

ВВЕДЕНИЕ

Работа электрика по обслуживанию электрооборудования сводится к поддержанию работоспособного и безопасного состояния электрических машин, пуско-защитных аппаратов, устройств освещения, сигнализации и автоматики, что все и называется электрооборудованием, а также проводов, кабелей, разъемов, зажимов, электромонтажных изделий и т. д.

В состав устройств могут входить различные элементы, например, резисторы, конденсаторы, полупроводниковые приборы. Электрик должен быть знаком со всеми этими элементами, аппаратами и устройствами, но при работе он встречает много вопросов и затруднений, особенно в молодом возрасте, когда мало опыта. Полезно все эти вопросы и затруднения не спеша проанализировать с книгой, но таких книг пока недостаточно.

Целью данного справочника является знакомство электрика с электрооборудованием и другими составляющими электроустановок в части их безопасности, безотказности, увеличения срока службы. В этом смысле имеет большое значение знание всех отказов различных частей электроустановки, поисков и методов устранения отказов, что подробно представлено в справочнике.

1. ОБЩИЕ СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Понятия и определения, условные обозначения

Ниже приведены некоторые определения и сведения из принятых Правил устройства электроустановок (ПУЭ), которых придерживаются при проектировании и эксплуатации электроустановок.

Электроустановка представляет собой совокупность машин, аппаратов, линий их связи и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи и распределения электроэнергии.

Электроустановки по условиям безопасности разделяются

на электроустановки напряжением до 1000 В и электроустановки напряжением более 1000 В. В настоящем справочнике даются сведения по электроустановкам напряжением 380/220 В, где 380 В — напряжение между каждыми двумя из трех токоведущих проводов трехфазной сети (между фазами), а 220 В — напряжение между каждыми из этих проводов и нулевым проводом, соединенным с нейтралью трансформатора, питающего сеть, с заземляющим устройством нейтрали и с повторным заземлением самого нулевого провода.

В электроустановке электрические машины могут производить или потреблять электроэнергию.

Электрические аппараты применяются для включения, отключения и защиты электроприемников или участков линий.

Электрические линии могут быть воздушными или кабельными.

Открытыми или наружными электроустановками называются установки, не защищенные зданием от внешних воздействий.

Закрытыми или внутренними называются установки, расположенные внутри здания.

В табл. 1.1 приведены виды помещений в зависимости от условий среды.

Т а б л и ц а 1.1

ВИДЫ ПОМЕЩЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ СРЕДЫ

Вид помещения	Условия среды
Сухие	Относительная влажность воздуха не превышает 60%
Влажные	Пары и конденсирующая влага выделяются временно и относительная влажность воздуха в пределах 60...75%
Сырые	Относительная влажность воздуха длительно превышает 75%
Особо сырые	Относительная влажность воздуха близка к 100% (все поверхности покрыты влагой)
Жаркие	Температура постоянно или периодически (более 1 сут) превышает +35 °С (сушилки, котельные)
Пыльные	По условиям производства выделяется пыль в таком количестве, что она оседает на проводах, проникает внутрь машин и аппаратов. Пыль может быть токопроводящая и нетокопроводящая
Помещения с химически активной средой	Содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части

В соответствии с ПУЭ электроустановки классифицируются в зависимости от пожароопасности и взрывоопасности.

Пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещения, в пределах которого постоянно или периодически образуются горючие вещества и в котором они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушении.

Взрывоопасной зоной называется помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в которых имеются или могут образовываться взрывчатые смеси газов или паров с воздухом, кислородом или другими окислителями, а также горючей пыли или волокон с воздухом при переходе их во взвешенное состояние.

Классы пожароопасных и взрывоопасных зон приведены в табл. 1.2.

В отношении поражения людей электрическим током различаются:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия повышенной опасности.

2. Помещения с повышенной опасностью, в которых существует одно из условий повышенной опасности:

1) сырость или токопроводящая пыль;

2) токопроводящие полы;

3) возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам и т. д., с одной стороны, и к корпусам электрооборудования, с другой;

4) высокая температура.

