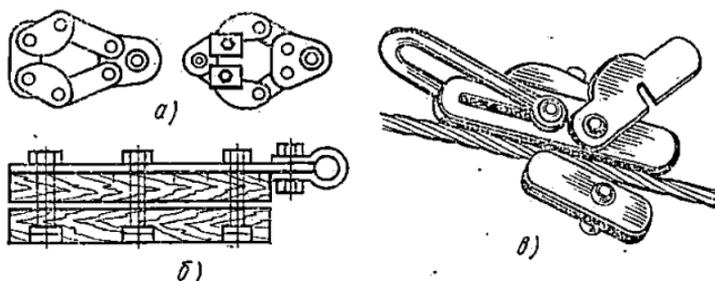


Рис. 4.5. Приспособления для натягивания проводов на опорах ВЛ:

а — «лягушки» с круглыми и плоскими зажимами; б — болтовой зажим; в — монтажный зажим — КЭС-70

да сечением более  $50 \text{ мм}^2$  и при большой длине анкерного пролета натягивают с помощью лебедки с ручным или электродвигательным приводом.

Стрела провеса проводников анкерного пролета должна иметь одну величину. При подвесе проводов разных сечений величину стрелы принимают по проводу, имеющему наибольшее сечение. Величина стрелы провеса провода ВЛ зависит от его длины пролета, сечения и материала, расстояний между проводами, а также от температуры воздуха в момент их натяжки.

При вертикальном расположении проводов на опорах стрелу провеса начинают регулировать с верхнего провода, а при горизонтальном — со среднего. После регулирования провод крепят к изоляторам вязальной проволокой, материал которой должен быть однороден с материалом провода.

\* Стрелой провеса называется расстояние по вертикали от нижней точки провисания провода в пролете до прямой линии между точками крепления провода на опорах.

Стальные провода крепят к изоляторам мягкой стальной оцинкованной проволокой диаметром 1,5—2 мм, алюминиевые и сталеалюминиевые — алюминиевой проволокой диаметром 2,5—3,0 мм (можно использовать проволоки многопроволочных проводов).

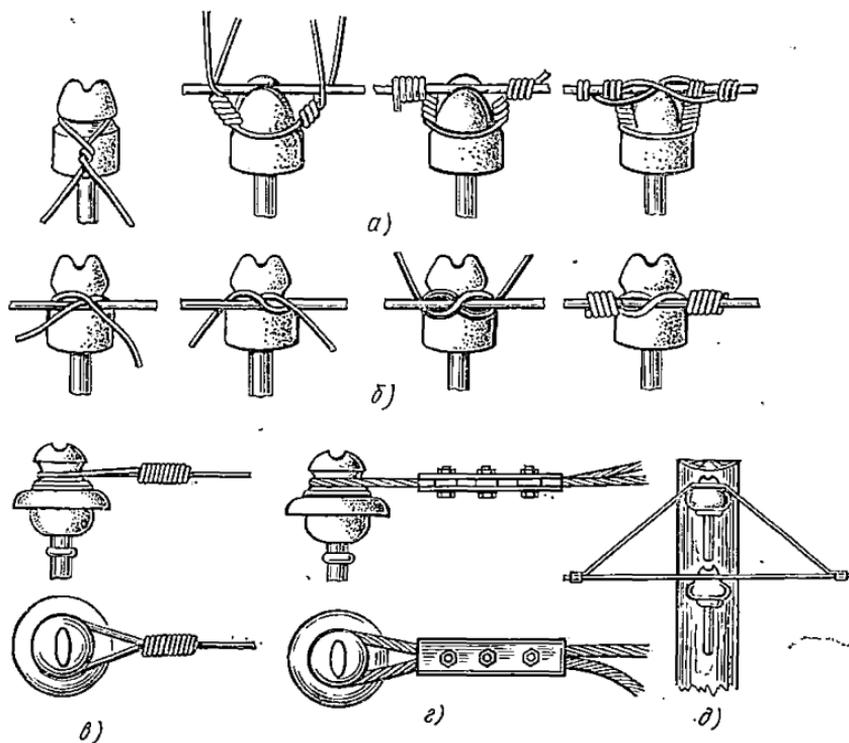


Рис. 4.6. Способы крепления проводов на изоляторах ВЛ:  
*а* — головной вязкой; *б* — боковой вязкой; *в* — заглушкой; *г* — петлей;  
*д* — двойным подвесом

Алюминиевые и сталеалюминиевые провода в местах крепления предварительно обматывают несколькими слоями алюминиевой ленты (фольги) для предохранения от повреждений.

На прямых участках трассы провода крепят на головке изолятора (головная вязка) или на его шейке (боковая вязка), а на угловых опорах — только на шейке. При креплении провода на шейке изолятор, установленный на угловой опоре, должен находиться внутри угла, образуемого проводами линии.

Головную вязку обычно применяют при больших сечениях (свыше 50 мм<sup>2</sup>) проводов ВЛ.

Провода на головке изолятора крепят (рис. 4.6, а) двумя кусками вязальной проволоки разной длины. Проволоку закручивают вокруг головки изолятора так, чтобы концы ее находились с обеих сторон шейки изолятора, а затем два коротких конца обматывают 4—5 раз вокруг провода, а два длинных переносят через головку изолятора и тоже несколько раз обматывают вокруг провода.

При креплении провода на шейке изолятора (рис. 4.6, б) вязальная проволока охватывает петлей провод и шейку изолятора, а затем один конец проволоки обматывают вокруг провода в одном направлении (сверху вниз), другой — в противоположном (снизу вверх).

Крепят провода к изоляторам на анкерных опорах и в местах перехода ВЛ через различные препятствия (линии связи, шоссейные дороги, железнодорожные пути и др.) для обеспечения необходимой прочности одним из способов, указанных на рис. 4.6, в—д.

Работник, выполняющий операции крепления проводов, должен быть в головном уборе, прочно стоять на монтерских когтях и быть надежно пристегнутым к опоре цепью монтерского пояса. При креплении проводов на угловой опоре категорически запрещается стоять внутри угла, образуемого проводами линии.

По окончании работ по подвеске и креплению проводов производят маркировку опор. Для этого на каждой опоре указывают номер линии, порядковый номер опоры и год ее установки.

При приеме-сдаче линии в эксплуатацию проверяют все элементы линии (осмотром с земли), прочность крепления траверс, подкосов, приставок (пасынков), изоляторов и проводов (верховой осмотр), глубину погружения опор (выборочно), но не менее 10% общего количества опор линии, величину стрелы провеса проводов и наименьшее расстояние от низшей точки провисания проводов до земли\*.

---

\* Расстояние от низшей точки провисания провода до земли при наибольшей стреле провеса называют габаритом провода над землей.

### § 4.3. Устройство кабельных линий

Для передачи электрической энергии напряжением 6 и 10 кВ применяются трехжильные силовые кабели, а напряжением до 1000 В в электроустановках с глухозаземленной нейтралью — четырехжильные (рис. 4.7).

Силовые кабели до 1 и 10 кВ имеют общие конструктивные элементы: токопроводящие жилы, изоляцию, оболочку и защитные покровы.

Кабели прокладывают в земле (в траншеях, блоках, туннелях) и на открытом воздухе (на опорных конструкциях и в лотках).

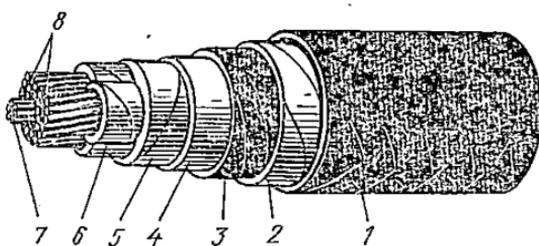


Рис. 4.7. Конструкция четырехжильного кабеля:

1 — покровная оболочка; 2 — броня; 3 — подушка;  
4 — внутренняя оболочка; 5 — поясная бумажная  
изоляция; 6 — жильная изоляция; 7 — нулевая  
жила; 8 — токоведущие жилы

Прокладывают кабельные линии в строгом соответствии с проектно-технической документацией, в которой кроме расчетных и других данных о линии указана ее трасса с нанесенными геодезическими отметками, позволяющими судить о разности уровней между высшими и низшими точками расположения кабелей на различных участках трассы.

Наибольшая допустимая разность уровней между высшей и низшей точками расположения кабелей на трассе определена ПУЭ и зависит от примененных в кабеле конструктивных элементов, в частности от материала изоляции и оболочки.

Необходимость соблюдения допустимых разностей уровней между высшей и низшей точками расположения кабелей обусловлена тем, что при нагреве токопроводящих жил работающего кабеля его пропиточный состав, разжижаясь, перемещается, в результате чего в низко

расположенной части кабеля скапливается избыточное количество пропиточного состава, а в высокорасположенной — образуется пустота. При этом в верхней части кабеля резко ухудшается изоляция, а в нижней создается опасность растяжения и даже разрыва оболочки у небронированных кабелей.

Наиболее распространены виды прокладки вне помещений — в траншеях; в помещениях — на опорных конструкциях.

#### § 4.4. Способы прокладки кабельных линий

**Прокладка кабелей в траншеях.** Прокладываемые в траншеях кабели должны быть отдалены на нормированные расстояния от фундаментов зданий, зеленых насаждений, трубопроводов различных назначений и рельсовых путей электрифицированного транспорта.

Глубина траншей обычно составляет 0,7—0,8 м, а ширина — в зависимости от количества прокладываемых кабелей (рис. 4.8).

Раскатку кабеля и его укладку в траншее производят с помощью лебедки с тросом и раскаточных роликов, устанавливаемых через каждые 3 м на прямых участках трассы и в местах поворота.

Прокладывать кабели разрешается при окружающей температуре не ниже 0° С, а при более низкой температуре — только после предварительного подогрева кабеля в тепляке или с помощью специального трансформатора.

**Соединение жил кабеля.** Соединяют жилы кабеля в два этапа: на первом разделяют концы соединяемых кабелей, освобождая их от брони, оболочки и изоляции; на втором соединяют концы кабелей с помощью пайки, опрессования или сварки.