3. Особо опасные помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий:

1) особая сырость;

2) химически активная или органическая среда;

3) одновременно два или более условий повышенной опасности.

Электрической сетью является совокупность электроустановок, обеспечивающих передачу и распределение электроэнергии (подстанции, распределительные устройства, воздушные и кабельные линии и т. д.)

Элементом называется часть электротехнического изделия, которая выполняет определенную функцию (резисторы, конденсаторы, транзисторы, коммутационные аппараты и т. д.).

Совокупность элементов, представляющих единую конструкцию (плата, блок, шкаф и т. д.) называют устройством.

Каждый элемент электротехнического устройства характеризуется номинальным параметром, указываемым изготовителем.

ПОЖАРООПАСНЫЕ И ВЗРЫВООПАСНЫЕ ЗОНЫ

Класс зоны	Характеристика зоны
Пожароопасные зоны	
П-I	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются жидкости с температурой вспышки выше 61 °С (склады минеральных масел)
П-II	Зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м ³ к объему воздуха (деревобрабатывающие цехи, мельницы, элеваторы)
П-III	Зоны в производственных и складских помещениях, содержащих твердые горючие вещества (дерево, ткани и др.)
П-IV	Зоны наружных установок, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61 °С (открытые склады минеральных масел)
Взрывоопасные зоны	
В-I	Зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются взрывоопасные газы или пары в таких количествах, что они могут образовывать взрывоопасные смеси с воздухом или другими окислителями только при недлительных режимах работы (разгрузка и загрузка)
В-Ia	Зоны в помещениях, в которых могут образоваться взрывоопасные смеси только при авариях или неисправностях технологического оборудования
В-Iб	Зоны в тех же помещениях, но имеющих следующие особенности: 1. Горючие газы в помещениях обладают высоким нижним пределом взрываемости (более 15%) и резким запахом (машинные залы аммиачных компрессорных установок); 2. Помещения производств, связанных с образованием газообразного водорода, в которых исключается образование взрывоопасной смеси в объеме более 5% свободного объема помещения и имеют взрывоопасную зону только в верхней части помещения
В-Iг	Пространства у наружных установок, содержащие взрывоопасные газы, пары, горючие и легковоспламеняющиеся жидкости, где взрывоопасные смеси возможны только при аварии
В-II	Зоны в помещениях, в которых может выделяться переходящая во взвешенное состояние пыль или волокна, способные образовать в смеси с воздухом и другими окислителями взрывоопасные смеси не только при аварийных режимах, но и при нормальных недлительных режимах работы
В-IIa	Зоны в помещениях, в которых взрывоопасные состояния, указанные для предыдущего класса, возможны только в результате аварий и неисправностей

лем и учитываемым при его использовании (напряжение, ток, мощность). Номинальные параметры указываются и для устройств.

Для каждого элемента и устройства государственными стандартами устанавливаются условные обозначения, некоторые из них приведены в прил. 1.

Т а б л и ц а 1.3

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ПО МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЕ СИ И ИХ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Величина		Единицы измерения			
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение		Определение
			русское	международное	
Сила электрического тока	I	Ампер	А	А	Сила неизменяющегося тока, который, проходя по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, вызвал бы между этими проводниками силу, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н на каждый метр длины
Температура	T	Кельвин	К	К	Единица измерения температуры, равная $1/273$ части интервала от абсолютного нуля температур (-273 °С) до температуры таяния льда (0 °С)
	t	Градус Цельсия	°С	°С	Та же, что и для Кельвина
Сила света	I	Кандела (свеча)	кд	cd	Сила света, испускаемого с площади $1/600000$ м ² сечения полного излучателя, в перпендикулярном этому сечению направлении, при температуре излучателя, равной температуре затвердевания платины при давлении 101325 Па
Световой поток	F	люмен	лм	lm	Произведение силы света источника на телесный угол, в который посылается световой поток. 1 лм = 1 св · 1 стер

Величина		Единицы измерения			
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение		Определение
			русское	международное	
Телесный угол		стерадиан	стер	sr	Стерadian — телесный угол, вершина которого расположена в центре сферы и который вырезает на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы
Освещенность	E	Люкс	лк	lx	$1 \text{ лм}/1 \text{ м}^2$
Сила	G	Ньютон	Н	N	Сила, которая телу массой 1 кг сообщает ускорение $1 \text{ м}/\text{с}^2$ в направлении ее действия
Вес	P				
Давление	p	Паскаль	Па	Pa	Давление, вызываемое силой в 1 Н, равномерно распределенной по поверхности площадью 1 м^2
Работа Энергия	A W	Джоуль	Дж	J	Работа силы 1 Н при перемещении ею тела на расстояние 1 м в направлении ее действия
Мощность	P N	Ватт	Вт	W	Мощность, при которой за 1 с совершается работа, равная 1 Дж
Электрическое напряжение	U	Вольт	В	V	Напряжение на участке электрической цепи с постоянным током силой 1 А, в котором затрачивается мощность 1 Вт
Напряженность электрического поля	E	Вольт на метр	В/м	V/m	Напряженность однородного электрического поля, при которой между точками, находящимися на расстоянии 1 м вдоль линии напряженности поля, создается разность потенциалов 1 В
Электрическое сопротивление	R	Ом	Ом	Ω	Сопротивление проводника, между концами которого при силе тока 1 А возникает напряжение 1 В
Удельное эл. сопротивление	ρ	Ом-метр	Ом·м	$\Omega \cdot \text{м}$	Электрическое сопротивление, при котором цилиндрический прямолинейный проводник площадью сечения 1 м^2 и длиной 1 м имеет сопротивление 1 Ом

Величина		Единицы измерения			Определение
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение		
			русское	международное	
Электрическая емкость	C	Фарада	Ф	F	Емкость конденсатора, между обкладками которого при заряде 1 Кл возникает напряжение 1 В
Электрический заряд	q	Кулон	Кл	C	Количество электричества, проходящее через поперечное сечение проводника в течение 1 с при токе силой 1 А
Магнитный поток	Φ	Вебер	Вб	Wb	Магнитный поток, при убывании которого до нуля в контуре, сцепленном с этим потоком, сопротивлением 1 Ом проходит количество электричества 1 Кл
Индуктивность	L	Генри	Гн	H	Индуктивность контура, с которым при силе постоянного тока в нем 1 А сцепляется магнитный поток 1 Вб
Магнитная индукция	B	Тесла	Тл	T	Магнитная индукция, при которой магнитный поток сквозь поперечное сечение площадью 1 м ² равен 1 Вб
Активная мощность электрической цепи	P	Ватт	Вт	W	Мощность электрической цепи, эквивалентная механической мощности 1 Вт
Реактивная мощность электрической цепи	Q	Вар	Вар	var	Мощность электрической цепи с синусоидальным переменным током при $\sin \varphi = 1$ и действующих значениях напряжения 1 В и силы тока 1 А
Полная мощность электрической цепи	S	Вольт-Ампер	В·А	V·A	Мощность электрической цепи с действующими значениями напряжения 1 В и силы тока 1 А
Абсолютная магнитная проницаемость, магнитная постоянная	μ	Генри на метр	Гн/м	H/m	Абсолютная магнитная проницаемость среды, в которой при напряженности магнитного поля 1 А/м создается магнитная индукция 1 Гн

Величина		Единицы измерения			Определение
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение		
			русское	международное	
Напряженность магнитного поля	<i>H</i>	Ампер на метр	А/м	А/м	Напряженность магнитного поля в центре длинного соленоида с <i>n</i> витками на каждый метр длины, по которым проходит ток силой <i>A/n</i>

Таблица 1.4

ВЫРАЖЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ ДРУГИХ СИСТЕМ ЧЕРЕЗ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ СИСТЕМЫ СИ