Рассмотрим только способ соединения кабельных жил методом опрессования.

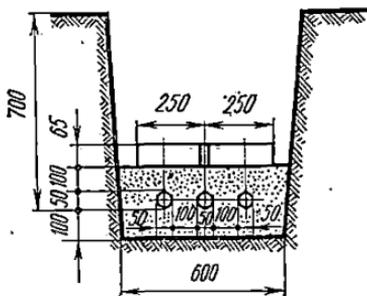


Рис. 4.8. Размеры кабельных траншей и размещение в них кабелей с защитой кирпичом от механических повреждений

Соединяют токопроводящие жилы кабелей путем опрессовки в гильзе, внутреннюю часть которой предварительно зачищают стальной щеткой до блеска (рис. 4.9, а), а затем освобождают оголенный конец кабеля от остатков пропиточного состава, протирая его тряпкой, смоченной в бензине, после чего зачищают до блеска стальной щеткой (рис. 4.9, б).

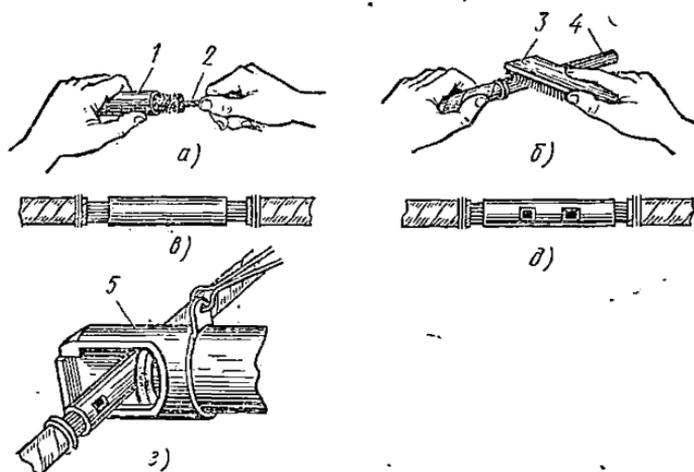


Рис. 4.9. Соединение жил кабеля опрессовкой:

а — зачистка внутренней поверхности гильзы стальным проволочным ершом; б — зачистка жилы щеткой из кардоленты; в — установка гильзы на соединяемых жилах; г — опрессование гильзы в прессе; д — готовое соединение: 1 — гильза; 2 — ерш; 3 — щетка; 4 — жила; 5 — пресс

Подготовленные таким способом концы жил кабеля вставляют в гильзу (рис. 4.9, в), так чтобы они расположились на ее середине, а затем вставляют гильзу между пуансоном и матрицей опрессовочного приспособления (рис. 4.9, г) и опрессовывают.

Общий вид готового соединения концов токопроводящих жил опрессованием показан на рис. 4.9, д.

При опрессовании благодаря значительному усилию, с которым стенка гильзы вдавливается в жилу, создается надежный контакт между гильзой и токопроводящими жилами.

Требуемая глубина вдавливания зависит от сечения соединяемых токопроводящих жил и определяется замедом остаточной толщины гильзы в месте вдавливания с

помощью штангенциркуля с насадкой (рис. 4.10, а) или специального измерителя (рис. 4.10, б).

**Монтаж соединительных муфт.** Соединительные муфты служат для герметизации участков соединения токопроводящих жил кабелей и защиты их от механических воздействий.

Кабели напряжением до 1000 В соединяют в чугунных муфтах, а 6 и 10 кВ — в свинцовых.

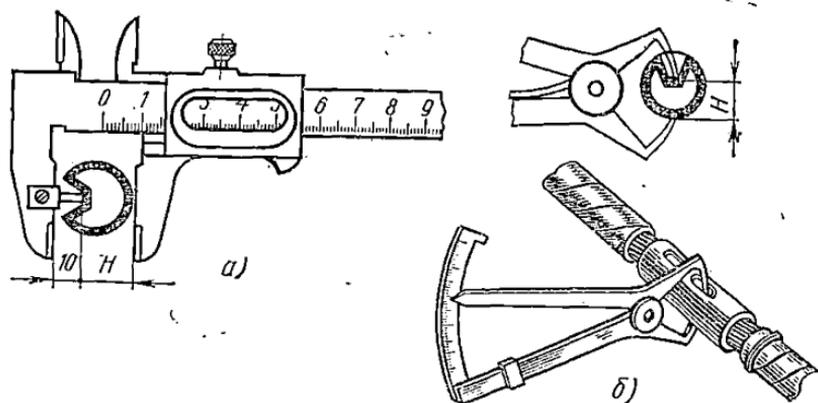


Рис. 4.10. Измерение глубины вдавливания и остаточной толщины после соединения жил опрессовкой:

а — штангенциркулем с насадкой; б — специальным измерителем;  $H$  — остаточная толщина

Оболочки и бронепокрyтия соединяемых кабелей должны быть надежно заземлены. Для этого пайкой и проволочным бандажом присоединяют гибкий медный проводник сечением не менее  $6 \text{ мм}^2$  к оболочке и бронепокрyтиям кабеля, а на свободный конец напрессовывают наконечник, который затем присоединяют к болту, имеющемуся в чугунной муфте. Так же заземляют и другой из соединяемых кабелей.

При соединении кабелей напряжением до 10 кВ в свинцовой муфте проволочным бандажом и пайкой присоединяют заземляющий проводник к оболочкам и бронелентам обеих кабелей, а затем дополнительно к корпусу свинцовой муфты.

При монтаже чугунной муфты ее очищают от грязи и ржавчины, устанавливают нижнюю половину муфты под участком соединения, отмечают участки расположения ее горловин, а затем наматывают на эти участки

столько слоев смоляной ленты, чтобы диаметр намотки был на 4—5 см больше диаметра горловин. Далее нижнюю половину муфты накрывают верхней и прочно скрепляют их болтами, после чего, подогрев муфту до 50—60° С, вливают в нее непрерывной струей заливочную массу, нагретую до 120—130° С, заполняя сначала  $\frac{3}{4}$ , а затем всю внутреннюю полость муфты. После полного остывания муфты и усадки в ней заливочной массы в нее дополнительно вливают столько массы, чтобы заполнить ею всю муфту.

**Эпоксидная муфта.** Для соединения кабелей напряжением до 1 кВ в последнее время широко применяются эпоксидные муфты типа СЭС, изготавливаемые на заводах в виде двух полых корпусов (скорлуп), образующих при соединении готовую муфту. На месте монтажа ее заливают эпоксидным компаундом, состоящим из эпоксидной смолы, в которую добавлены пластификатор и отвердитель, повышающие термостойкость, эластичность и механическую прочность компаунда.

Соединяют кабели напряжением 6 и 10 кВ в свинцовой муфте, состоящей из свинцовой трубы, путем обколачивания ее концов.

Свинцовую трубу соответствующего диаметра надевают на один из соединяемых кабелей, а затем, соединив токопроводящие жилы и заизолировав участок соединения, затягивают на него свинцовую трубу и деревянным вальком обколачивают концы трубы, придавая им сферическую форму, чтобы концы образовавшейся муфты соприкасались с кромками оболочек соединяемых кабелей.

Места стыкования концов муфты с оболочками кабелей тщательно пропаивают.

В свинцовой муфте (ближе к ее концам) вырубают два отверстия, заполняя ее заливочной массой. После заполнения муфты и остывания в ней массы отверстия закрывают и запаивают. Основные операции монтажа свинцовой муфты показаны на рис. 4.11, а—е; готовое соединение — на рис. 4.11, ж.

Кабели заземляют одним общим проводником (рис. 4.11, ж). Для защиты от механических повреждений муфту помещают в чугунную крышку.

**Концевая заделка кабелей.** Концы прокладываемых кабелей заделывают так называемой «концевой заделкой». Она служит для предохранения изоляции кабеля от проникновения в нее влаги, содержащейся в окружа-

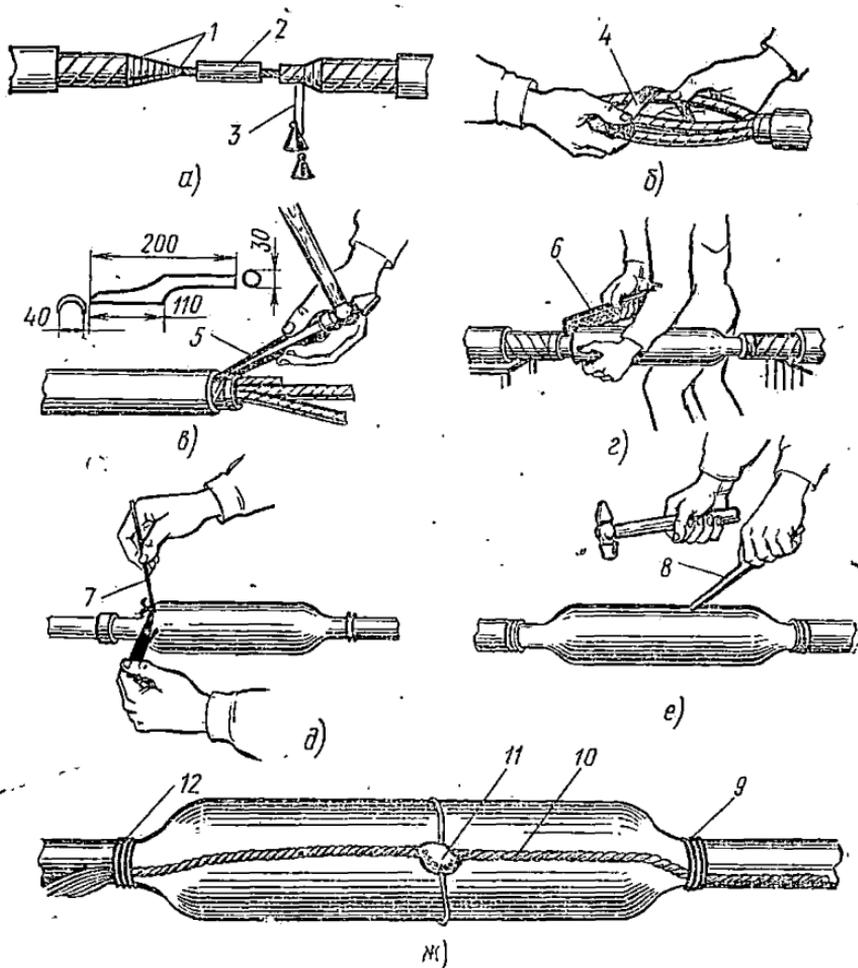


Рис. 4.11. Основные операции монтажа свинцовой соединительной муфты кабелей напряжением 6 и 10 кВ:

а — ступенчатая разделка заводской изоляции кабелей; б — изоляция соединения бумажными лентами шириной 10 мм; в — разбортовка оболочки кабеля для соединения с муфтой; г — обколачивание конца муфты для придания ему сферической формы; д — соединение пайкой оболочки кабеля с горловиной муфты; е — вырезание заливочного отверстия в корпусе муфты; ж — заземление муфты; 1 — ступени разделки заводской изоляции; 2 — гильза; 3 — стальная струна с гирьками; 4 — бумажная лента; 5 — разбортовка; 6 — деревянный валик; 7 — пруток припой; 8 — нож; 9 и 12 — бандажи крепления заземляющего провода; 10 — заземляющий провод; 11 — участок присоединения пайкой заземляющего провода к корпусу муфты;

ющем воздухе, а также для предотвращения вытекания из кабеля изоляционного состава при недопустимой для данной марки кабеля разности между высшей и низшей точками расположения его концов.