Величина	Единица измерения		Значение в единицах СИ
	Наименование	Обозначение	
Сила	Килограмм-сила стен	сн	10 Н
Давление и механическое напряжение	Техническая атмосфера	ат	98066,5 Па
	Килограмм-сила на квадратный сантиметр	кгс/см ²	98066,5 Па
	Физическая атмосфера	атм	101325 Па
	Миллиметр водяного столба	мм вод. ст.	9,80665 Па
	Миллиметр ртутного столба	мм рт. ст.	133,322 Па
Работа и энергия	Килограмм-сила-метр	кгс · м	9,80665 Дж
	Киловатт-час	кВт · ч	3,6 · 10 ⁶ Дж
Мощность	Лошадиная сила	л. с.	735,499 Вт
	Килограмм-сила-метр в секунду	кгс · м/с	9,80665 Вт
Количество электричества	Ампер-час	А · ч	3,6 · 10 ³ Кл
Электрическая емкость	Сантиметр	см	1,11265 · 10 ⁻¹² Ф
Магнитный поток	Максвелл	Мкс	10 ⁻⁸ Вб
Магнитная индукция	Гаусс	Гс	10 ⁻⁴ Тл
Напряженность магнитного поля	Эрстед	Э	79,5775 А/м

ПРИСТАВКИ И МНОЖИТЕЛИ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ДЕСЯТИЧНЫХ КРАТНЫХ И ДОЛЬНЫХ ЕДИНИЦ

Приставка	Обозначение		Множитель, на который умножаются единицы системы СИ
	русское	международное	
Мега	М	М	10^6
Кило	к	к	10^3
Гекто	г	h	10^2
Дека	да	da	10
Деци	д	d	10^{-1}
Санτι	с	c	10^{-2}
Милли	м	m	10^{-3}
Микро	мк	μ	10^{-6}
Нано	н	n	10^{-9}
Пико	п	p	10^{-12}

1.2. Некоторые формулы электротехники

Закон Ома для участка цепи постоянного тока

$$U = IR,$$

где U — напряжение на участке цепи, В, I — сила тока на этом участке, А, R — сопротивление участка цепи, Ом.

Сопротивление проводника

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

где ρ — удельное сопротивление, Ом · м, l — длина проводника, м, S — площадь поперечного сечения проводника, м².

Формула зависимости сопротивления проводника от температуры

$$R_t = R_{t_0} [1 + \alpha(t - t_0)],$$

где R_t и R_{t_0} — сопротивления проводника соответственно при температурах t и t_0 , °С, α — температурный коэффициент сопротивления Ом/°С.

Общее сопротивление цепи:
при последовательном соединении сопротивлений

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n,$$

при параллельном соединении

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}.$$

Общая емкость конденсаторов:
при последовательном соединении

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}},$$

при параллельном соединении

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n.$$

Мощность постоянного тока, Вт,

$$P = UI.$$

Энергия электрической цепи, Дж,

$$W = Pt,$$

где P — мощность, Вт, t — время, с.

Количество теплоты, выделяющееся в проводнике, Дж,

$$A = I^2 R t,$$

где I — сила тока, А, R — сопротивление проводника, Ом,
 t — время прохождения тока, с.

Закон Ома при переменном токе

$$U = IZ,$$

где Z — полное сопротивление, Ом.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2},$$

где $X_L = \omega L$ — индуктивное сопротивление, Ом, $X_C = \frac{1}{\omega C}$ —
емкостное сопротивление, Ом, ω — угловая частота, с⁻¹,

$\omega = 2\pi f$, где f — частота переменного тока, Гц, L — индуктивность, Гн, C — емкость, Ф.

Индуктивность катушки, Гн:
без железного сердечника

$$L = \frac{1,256n^2S}{l} 10^{-8},$$

где n — число витков катушки, S — площадь среднего сечения обмотки, составляющей катушку, см², l — длина катушки, см;

с железным сердечником

$$L = \mu \frac{1,256n^2S}{l} 10^{-8},$$

где μ — магнитная проницаемость материала сердечника, Гн/м.

Закон электромагнитной индукции: э. д. с., наведенная в катушке, В,

$$\dot{E} = 4,44fwBS,$$

где f — частота, Гц, w — число витков в катушке, B — индукция магнитного поля в стали магнитопровода, Т, S — площадь сечения магнитопровода, м².

Подъемная сила электромагнита, Н,

$$F = 3978B^2S10^2,$$

где B — магнитная индукция, Т, S — площадь сечения электромагнита, м².

Частота вращения магнитного поля электрической машины, об/мин,

$$n = \frac{60f}{p},$$

где p — число пар полюсов машины.

Мощность однофазного переменного тока:
активная, Вт,

$$P = UI \cos \varphi,$$

реактивная, вар,

$$Q = UI \sin \varphi,$$

полная, В·А,

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

Мощность трехфазного переменного тока:
активная, Вт,

$$P = \sqrt{3} UI \cos \varphi,$$

реактивная, вар,

$$Q = \sqrt{3} UI \sin \varphi,$$

полная, В·А,

$$S = \sqrt{3} UI = \sqrt{P^2 + Q^2},$$

где U, I — линейные напряжения и ток, φ — угол сдвига фаз между векторами токов и напряжений одноименных фаз.

Коэффициент мощности

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{U_A}{U} = \frac{I_A}{I} = \frac{R}{Z},$$

где U_A, I_A — активные составляющие напряжения и тока.

Соотношения между напряжениями и токами в трехфазной системе:

при соединении звездой

$$U_L \quad U_L = \sqrt{3} U_\Phi, \quad I_L = I_\Phi,$$

при соединении треугольником

$$U_L \quad U_L = U_\Phi, \quad I_L = \sqrt{3} I_\Phi,$$

где U_L, U_Φ — линейное и фазное напряжения, I_L, I_Φ — линейный и фазный токи.

1.3. Краткие сведения о надежности электротехнических устройств

Надежность — свойство технического устройства или изделия выполнять свои функции в пределах допустимых отклонений в течение определенного промежутка времени.

Работоспособность — состояние изделия, при котором оно способно выполнять свои функции в пределах установленных требований.

Отказ — событие, при котором нарушается работоспособность изделия.

Неисправность — состояние изделия, при котором оно не соответствует хотя бы одному требованию технической документации.

Наработка — продолжительность работы изделия в часах или других единицах времени.

Наработка на отказ, или среднее время безотказной работы — среднее значение наработки ремонтируемого изделия между отказами.

Вероятность безотказной работы — вероятность того, что в данный промежуток времени не возникнет отказа изделия.

Интенсивность отказов — вероятность отказа неремонтируемого изделия в единицу времени после данного момента времени.

Безотказность — свойство изделия сохранять работоспособность в течение некоторой наработки.

Долговечность — свойство изделия сохранять работоспособность до предельного состояния с перерывами на обслуживание и ремонт.

Ресурс — наработка изделия до предельного состояния, оговоренная в технической документации.

Срок службы — календарная продолжительность работы изделия до предельного состояния, оговоренная в технической документации.

Ремонтопригодность — доступность изделия для его обслуживания и ремонта.

Отказы электротехнического изделия могут означать не только электрические или механические повреждения, но и уход его параметров за допустимые пределы. В связи с этим отказы могут быть внезапными и постепенными.

Возникновения внезапных отказов в устройстве являются случайными событиями. Эти отказы могут быть независимыми, когда отказ одного элемента в устройстве происходит независимо от других элементов, и зависимыми, когда отказ одного элемента вызван отказом других. Разделение отказов на внезапные и постепенные является условным, так как внезапные отказы могут быть вызваны развитием постепенных отказов.

Количественной характеристикой для математического определения надежности является интенсивность отказов устройства в единицу времени, которая обычно измеряется числом отказов в час.