Для концевой заделки конец кабеля разделяют также, как и при его соединении, а затем монтируют на нем концевую воронку из стали или эпоксидного компаунда.

Операции концевой заделки кабеля в стальной воронке показаны на рис. 4.12.

При концевой заделке кабеля в эпоксидной воронке на разделенном его конце закрепляют съемную воронку из листовой стали или плотного картона, а затем вливают в нее эпоксидный компаунд до полного заполнения воронки. После отверждения компаунда воронку удаляют.

Соединительные муфты и концевые воронки маркируют, нанося на них краской марку и сечение кабеля, а также номер или название кабеля в данной электроустановке.

**Прокладка кабелей в блоках.** Кабельным блоком называют проложенное в земле сооружение для прокладки в нем кабельной линии, состоящее из нескольких асбестоцементных труб или бетонных панелей с отверстиями и колодцев, к которым подведены эти трубы или панели.

При прокладке кабельных линий в блоках соблюдают те же требования, что и при прокладке в траншее, а также ряд дополнительных требований, вызванных особыми условиями блочной канализации кабелей.

Перед прокладкой кабелей блоки очищают и калибруют, протаскивая через отверстия труб или панелей стальной трос с прикрепленными к его концу проволочным ершом и калибровочным (контрольным) цилиндром.

Кабель затягивают в блок с помощью лебедки с тросом. Для этого на его оболочке закрепляют бандажами проволочный чулок или оголяют токопроводящие жилы кабеля и закрепляют на них специальный зажим.

Затягивают кабель в блок медленно и без остановок до момента выхода конца кабеля в колодец. Кабели длиной более 150 м и сечением жил выше  $3 \times 95 \text{ мм}^2$  перед затяжкой в блок рекомендуется смазывать тавотом.

**Прокладка кабелей на опорных конструкциях.** Опорные кабельные конструкции применяются при прокладке кабелей в помещениях, кабельных каналах и туннелях.

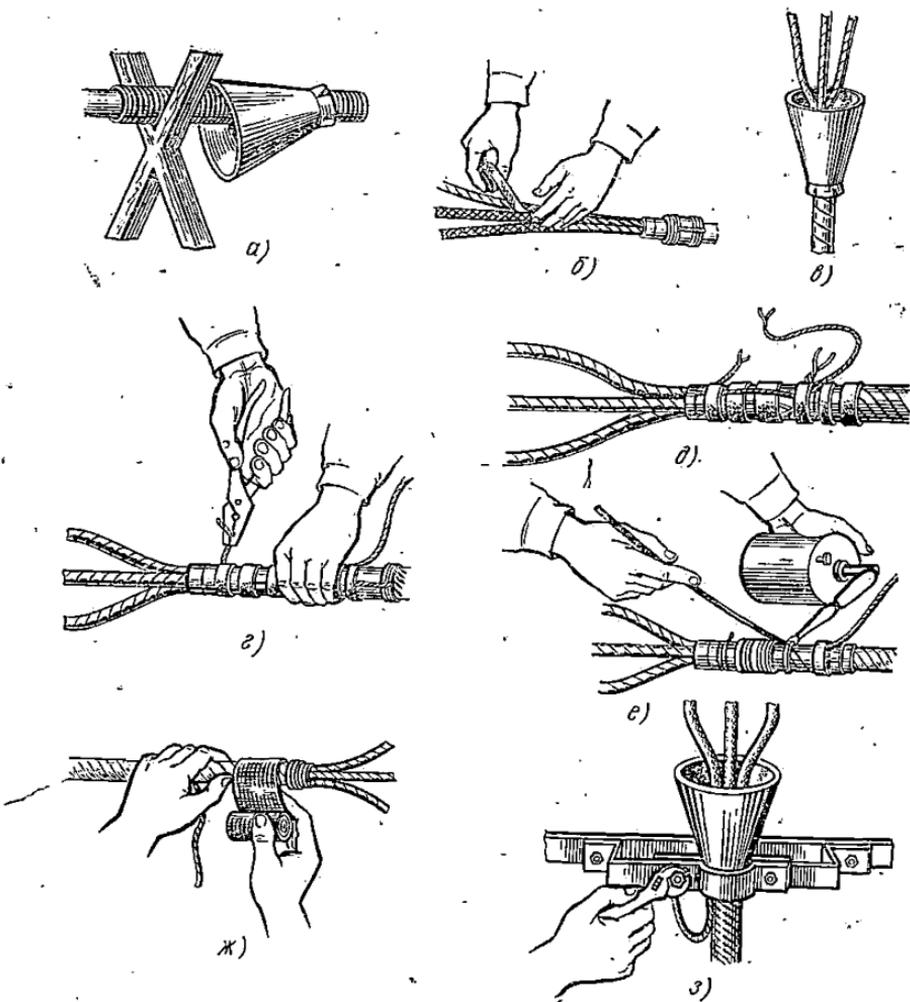


Рис. 4.12. Операции монтажа кабельной концевой воронки типа КВВ:  
 а — кабель с надетой на него воронкой; б — подматывание жил кабеля липкой поливинилхлоридной лентой; в — размещение жил кабеля в воронке «примерка»; г — прикрепление заземляющего проводника проволочным бандажом к оболочке кабеля; д — прикрепление заземляющего проводника к броне кабеля проволочными бандажами; е — пайка заземляющего проводника и бандажей на оболочке и броне кабеля; ж — накладывание на кабель (в месте расположения горловины воронки) подмотки из смоляной ленты; з — крепление хомутами воронки и заземляющего проводника на поддерживающей конструкции

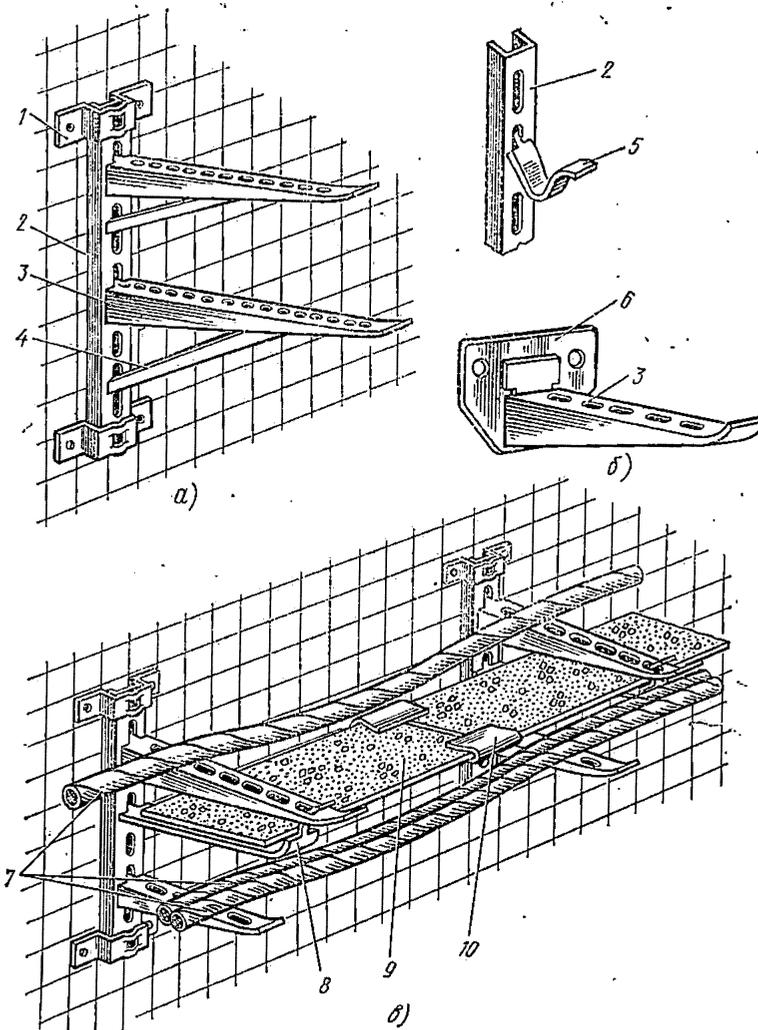


Рис. 4.13. Прокладка кабелей на опорных конструкциях:  
 а, б — кабельные конструкции; в — пример прокладки кабелей на опорных конструкциях: 1 — хомут крепления стойки с кронштейном к стене; 2 — стойка; 3 — кронштейн; 4 — подкос; 5 — кабельная скоба; 6 — плита; 7 — кабели; 8 — скоба крепления изоляционной перегородки; 9 — изоляционная перегородка; 10 — зажимы стыковки и крепления изоляционной перегородки

Опорные конструкции представляют собой стойки с кронштейном (рис. 4.13, а), со скобой (рис. 4.13, б) или настенную полку (рис. 4.13, в), прикрепляемые к опорным строительным элементам зданий (стенам, колоннам и т. п.).