Величина, обратная интенсивности отказов, называется средней наработкой до первого отказа и измеряется в часах.

В течение срока службы технического устройства можно выделить три периода, интенсивность отказов в которых меняется по-разному.

В первый период, называемый периодом приработки, происходит выявление конструктивных, технологических, монтажных и других дефектов, поэтому интенсивность отказов может повышаться в начале периода, понижаясь при подходе к периоду нормальной работы.

Период нормальной работы характеризуется внезапными отказами постоянной интенсивности, которая увеличивается к периоду износа.

В период износа интенсивность отказов увеличивается с течением времени по мере износа изделия.

Очевидно, основным должен быть период нормальной работы, а другие периоды являются периодами входа и выхода из этого периода.

Надежность изделия закладывается на стадии проектирования. Если принятые при этом конструкторские решения соответствуют мировому уровню, то это будет способствовать большей надежности при работе изделия. Так же влияют технология производства и грамотность кадров на всех уровнях.

На надежности изделия сказываются условия транспортировки и хранения, монтаж, наладка и обкатка, соблюдение правил эксплуатации оборудования.

1.4. Обеспечение безопасного обслуживания персоналом машин и аппаратов и защиты их от влияния окружающей среды

Имеются различные исполнения машин и аппаратов по степени защиты и среди них выбирают такие исполнения, которые были бы безопасны и надежно работали в данных условиях. Степень защиты указывается в технической документации и в паспорте, укрепляемом на машине или аппарате.

Классы электротехнических изделий по способу защиты человека представлены в табл. 1.6.

Т а б л и ц а 1 . 6

КЛАССЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ПО СПОСОБУ ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Класс изделия	Характеристика изделия
0	Имеет рабочую изоляцию и не имеет элементов для заземления
0I	Имеет рабочую изоляцию, элемент для заземления и провод без заземляющей жилы для присоединения к источнику питания
I	Имеет рабочую изоляцию и элемент заземления
II	Имеет двойную или усиленную изоляцию и не имеет элементов для заземления
III	Не имеет внутренних и внешних электрических цепей с напряжением выше 42 В

Характеристики степеней защиты оболочек электрооборудования напряжением до 1000 В от поражения персонала и от влияния внешней среды приведены в табл. 1.7.

Таблица 1.7

**ХАРАКТЕРИСТИКИ СТЕПЕНЕЙ ЗАЩИТЫ ОБОЛОЧЕК
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В**

Степень защиты	Характеристика степени защиты	
	персонала от соприкосновения с токоведущими или движущимися частями и оборудования от попадания внутрь оболочки посторонних твердых тел	оборудования от проникновения воды внутрь оболочки
0	Защита отсутствует	Защита отсутствует
1	Защита от случайного соприкосновения большого участка поверхности тела человека с токоведущими или движущимися внутри оболочки частями. Отсутствует защита от преднамеренного доступа к этим частям. Защита от попадания посторонних твердых тел диаметром не менее 52,5 мм	Защита от капель сконденсировавшейся воды. Капли сконденсировавшейся воды, падающие вертикально на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на оборудование внутри оболочки
2	Защита от возможности соприкосновения пальцев с токоведущими или движущимися внутри оболочки частями. Защита от попадания посторонних твердых тел диаметром не менее 12,5 мм	Защита от капель воды. Капли воды, попадающие на оболочку, наклоненную под углом не более 15° к вертикали, не должны оказывать вредного воздействия на электрооборудование в оболочке
3	Защита от соприкосновения инструмента, проволоки или других подобных предметов, толщина которых превышает 2,5 мм, с токоведущими или движущимися частями внутри оболочки. Защита от попадания посторонних тел диаметром не менее 2,5 мм	Защита от дождя. Дождь, падающий на оболочку, наклоненную под углом не более 60° к вертикали, не должен оказывать вредного воздействия на оборудование внутри оболочки
4	Защита от соприкосновения инструмента, проволоки или других предметов, толщина которых превышает 1 мм, с токоведущими частями внутри оболочки. Защита оборудования от попадания посторонних мелких твердых тел толщиной не менее 1 мм	Защита от брызг. Брызги воды любого направления, попадающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на оборудование внутри оболочки