В кронштейнах и полках имеются вырезы для крепления кабелей на прямых участках и в местах изменения трассы кабельной линии. Разделка, соединение и концевая заделка кабелей, прокладываемых на опорных конструкциях, выполняется так же, как при прокладке в земле.

Вновь смонтированные кабельные линии подвергают испытаниям повышенным напряжением и при удовлетворительных результатах испытаний передают для эксплуатации. Одновременно эксплуатирующей организации передаются: проект кабельной линии с указанием всех имеющихся отклонений от проекта; исполнительные чертежи, акты на скрытые работы и осмотр состояния кабеля перед монтажом, протоколы испытаний.

#### **§ 4.5. Правила безопасности при монтаже воздушных и кабельных линий электропередачи**

При монтаже воздушных линий необходимо принять меры для обеспечения безопасности работ при подготовке трассы, установке и демонтаже опор, раскладке проводов.

Как правило, подъем и установку опор воздушных линий выполняют с помощью механизмов. При ручном подъеме одностоечной деревянной опоры необходимо пользоваться баграми и ухватами, а для удержания поднятой опоры — оттяжками из прочных веревок.

Перед началом работ мастер (бригадир), организующий подъем опор, проводит инструктаж по технике безопасности и особенностям, которые могут возникать при установке опор механизмами, а также доводит до каждого члена бригады применяемые сигналы и команды.

Перед рытьем котлованов в местах, где могут проходить подземные электрические кабели, газопроводы и другие сооружения, необходимо получить от соответствующих организаций указание о их точном местоположении. Котлованы в этих местах роют только лопатами,

начиная с глубины 0,4 м. Зимой раскопки на глубине ниже 0,4 м в местах прохождения кабеля производят предварительно отогревая землю.

При подъеме опоры никто не должен находиться под тросами, вблизи них и в зоне возможного падения опоры. Нельзя оставлять незасыпанным котлован на длительный срок и тем более до следующего дня.

На опорах могут работать люди с достаточным опытом этих работ и хорошим состоянием здоровья. Персонал без квалификации монтера к работам на опорах не допускается. Подниматься на опору разрешается только после проверки и прочности ее закрепления в грунте.

Для подъема на деревянную опору используют монтерские когти, а при подъеме людей и материалов на стальные или железобетонные опоры — автовышки.

Раскатанный провод перед подвеской тщательно осматривают. При раскатке необходимо пользоваться брезентовыми рукавицами.

Натягивать провода под действующей линией электропередачи можно только после отключения напряжения и заземления ее на месте работ и с разрешения организации, эксплуатирующей эту линию. При работе в месте пересечения с проводами наружного освещения, трамвайными, телефонными и т. д. нельзя допускать касания монтируемых проводов строящейся линии с проводами существующих линий. Пересекаемую линию для обеспечения безопасного производства работ следует отключить. Запрещается стоять рядом с опорой, на которой работают люди, находиться под монтируемыми проводами, влезать на опору и работать на ней с той стороны, в которую натягивается провод. На угловых опорах разрешается работать только со стороны внешнего угла, образуемого проводами ВЛ.

Работать во время грозы даже на отключенной линии, а также на незаконченном ее участке запрещается.

При прокладке, монтаже и ремонте кабелей необходимо соблюдать специальные правила безопасного производства этих работ. Особенно внимательным надо быть при разгрузке автомашин, на которых развозят кабель, намотанный на барабане.

Барабаны с кабелем нельзя сбрасывать на землю; их скатывают по наклонным настилам, сдерживая канатом или тросом.

Перед раскатыванием кабеля барабан освобождают от выступающих гвоздей, досок, жести, затем приподнимают и укрепляют на козлах или домкратах.

Работы по прокладке кабеля производят в брезентовых рукавицах. Число рабочих определяют из расчета, чтобы на каждого приходилась масса не более 35 кг для мужчин и 20 кг для женщин. При протягивании кабеля через проем стены или через трубу рабочие стоят на достаточном расстоянии от этого проема или отверстия трубы, чтобы руки не могли быть затянуты вместе с кабелем.

На поворотах кабель запрещается раскатывать руками или поправлять его, а также находиться внутри образуемого кабелем угла. Для раскатки кабеля применяют угловые ролики. Для того чтобы кабель не оборвался, тяговое усилие не должно превышать допустимого.

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

### § 5.1. Организация эксплуатации осветительных электроустановок

Осветительная электроустановка современного предприятия — это сложный комплекс электрооборудования, состоящий из трансформаторных подстанций, питающих кабельных сетей, распределительных устройств, разветвленных магистральных и групповых сетей, различных автоматических и неавтоматических аппаратов управления электрическими цепями, приборов защиты, светильников различных конструкций и назначений и т. д.

Эксплуатацию сложного электрохозяйства организуют так, чтобы обеспечивались: длительная и бесперебойная работа всех элементов электроустановки; нормальное освещение производственных и вспомогательных помещений, а также рабочих мест у станков, верстаков и т. п.; сохранность электропроводок, аппаратов и светильников; возможность наиболее удобного производства осмотров и испытаний, а также текущих и капитальных ремонтов всех элементов электроустановки, в том числе и наиболее высоко расположенных; экономичность и безопасность эксплуатационного обслуживания всех частей осветительной электроустановки.

В СССР принята система планово-предупредительного ремонта (ППР), в основу которой положен систематический контроль состояния эксплуатируемого оборудования и плановое проведение текущих и капитальных ремонтов.

Ремонт осветительных электроустановок производится во время плановых остановок на ремонт основного (технологического) оборудования цеха, участка или пролета предприятия. При непрерывности производственного процесса работы по ремонту должны производиться путем использования кратковременных остановок (например, в декретированные праздничные дни) или устройства временного освещения на время ремонта основной осветительной установки.

Применение системы ППР при эксплуатации установок позволяет поддерживать их в должном техническом состоянии и обеспечивать, таким образом, бесперебойность работы и безопасность обслуживания этих установок.

Все работы, связанные с содержанием осветительных электроустановок в хорошем техническом состоянии, производят по утвержденным планам осмотров и ремонтов. При планировании ремонта осветительных установок крупных цехов (доменного, сборочного, прокатного и т. п.) применяются сетевые графики ремонтов.

Сетевой график (рис. 5.1) представляет собой схематическое изображение операций и элементов производственного процесса, а также взаимосвязей между ними, порядка и технологической последовательности их выполнения. Основные

элементы сетевого графика — графически изображаемые «Работа» и «Событие».

Работа — это определенный производственный процесс, требующий затрат времени, материалов и труда, применения различных инструментов и приспособлений.

Событие — это результат одной или нескольких работ, дающий возможность начать выполнение одной или нескольких следующих работ.

Каждая работа начинается и завершается событием, а каждое событие может быть началом или окончанием какой-либо работы.

В сетевых графиках «События» принято изображать геометрическими фигурами (круг, прямоугольник, квадрат или треугольник), а «Работы» — стрелками, связывающими между собой отдельные события. «События» нумеруются, а «Работы» имеют буквенные обозначения, после которых цифрами указана продолжительность их выполнения (в часах, днях, неделях, декадах или месяцах) между двумя событиями.

Прежде чем составлять сетевой график, определяют перечень событий и работ, устанавливают начальные и

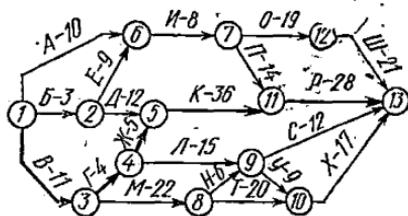


Рис. 5.1. Примерный сетевой график

конечные события, а затем и промежуточные. При планировании ремонтных работ по сетевому графику следует установить, какие работы должны быть завершены прежде, чем начнется данная работа, и какие работы могут или должны выполняться одновременно.

Применение сетевых графиков позволяет: более эффективно и рационально использовать имеющиеся в наличии трудовые и материальные ресурсы, повысить уровень организации эксплуатации осветительной электроустановки.

Любая осветительная установка требует регулярного и тщательного ухода, осуществляемого путем систематических осмотров и ремонтов всех ее элементов.

Эксплуатационное обслуживание осветительной электроустановки состоит из комплекса работ по осмотрам и ремонту распределительных устройств, электрических сетей, групповых щитков, электроустановочных изделий и светильников.

Для нормальной эксплуатации осветительных электроустановок служба должна располагать соответствующими приспособлениями, подъемными механизмами, инструментами и необходимым инвентарем.

Например, для чистки и замены ламп, а также выполнения осмотров и ремонтных работ на высоте служба должна располагать приставными лестницами, стремянками, передвижными телескопическими и шарнирными вышками. Имеющиеся механизмы должны обеспечивать доступ к высокорасположенным светильникам. Для этого рекомендуется применять самоходные телескопические подъемники.

Телескопический подъемник ПТ-7,2, созданный на базе универсального электропогрузчика ЭП-202, предназначен для обслуживания светильников и электропроводок, расположенных от пола (в цехах) или от земли (на территории предприятия) на высоте от 4 до 8,7 м. Подъемник снабжен трехсекционным трубчатым телескопическим устройством, на конце которого закреплена рабочая площадка овальной формы, поворачивающаяся в горизонтальной плоскости на  $360^\circ$ . Ось вращения смещена от середины площадки так, что ее максимальный вылет от оси телескопа составляет 2 м. Вращается площадка находящимся на ней рабочим. Рабочей площадкой, снабженной ручной лебедкой для подъема грузов массой до 50 кг, управляет водитель.

Шарнирно-телескопический гидроподъемник ШТГ-12 предназначен для обслуживания светильников, находящихся на высоте до 12 м в бескрановых пролетах цехов с шириной проезда не менее 2,5 м и высотой 7,5 м или на территории промышленного предприятия. Гидроподъемник состоит из самоходной базы (электротележки ЭТ-550 грузоподъемностью 5 т), шарнирно-телескопической стрелы и рабочих площадок. Рама гидроподъемника снабжена четырьмя упорами (аутригерами), повышающими устойчивость гидроподъемника при работе с максимальным вылетом шарнирно-телескопической стрелы.

## § 5.2. Обслуживание осветительных электроустановок

Осмотры электроустановок производят для своевременного выявления и устранения неисправностей, которые могут нарушить нормальную работу отдельных элементов осветительной электроустановки.

При осмотре распределительных устройств проверяют: сохранность контрольно-измерительных приборов и нормальную работу отключающих аппаратов; наличие и состояние калиброванных плавких вставок в предохранителях и их соответствие нагрузкам защищаемых цепей и номинальным токам предохранителей; плотность вхождения контактных частей патронов в неподвижные контакты; отсутствие местных нагревов в соединениях шин и проводов друг с другом, а также с аппаратами и приборами РУ; отсутствие на проводах и шинах следов копоти или оплавлений металла; состояние изоляции проводов схемы распределительного устройства.

В процессе осмотра электрических проводов осветительных сетей проверяют: состояние открыто проложенных кабелей, соединительных муфт и концевых кабельных воронок; отсутствие течи кабельной заливочной массы из соединительных муфт и концевых воронок кабелей; целостность заземляющего проводника кабеля и прочность его соединения с соответствующими элементами кабеля и сетью заземления; качество соединений и ответвлений проводов в коробках и фитингах и отсутствие недопустимых нагревов в соединениях; надежность присоединений проводов к различным аппаратам, приборам и электроустановочным изделиям.

Периодичность осмотров электропроводок зависит от их конструктивного исполнения, марки примененных про-

водов и кабелей, характеристики помещений, в которых расположены проводки (табл. 5.1).

При осмотре групповых щитков проверяют состояние всех приборов щитка; соответствие плавких вставок предохранителей рабочим токам защищаемых цепей и номинальным токам патронов; нормальную работу автоматов и соответствие уставок токов их расцепителей нагрузкам, присоединенных к автоматам электрических цепей.

Таблица 5.1

Конструктивное исполнение проводки	Характеристика помещений			
	нормальные и влажные	пыльные и жаркие	сырые	с химически активной средой и особо сырые
Проводки открытые: на изоляторах и троссе; провода АППВ и АПН, прокладываемые открыто	4	6	12	12
Защищенные изолированные провода АТПРФ, провода в изоляционных трубах, прокладываемые открыто	2	4	—	—
Проводки в стальных трубах и кабели с различной оболочкой, прокладываемые открыто	2	3	4	4
Проводки скрытые: в изоляционных трубах, в строительных конструкциях зданий, провод АППВС, прокладываемый скрыто	2	2	4	—

Во время осмотров электроустановки надо убедиться в исправности самого изделия — (выключателя, переключателя, штепсельной розетки и др.) и его контактных частей; в прочности присоединения проводов сети к контактам электроустановочного изделия; в сохранности заземляющих проводников и надежности присоединения к металлическим корпусам выключателей, к заземляющей сети электроустановки.

При осмотре светильников проверяют состояние деталей и арматуру светильника; прочность крепления стеклянного колпака к его корпусу; исправность патрона и надежности присоединения фазного и нулевого проводов

сети к его контактам; соответствие мощности лампы типу светильника; состояние и чистоту отражателей, рассеивателей, затенителей защитных стекол и сеток; исправность изоляции (отсутствие оголенных участков) проводов в месте их входа в арматуру светильника; прочность крепления светильника к опорным строительным конструкциям помещения (потолку, стенам, колоннам и др.); целостность заземляющего проводника и надежность его присоединения к заземляющему винту на корпусе арматуры и к сети заземления; состояние тросов, на которых подвешены светильники тросовых проводок и прочность их крепления в анкерах, а также надежность крепления анкеров в стенах здания; наличие контакта между контактной системой патронов и стартеродержателей люминесцентных ламп, а также между штырьками ламп и стартеров, так как отсутствие контакта между ними может привести к преждевременному выходу из строя ламп; состояние пускорегулирующих аппаратов (ПРА), предназначенных для создания и стабилизации электрического разряда в люминесцентных лампах; исправность и прочность крепления дроссельных устройств; нормальное зажигание люминесцентной лампы, так как при длительной работе ее рабочее напряжение увеличивается, а напряжение зажигания стартера снижается, что приводит к явлению «мигания» лампы и выходу ее из строя.

Все замеченные при осмотрах неисправности, затрудняющие нормальную работу части или всей осветительной электроустановки, должны немедленно устраняться.

Неисправности, не нарушающие нормальную работу установки, фиксируют в специальном журнале осмотров и устраняют при текущем или капитальном ремонте.

**Меры обеспечения бесперебойной и экономичной работы осветительных электроустановок.** Основными мерами для бесперебойной и экономичной работы электроустановок являются: соблюдение сроков чистки светильников и источников света (табл. 5.2); соблюдение графиков осмотров и ремонтов всех элементов электропроводок; применение светильников, соответствующих местным условиям и обеспечивающих необходимый уровень освещенности; своевременная замена ламп, у которых снизилась величина светового потока вследствие истечения гарантийного срока службы; применение источников света, соответствующих светильникам, в которых они установлены, и по мощности удовлетворяющих требова-

К работам на высоте допускаются лица, прошедшие медосмотр и инструктаж по технике безопасности. Работы можно выполнять с приставных лестниц и стремянок длиной до 5 м, с подмостей, лесов, телескопических и других подъемников, имеющих по периметру ограждения высотой не менее 1 м и сплошной настил (должны применяться инвентарные подмости и леса, изготовленные по типовым проектам).

Работы по ремонту и обслуживанию осветительных электроустановок с применением лестниц и стремянок производят двумя рабочими, один из которых должен находиться на полу. Запрещается применение металлических лестниц и стремянок, а также работа с ящиков, табуреток и других случайных предметов.

Лестницы необходимо устанавливать под углом примерно  $60^\circ$  к горизонту. Их нижние концы должны иметь упоры в виде острых металлических шипов или резиновых наконечников в зависимости от опорной поверхности.

Лестницы и стремянки должны устанавливаться только на полу или специальной площадке. Запрещается работа на лестницах и стремянках, установленных на движущихся механизмах, над движущимися механизмами, на ящиках, лесах и т. п. Не разрешается работать стоя на двух последних верхних ступенях лестниц и стремянок.

Установка и съём осветительных арматур, щитов и аппаратов массой более 10 кг выполняются двумя лицами или одним лицом, но с помощью механических приспособлений.

Работы по пробивке отверстий, борозд, штроб и т. п. следует выполнять в предохранительных очках и рукавицах. На границе опасной зоны для предохранения от поражения осколками людей должны быть временные ограждения.

Работы по пробивке отверстий в строительных конструкциях с использованием ручного, электрифицированного и пиротехнического инструмента, а также натяжка проводов полиспастом или лебедкой можно производить с пола, лесов или прочных подмостей. С лестниц и стремянок такие работы производить не разрешается.

Напряжение переносного электроинструмента, используемого в особо опасных помещениях и с повышенной опасностью в отношении поражения людей электрическим током, должно быть не более 36 В.



стремлянок — в присутствии второго лица любой квалификации.

При работах с электрифицированным инструментом и паяльной лампой необходимо соблюдать требования, изложенные ранее.

Ремонтные работы на щитках производятся по нарядам не менее чем двумя лицами и при снятом напряжении. Допускаются аварийные работы под напряжением при условии соблюдения следующих требований: работа должна производиться в диэлектрических перчатках, в галошах или с изолирующих подставок; соседние токопроводящие части, находящиеся под напряжением, должны быть надежно ограждены (резиновыми ковриками, электрокартоном или миканитом); для выполнения работ необходимо применять инструменты с изолирующими ручками; рекомендуется использовать стандартный набор инструментов для электромонтера (рис. 5.2).

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЛИНИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

### § 6.1. Организация эксплуатации

Под организацией эксплуатации понимают такую организационную систему, при которой обеспечиваются надежная и бесперебойная работа, безопасность эксплуатационного обслуживания и экономичность электроустановки.

Надежная и бесперебойная работа электроустановки и максимальная эффективность ее использования возможны при правильном уходе, регулярном проведении планово-предупредительных и капитальных ремонтов, а также при своевременной замене устаревшего или несоответствующего местным условиям оборудования.

Экономичную работу электроустановки можно достигнуть, уменьшая потери энергии, выбирая наиболее рациональные режимы работы производственных механизмов, своевременно проводя профилактические ремонты и испытания оборудования.

Снизить эксплуатационные расходы можно при правильной организации труда и экономии материальных ресурсов.

Электробезопасность достигается прежде всего качественным выполнением ремонтных работ, строгим соблюдением правил технической эксплуатации и техники безопасности.

В число мероприятий по организации эксплуатации электрических линий и подстанций входят обучение и систематическое инструктирование персонала; проверка знаний персоналом «Правил технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей» и «Правил техники безопасности (ПТБ) при эксплуатации электроустановок потребителей»; обеспечение каждого цеха и производственного участка необходимой технической документацией (паспортные карты с описью электрооборудования; журналы защитных средств с указанием их инвентарных номеров, а также даты последних и очередных

испытаний; различные протоколы и акты испытаний, бланки оперативных переключений, изменения схем и допусков к работе в электроустановке; чертежи трасс подземных или скрытых прокладок кабелей, проводов и шин заземления; схемы электроснабжения предприятия в целом и отдельных цехов и участков и т. д.).

Одним из важнейших условий хорошей организации эксплуатации электрооборудования цехов и подстанций является обеспечение их средствами пожаротушения.

## **§ 6.2. Эксплуатация воздушных линий**

Эксплуатируемые воздушные линии осматривают в сроки, предусмотренные планом, не реже одного раза в три месяца. При осмотрах проверяют общее состояние линии и выявляют отдельные неисправности. По окончании осмотра заполняют листок осмотра с записями о замеченных неисправностях.

Во время осмотров обращают внимание на заросли, их высоту и частоту, наличие отдельных деревьев на краю трассы, угрожающих падением на провода. Осматривающий проверяет, нет ли отклонения опор и выхода их из створа линии, степень затяжки гаек болтов, прочность бандажей, отсутствие повреждений отдельных элементов опор, общее состояние арматуры и изоляторов и т. д. В пролетах проверяется отсутствие обрывов отдельных проволок, проводов или тросов, признаков перегрева соединителей, различного вида набросов на проводах и тросах. Верхнюю часть опор, провода, изоляторы и арматуру осматривают в бинокль.

Не все дефекты можно выявить в результате осмотра с земли. Поэтому один раз в три года проводится верховой осмотр проводов и тросов на каждой опоре линии, при котором проверяют состояние проводов, изоляции, арматуры и деталей крепления проводов и тросов к опорам.

## **§ 6.3. Эксплуатация кабельных линий**

Каждая кабельная линия должна иметь свое наименование, характеризующее ее направление, обычно в виде номера, присваиваемого ей по месту присоединения. Если линия состоит из нескольких параллельных кабелей, то каждый из них должен иметь тот же номер с добав-

лением букв А, Б, В и т. д. Таким образом, каждая кабельная линия имеет двойные номера: номера центров питания и распределительных или трансформаторных пунктов, которые соединяет линия.

Для правильной эксплуатации кабельных линий необходимо иметь следующие виды технической документации: исполнительные чертежи на кабельные линии и другие специальные кабельные сооружения; паспорта кабельных линий, сооружений и вводов; рабочие и монтажные чертежи всех типов муфт и другой кабельной арматуры.

Паспорт кабельной линии должен содержать все технические данные, а также протоколы испытаний линий. В процессе эксплуатации в паспорт заносят сведения о производственных ремонтах, замерах нагрузки, температуры нагрева жил.

Определить степень нагрева жилы кабеля непосредственным измерением ее температуры не всегда возможно.

Температуру нагрева жил можно определить расчетным путем по формуле

$$t_{\text{ж}} = t_{\text{об}} + \Delta t_{\text{каб}}, \quad (6.1)$$

где  $t_{\text{ж}}$  — температура жилы;  $t_{\text{об}}$  — температура оболочки или брони;  $\Delta t_{\text{каб}}$  — перепад температуры от жил трехфазного кабеля до оболочки (брони), принимаемый равным  $15^\circ \text{C}$  — для кабелей на 6 кВ,  $20^\circ \text{C}$  — на 10 кВ.

При эксплуатации кабельных сетей систематически проверяют токовые нагрузки каждой кабельной линии.

При прохождении электрического тока нагрузки в кабельной линии выделяется значительное количество тепла за счет потерь мощности в токопроводящих жилах, изоляции, металлических оболочках и брони. Для трехжильных кабелей с бумажной пропитанной изоляцией напряжением до 10 кВ основным источником потерь являются потери мощности в токопроводящих жилах.

Мощность  $P$ , переходящая в теплоту  $Q$ , только за счет нагрева токопроводящих жил кабеля без учета температурного коэффициента удельного электрического сопротивления будет составлять

$$P = Q = I^2 R n, \text{ Вт/см}, \quad (6.2)$$

где  $I$  — величина тока нагрузки, А;  $R$  — сопротивление одной фазы линии, Ом;  $n$  — количество жил.

Из приведенной формулы следует, что нагрев кабеля пропорционален квадрату силы тока, а следовательно, чем выше нагрузка кабеля, тем выше температура токопроводящих жил.

С повышением температуры кабеля повышается разность температур между кабелем и средой, в которой он проложен, и интенсивнее происходит отдача тепла в окружающую среду.

В установившемся режиме, когда температура токопроводящих жил больше повышаться не будет и выделяемое тепло переходит в окружающую среду, используют тепловой расчет силового кабеля, выражающийся в соотношении

$$P = \Theta \Sigma S = \frac{t_{ж} - t_{ср}}{\Sigma S}, \quad (6.3)$$

где  $P$  — мощность теплового потока в кабеле, Вт/см;  $\Theta$  — превышение температуры токопроводящей жилы над температурой окружающей среды, °С;  $\Sigma S$  — общее тепловое сопротивление кабеля, состоящее из теплового сопротивления изоляции, защитных покровов, поверхности кабеля, окружающей почвы, град·см/Вт;  $t_{ж}$  и  $t_{ср}$  — температура жилы и среды.

Чем меньше сопротивление встречает тепловой поток, тем интенсивнее происходит отдача тепла в окружающую среду и тем большую нагрузку можно допустить на силовую кабель.

Зная допустимую температуру нагрева жил  $t_{ж}$  кабеля, можно определить величину допустимого тока

$$I_{доп} = \sqrt{\frac{t_{доп} - t_{ср}}{R_n \Sigma S}}. \quad (6.4)$$

Надежность работы кабельной линии в значительной мере зависит от правильной организации эксплуатационного надзора за состоянием кабельных линий и относящихся к ним различных сооружений, который осуществляют путем периодических обходов трасс и осмотров линий. При обходах проверяют состояние трасс (отсутствие оседания грунта, участков оголения кабелей, проложенных в земле, раскрытых кабельных колодцев и т. д.). При осмотрах кабельных линий проверяют состояние соединительных муфт и концевых воронок, отсутствие смещений и провесов кабелей, проложенных на кабельных конструкциях, сохранность и правильность

маркировки кабелей, наличие требуемых расстояний между параллельно проложенными кабелями, состояние антикоррозионных покрытий металлических оболочек кабелей и кабельных конструкций.

При эксплуатации кабельные линии подвергают плановым профилактическим испытаниям. Иногда могут проводить и внеплановые испытания линий.

Одним из наиболее распространенных способов испытаний является приложение к токопроводящим жилам испытательного постоянного тока, напряжение которого для кабелей 6 и 10 кВ находится в пределах пятикратного значения напряжения переменного тока между жилами кабеля при его работе. Эти испытания позволяют выявить слабые места в самих кабелях, а также в соединительных муфтах и концевых воронках кабельной линии.

Испытание изоляции кабельных линий постоянным током производят с помощью кенотронной установки.

Кабель, испытанный постоянным током, длительное время сохраняет заряд опасной величины. Поэтому после испытаний каждую фазу кабельной линии разряжают через разрядное сопротивление, имеющееся в кенотронной установке.

Эксплуатируемую кабельную линию подвергают плановым ремонтам в сроки, определяемые результатами осмотров и испытаний, а также внеплановым ремонтам — в случаях, представляющих угрозу аварийного выхода кабеля из строя.

Подлежащая ремонту кабельная линия должна быть отключена со всех сторон и заземлена.

Вскрытие кабеля производят только проверив, что это именно тот кабель, на котором следует работать, и что он действительно отключен и обесточен.

Если кабель проложен не один, то с помощью кабелеискательного аппарата определяют поврежденный кабель и только после этого вскрывают. Резку кабеля или вскрытие муфт выполняют только в присутствии ответственного руководителя.

Перед резкой кабеля необходимо удалить из траншей посторонних лиц; вблизи кабеля забить металлический заземляющий стержень на глубину не менее 0,5 м; приподнять кабель, подложить под него кирпич, а затем специальным приспособлением, присоединенным к заземляющему стержню, произвести прокол кабеля до токопроводящих жил. Прокол производится в диэлект-

рических перчатках и предохранительных очках. Производящий работу должен стоять на изолирующем основании. Резку кабеля можно производить только убедившись в отсутствии на нем напряжения, надев диэлектрические перчатки и предохранительные очки, стоя на сухой доске или резиновом коврик.

Под кабель подкладывается кирпич так, чтобы чугунная муфта была на весу.

После отвертывания гаек и удаления болтов, скрепляющих обе половины крышки муфты, одну из них отделяют, а другую аккуратно снимают после прогрева поверхности муфты паяльной лампой. Затем, убедившись в отсутствии напряжения с помощью указателя напряжения, изолирующую массу удаляют, срезая подогретым заземленным ножом. На кабелях низкого напряжения его отсутствие вначале проверяется указателем напряжения, работающим по принципу протекания емкостного тока, а после удаления изолирующей массы — контрольной лампой.

Осторожно очистив массу до зажимов, замыкают их накоротко, заземляют и убеждаются в отсутствии напряжения на кабеле. Только после этого допускается работа без диэлектрических перчаток и предохранительных очков.

Вскрытие свинцовых муфт производится в галошах, диэлектрических перчатках и предохранительных очках. Также необходимо применение изолирующего основания.

Вначале снимается чугунный кожух, затем свинцовая труба. После этого с помощью указателя напряжения необходимо еще раз убедиться в отсутствии напряжения на кабеле. Затем изоляцию осторожно срезают ножом до зажимов. Замыканием вскрытых зажимов накоротко и на землю окончательно убеждаются в отсутствии напряжения, и лишь после этого можно работать без диэлектрических перчаток и предохранительных очков.

Работы по ремонту кабелей (соединительных муфт, концевых заделок воронками и т. д.) выполняются так же, как и при их монтаже, описанном в гл. 4.

При эксплуатационном обслуживании кабельных линий и особенно при их ремонте должны строго соблюдаться организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность производства работ на кабельной линии.

Организационными мероприятиями являются: оформление работ нарядом, оформление допуска к работе, надзор и оформление перерывов в работе, переходов на другое рабочее место и окончания работ.

В перечень технических мероприятий входят: отключение напряжения, вывешивание плакатов и ограждение места работ, проверка отсутствия напряжения и наложение заземления.

При эксплуатации открыто проложенных кабельных линий особое внимание должно уделяться соблюдению противопожарных правил. Наиболее частыми причинами загорания кабеля являются недопустимый перегрев токопроводящих жил и замыкание между ними вследствие пробоя изоляции. В пожарном отношении кабель опасен тем, что его конструкция содержит такие легковоспламеняющиеся элементы, как джутовый покров, кабельную пряжу, изоляционную бумагу, пропитанную кабельной массой, в состав которой входят битумы, канифоль, минеральные масла с низкой температурой вспышки.

В электроустановках в качестве средств пожаротушения применяются переносные углекислотные огнетушители и ящики с сухим песком.

#### **§ 6.4. Эксплуатация трансформаторных подстанций напряжением 10/0,4 кВ**

За работой электрооборудования на подстанции следит дежурный, основной задачей которого является обеспечение безопасности и безаварийной работы всего оборудования подстанции.

Дежурный периодически осматривает электрооборудование и при необходимости осуществляет оперативные переключения в электроустановке.

Приступая к работе, дежурный принимает смену, осматривает все оборудование, проверяет наличие и состояние защитных средств, противопожарного имущества, инструментов, материалов, документацию, уровни масла в маслonaполненных аппаратах, отсутствие на изоляторах сколов, трещин, грязи; проверяет, не нагреваются ли контактные соединения, исправны ли линии заземления.

Кроме того, приступая к дежурству, следует убедиться в наличии и целостности ограждений и их запоров, нормальной работе рабочего и аварийного освещения.

Сдавая смену, дежурный обязан указать оборудование, за которым необходимо наблюдать и которое находится в резерве или ремонте.

О замеченных в ходе приема — сдачи смены недостатках делаются соответствующие записи в журнале.

Периодически осматривая установку, дежурный проверяет возможное образование повреждений отдельных частей аппаратов и оборудования, появление течи масла из аппаратов, изменение состояния контактных частей устройства по внешним признакам их нагрева. Осмотр ведется с порогов камер или от барьеров. Снимать ограждения, а тем более заходить в камеры без снятия с установки напряжения, категорически запрещается. Во время осмотра не допускается выполнение каких-либо работ в распределительных устройствах.

Оперативные переключения осуществляются по предварительно составленному бланку.

В исключительных случаях (пожар, несчастные случаи, стихийные бедствия и т. д.) дежурный производит необходимые отключения и обязательно уведомляет об этом старшего оперативного дежурного или ответственного дежурного по предприятию.

Во время оперативных переключений применяют соответствующие защитные средства: диэлектрические перчатки, боты, изолирующие коврики и подставки, оперативные штанги, предварительно осмотрев и проверив их: не имеют ли они трещин, порезов, проколов.

При эксплуатации трансформаторной подстанции дежурному персоналу нередко приходится брать для испытаний пробы масла из маслонаполненных электрических аппаратов (силовых трансформаторов, масляных выключателей и т. д.), заменять у высоковольтных предохранителей патроны с перегоревшими плавкими вставками, а также выполнять ряд других работ, связанных с обслуживанием электрооборудования подстанции.

Отбор проб масла из маслонаполненных аппаратов производится для проверки его диэлектрической прочности, а если это необходимо и для химического анализа, позволяющего своевременно принять меры к восстановлению его качества или замены свежим маслом. Отбирать масло разрешается только из полностью отключенных высоковольтных аппаратов.

Заменять патроны высоковольтных предохранителей с перегоревшими плавкими вставками можно только при

полностью отключенных цепях, защищаемых данным предохранителем. Извлекать патроны из контактных губок предохранителя и вновь устанавливать их на место разрешается только в резиновых перчатках, защитных очках и резиновых ботах.

### **§ 6.5. Правила безопасности и противопожарные меры при эксплуатации электрических установок**

Работы с полным или частичным снятием напряжения выполняются по наряду, который передается производителю работ после допуска бригады к работе.

Перед началом работ ответственный руководитель, производитель работ и допускающий проверяют выполнение всех мер безопасности. Дежурный (допускающий) объясняет, откуда снято напряжение, где наложены заземления, какие части находятся под напряжением. Отсутствие напряжения на всех отключенных частях проверяют индикатором, а затем прикосновением руки. Затем дает разрешение производителю работ начинать работу. После допуска бригады к работе производитель работы или наблюдающий не имеет права покидать рабочее место. В процессе работы он обязан предотвращать возможные нарушения правил безопасности членами бригады. Если производителю работ (наблюдающему) нужно отлучиться, то он должен оставить вместо себя ответственного руководителя или вывести бригаду и закрыть вход в электроустановку.

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

Во время работ с частичным снятием напряжения один работник не может остаться на месте работы без присмотра.

Во время перерыва вся бригада обязана покинуть электроустановку и закрыть ее. Наряд остается у производителя работы или наблюдающего, без которого никому из работающих не разрешается приступать к работе.

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

Работа считается полностью законченной после уборки рабочих мест. Ответственный осматривает участок и сдает наряд дежурному, проверяющему состояние рабочих мест, после чего закрывает наряд и готовит оборудование к включению, т. е. отключает заземляющие ножи, снимает переносные заземления и проверяет по месту хранения, все ли переносные заземления в наличии для того, чтобы на присоединении, предназначенном для включения, не оставить забытых наложенных заземлений; с помощью мегомметра или от специальной испытательной установки проверяет изоляцию прошедшего ремонт присоединения (если это необходимо); снимает плакаты «Работать здесь», «Влезать здесь» и убирает временные ограждения; устанавливает на место постоянные ограждения и плакаты, запоры и замки; снимает остальные плакаты; запирает помещение электроустановки или открытое распределительное устройство.

В электроустановках большое число работ выполняется не по наряду, а по устному распоряжению с записью в журнал. Устное распоряжение передают непосредственно или с помощью средств связи. В оперативный журнал записывают, кем оно отдано, место и наименование работы, срок ее выполнения, фамилию, инициалы, квалификационную группу производителя работ и членов бригады, отмечают окончание работы. Распоряжение на работу действует в течение суток.

Для выполнения работ по распоряжению производитель работ (он же наблюдающий) назначается из числа ремонтного персонала или персонала спецслужб и электроизмерительной лаборатории, постоянно обслуживающего данную электроустановку. Работы по распоряжению могут осуществляться оперативным персоналом или под его наблюдением. Оперативный персонал может проводить работу единолично, а персонал ремонтный и спецслужб — вдвоем. Квалификационная группа производителя работ должна быть не ниже III, а иногда не ниже IV. Ответственными за безопасность проведения работ являются: лицо, выдающее наряд или отдающее распоряжение; допускающий к работе; ответственный руководитель и производитель работ; наблюдающий; члены бригады.

Лицо, выдающее наряд или устное распоряжение, определяет объем работы и возможность ее безопасного выполнения, назначает ответственного руководителя и

производителя работ. Право выдачи нарядов имеют лица с V квалификационной группой, а в установках до 1000 В — не ниже IV.

Допускающий, который отвечает за выполнение мер безопасности, правильный допуск и оформление нарядов, должен иметь не ниже IV квалификационной группы, а в установках напряжением до 1000 В — не ниже III.

Ответственный руководитель при работах по наряду отвечает за соответствие состава бригады и квалификационной группы работающих выполняемой работе, за правильную подготовку рабочего места и выполнение мер безопасности. Он должен иметь V квалификационную группу. При работах в электроустановках напряжением до 1000 В и по распоряжениям ответственный руководитель не назначается.

Производитель работ, принимая рабочее место от допускающего, несет ответственность за правильную подготовку рабочего места и выполнение мер безопасности, за соблюдение правил безопасности им самим и членами бригады. Производителем работ назначается лицо, имеющее IV, а в установках до 1000 В — III квалификационные группы.

Наблюдающий назначается для надзора за бригадой строительных рабочих и лиц неэлектротехнического персонала, он отвечает за правильную подготовку рабочего места и соблюдение правил безопасности. Наблюдающему запрещается совмещать надзор с другой работой.

Члены бригады отвечают за соблюдение правил безопасности и указаний, полученных при допуске к работе и во время нее.

Электроустановки могут служить источником возникновения пожара при повреждениях, сопровождающихся образованием искривений электрической дуги и местных перегревов проводки и оборудования. Для исключения возникновения пожаров в электроустановках особое внимание уделяют профилактическим противопожарным мероприятиям и обучению персонала.

Для успешной борьбы с возгораниями и пожарами необходимо иметь в постоянной готовности первичные средства пожаротушения и уметь ими пользоваться.

Основным средством тушения пожаров является вода. Пожарные краны, пожарный рукав и ствол размещают в безопасных местах — у выходов, в коридорах, на лест-

ничных клетках так, чтобы обеспечить доступ воды к любой точке помещения.

Кроме воды для тушения небольших очагов пожаров горючих жидкостей (мазута, масла, красок), кабелей и электропроводок используют песок, который хранят в ящиках вместе с лопатой в цехах и производственных помещениях.

Войлок и асбестовое полотно набрасывают на горящую поверхность и изолируют ее от окружающей среды.

Химические пенные огнетушители типа ОХП служат для быстрого тушения небольших загораний твердых и жидких веществ. Их нельзя использовать на оборудовании, находящемся под напряжением. В электроустановках наиболее распространены углекислотные огнетушители типа ОУ; они могут применяться для тушения пожаров на оборудовании, которое находится под напряжением, так как углекислота не проводит электрический ток. Углекислота охлаждает пламя и снижает концентрацию кислорода в воздухе, поэтому ее применение особенно эффективно в замкнутых пространствах.

Для работы направляют раструб огнетушителя на очаг пожара и только после этого открывают до конца маховик запорного вентиля, так как основное количество углекислоты выбрасывается в первый момент работы огнетушителя.

## **§ 6. 6. Первая помощь пострадавшим от электрического тока и при других несчастных случаях**

Основным условием успеха при оказании первой помощи пострадавшим являются быстрота действия, находчивость и умение оказывающего помощь.

Помощь пострадавшему до прибытия врача заключается в следующем: временная остановка кровотечения, перевязка раны и ожога, наложение неподвижной повязки, переноска или перевозка пострадавшего, проведение искусственного дыхания.

На рабочих местах должны быть аптечка и необходимые средства для оказания первой помощи.

При ранении первая помощь заключается в следующем:

а) вызвать врача для оказания необходимой помощи и введения противостолбнячной сыворотки; б) не промывать рану водой и не покрывать мазями во избежание

нагноения или ухудшения ее заживления; в) не удалять с раны песок, землю или кровь; г) не заматывать рану изоляционной лентой или нестерильными тканями.

На рану необходимо наложить стерильный перевязочный материал из индивидуального пакета, если его не окажется, то можно взять для перевязки чистый носовой платок или полотняную тряпку, которую наложить на рану, накапать несколько капель йодной настойки.

При ожогах следует помнить, что рана, будучи загрязненной, начинает гноиться и долго не заживает. Поэтому нельзя руками касаться обожженного участка кожи или смазывать его какими-либо мазями, маслами, вазелином или растворами. Обожженную поверхность надо перевязать, покрыть стерильным материалом из пакета или чистой полотняной тряпкой, сверху наложить вату и все закрепить бинтом, и направить пострадавшего в лечебное учреждение.

Такой способ первой помощи применяют при всех видах ожогов (паром, электродугой, горячей мастикой, каутифом). При этом не следует вскрывать пузырей, удалять приставшие частицы веществ, так как, удаляя их, легко содрать кожу и тем самым создать благоприятные условия для заражения раны микробами с последующими нагноениями.

При световых ожогах глаз электрической дугой надо сделать холодные примочки из борной кислоты на глаза и немедленно направить пострадавшего к врачу.

При поражении электрическим током оказание помощи состоит из двух этапов: освобождение пострадавшего от действия тока, оказание первой помощи до прибытия врача.

Быстрое освобождение пострадавшего от действия электрического тока достигается немедленным отключением напряжения ближайшим аппаратом отключения.

При отдаленности отключающего аппарата пострадавшего необходимо отделить от электрооборудования, взяв его за концы сухой одежды рукой в резиновой перчатке или встав на сухие доски, отбросить сухой палкой или доской провод, упавший на него.

Если пострадавший находится на высоте, необходимо принять меры против его падения после освобождения от действия тока; если же пострадавший не дышит, следует начать искусственное дыхание и непрямой массаж сердца.

Наиболее эффективным является искусственное дыхание методом «рот в рот». Пострадавшего следует положить на спину, встать с левой стороны, подвести под его затылок свою левую руку и откинуть его голову назад (рис. 6.1, а), затем открыть рот пострадавшего (рис. 6.1, б) и освободить его от слизи с помощью носового платка, марли и т. д.

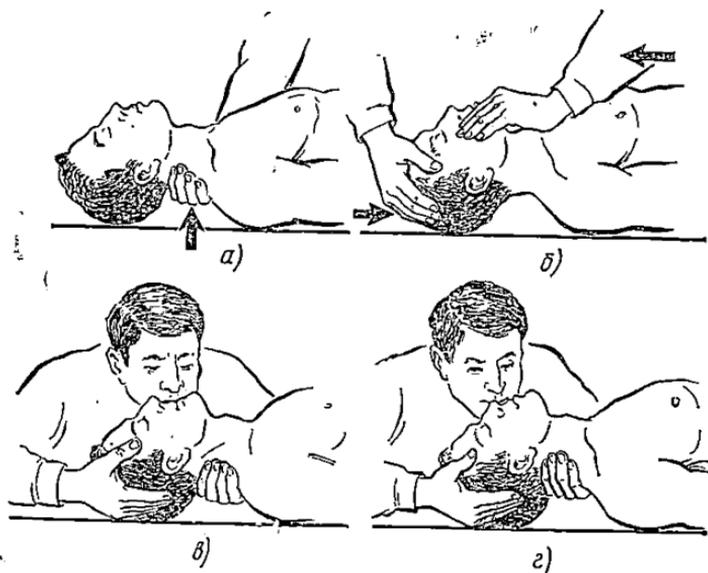


Рис. 6.1. Искусственное дыхание по способу «рот в рот»: а — исходное положение; б — открывание рта пострадавшего; в, г — вдувание воздуха в рот (нос) пострадавшему

Сделав предварительно два-три глубоких вдоха, оказывающий помощь зажимает щекой или пальцами нос пострадавшего и, прижавшись ртом (через платок или марлю) ко рту пострадавшего, с силой вдувает воздух в его легкие (рис. 6.1, в).

При невозможности полного охвата рта пострадавшего вдувать воздух в его легкие следует через нос, плотно закрыв при этом рот пострадавшего. После каждого вдувания освобождают нос и рот пострадавшего (рис. 6.1, г), чтобы не препятствовать свободному выходу воздуха из его легких.

При возобновлении у пострадавшего дыхания некоторое время продолжают искусственное дыхание до полного приведения пострадавшего в сознание или до прибы-

тия врача. В этом случае вдвухание воздуха следует производить одновременно с началом собственного вдоха пострадавшего.

При выполнении искусственного дыхания необходимо: избегать чрезмерного вдавливания грудной клетки из-за возможности перелома ребер; не допускать охлаждения пострадавшего (не оставлять его на земле, каменном, бетонном или металлическом полу).

При отсутствии у пострадавшего пульса необходимо одновременно начать непрямой массаж сердца.

Оказывающий помощь становится с левой стороны пострадавшего и, наложив на нижнюю часть его груди обе руки друг на друга ладонями вниз, сильно и ритмично (60—70 раз в минуту) надавливает вертикально на грудную клетку, так чтобы ее нижний край сместился на 3—5 см.

Непрямой массаж сердца и искусственное дыхание продолжают до появления у пострадавшего самостоятельного дыхания и сердцебиения или до прибытия врача, указания которого выполняют в дальнейшем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройств электроустановок. — М.: Атомиздат, 1977.
2. Строительные нормы и правила (СНиП-III и 6—67). — М.: Стройиздат, 1968.
3. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. — Днепропетровск: Промінь, 1974.
4. Бирюков Ю. С., Хромченко Г. Е. Соединение и оконцевание медных и алюминиевых проводов и кабелей. — М.: Энергия, 1972.
5. Демчев В. И., Царьков В. М. Прожекторное освещение. — М.: Энергия, 1972.
6. Живов М. С. Подготовка трасс электроустановок и кабельных линий. — М.: Энергия, 1971.
7. Зак С. М. Монтаж светильников с газоразрядными лампами: — М.: Энергия, 1971.
8. Ключев С. А. Осветительные сети производственных помещений. — М.: Энергия, 1971.
9. Лурье М. Г., Райцельский Л. А., Циперман Л. А. Устройство, монтаж и эксплуатация осветительных установок. — М.: Энергия, 1976.
10. Малкин Д. Я. Применение газоразрядных источников света. — М.: Энергия, 1975.
11. Масанов Н. Ф. Тросовые электропроводки. — М.: Энергия, 1968.
12. Найфельд М. Р. Заземление, защитные меры электробезопасности. — М.: Энергия, 1971.
13. Фридкин И. А. Эксплуатация кабельных линий 1—35 кВ. — М.: Энергия, 1972.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Глава 1. Осветительные установки и схемы электрических сетей освещения . . . . .	5
§ 1.1. Осветительные установки . . . . .	5
§ 1.2. Светильники . . . . .	12
§ 1.3. Электрические источники света . . . . .	22
§ 1.4. Схемы питания осветительных устройств . . . . .	31
§ 1.5. Расчет сетей электрического освещения . . . . .	38
Глава 2. Монтаж осветительных сетей и светильников . . . . .	49
§ 2.1. Электромонтажные материалы и изделия . . . . .	49
§ 2.2. Монтаж электропроводок . . . . .	55
§ 2.3. Монтаж светильников . . . . .	74
§ 2.4. Монтаж электрической аппаратуры . . . . .	82
§ 2.5. Правила техники безопасности при электро-монтажных работах . . . . .	90
Глава 3. Монтаж электрооборудования трансформаторных подстанций напряжением 10/0,4 кВ . . . . .	96
§ 3.1. Классификация подстанций . . . . .	96
§ 3.2. Реле и схемы релейной защиты . . . . .	97
§ 3.3. Монтаж оборудования подстанций . . . . .	104
§ 3.4. Расчет заземляющих устройств . . . . .	126
§ 3.5. Монтаж защитного заземления . . . . .	128
§ 3.6. Безопасные приемы монтажа трансформаторных подстанций . . . . .	140
Глава 4. Монтаж воздушных и кабельных линий напряжением до 10 кВ . . . . .	148
§ 4.1. Основные сведения о воздушных линиях . . . . .	148
§ 4.2. Монтаж воздушной линии . . . . .	151
§ 4.3. Устройство кабельных линий . . . . .	160
§ 4.4. Способы прокладки кабельных линий . . . . .	161
§ 4.5. Правила безопасности при монтаже воздушных и кабельных линий электропередачи . . . . .	169
Глава 5. Эксплуатация осветительных электроустановок . . . . .	172
§ 5.1. Организация эксплуатации осветительных электроустановок . . . . .	172
§ 5.2. Обслуживание осветительных электроустановок . . . . .	175
§ 5.3. Правила техники безопасности при эксплуатации осветительных электроустановок . . . . .	178

Глава 6. Эксплуатация электрических линий и подстанций	182
§ 6.1. Организация эксплуатации . . . . .	182
§ 6.2. Эксплуатация воздушных линий . . . . .	183
§ 6.3. Эксплуатация кабельных линий . . . . .	183
§ 6.4. Эксплуатация трансформаторных подстанций напряжением 10/0,4 кВ . . . . .	188
§ 6.5. Правила безопасности и противопожарные ме- ры при эксплуатации электрических установок	190
§ 6.6. Первая помощь пострадавшим от электриче- ского тока и при других несчастных случаях	193
Литература . . . . .	197

Владимир Иванович Крюков

**МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООСВЕТИТЕЛЬНЫХ  
УСТАНОВОК**

Редактор Е. А. Орехова  
Художник А. Р. Косолапов  
Художественный редактор Т. М. Скворцова  
Технический редактор А. К. Нестерова  
Корректор Г. А. Чечеткина

ИБ № 1536

Изд. № ЭР—246. Сдано в набор 04.09.78. Подп. в печать 18.05.79.  
Т-09348. Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бум. тип. № 3. Гарнитура литературная.  
Печать высокая. Объем 10,50 усл. печ. л. 10,43 уч.-изд. л. Тираж  
35 000 экз. Зак. № 1134. Цена 35 коп.  
Издательство «Высшая школа»,  
Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14  
Московская типография № 8 Союзполиграфпрома  
при Государственном комитете СССР  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,  
Хохловский пер., 7.