Степень защиты	Характеристика степени защиты	
	персонала от соприкосновения с токоведущими или движущимися частями и оборудования от попадания внутрь оболочки посторонних твердых тел	оборудования от проникновения воды внутрь оболочки
5	Полная защита персонала от соприкосновения с токоведущими или движущимися частями, находящимися внутри оболочки. Защита от вредных отложений пыли	Защита от водяных струй. Вода, выбрасываемая через наконечник на оболочку в любом направлении, не должна оказывать вредного воздействия на оборудование в оболочке
6	Полная защита персонала от соприкосновения с токоведущими или движущимися частями, находящимися внутри оболочки. Полная защита оборудования от попадания пыли	Защита от воздействий, характерных для палубы корабля (включая палубное водонепроницаемое оборудование)
7	—	Защита при погружении в воду. Вода не должна проникать в оболочку при давлении и в течение времени, указанных в стандартах или технических условиях на оборудование
8	—	Защита при неограниченно длительном погружении в воду. Вода не должна проникать в оболочку при давлении, указанном в стандарте или технических условиях

Обозначения степеней защиты оболочек аппаратов показаны в табл. 1.8.

Степени защиты электрических машин показаны в табл. 1.9.

Условное обозначение степени защиты содержит следующие данные в указанной последовательности: а) IP — первые буквы английских слов International Protection, означающие защиту по международным нормам; б) первая цифра указывает степень защиты от соприкосновения и попадания посторонних тел; в) вторая цифра указывает степень защиты от проникновения воды.

Способ охлаждения электрической машины обозначается символом IC (первые буквы слов International Cooling, означающих охлаждение по международным нормам), и цифрами.

Т а б л и ц а 1.8

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ СТЕПЕНЕЙ ЗАЩИТЫ ОБОЛОЧЕК
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Степень защиты от со- прикосновения и пола- дания посторонних тел	Степень защиты от проникновения воды								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	IP00								
1	IP10	IP11	IP12						
2	IP20	IP21	IP22	IP23					
3	IP30	IP31	IP32	IP33	IP34				
4	IP40	IP41	IP42	IP43	IP44				
5	IP50	IP51			IP54	IP55	IP56		
6	IP60					IP65	IP66	IP67	IP68

Т а б л и ц а 1.9

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ СТЕПЕНЕЙ ЗАЩИТЫ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Степень защиты от со- прикосновения и пола- дания посторонних тел	Степень защиты от проникновения воды								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	IP00	IP01							
1	IP10	IP11	IP12	IP13					
2	IP20	IP21	IP22	IP23					
3									
4				IP43	IP44				
5					IP54	IP55	IP56		
6									

Электрические машины со степенями защиты IP54 и IP44 выпускаются со способом охлаждения IC0141. Первые две цифры (01) определяют, что внешняя поверхность машины обдувается вентилятором, насажденным на вал машины и охлаждающим машину окружающим воздухом через ее оболочку.

Следующие две цифры (41) относятся к внутренней части машины и означают, что воздух внутри машины приводится в движение самим ротором или дополнительным внутренним вентилятором и тепло внутри машины передается окружающей среде через поверхность станины, которая может быть гладкой или с ребрами.

Способ охлаждения IC0041 отличается от предыдущего отсутствием внешнего вентилятора.

При способе охлаждения IC0151 обмен теплотой между воздухом внутри и вне машины происходит с помощью встроенного охладителя.

Способ охлаждения IC01 имеют машины в исполнении IP23.

Электрооборудование обычно предназначается для работы на высоте над уровнем моря до 1000 м при температуре внешней среды не выше +40 °С и не ниже -45 °С.

Установлены следующие категории мест размещения электрооборудования при эксплуатации:

1 — на открытом воздухе, где они подвергаются воздействию всех природных факторов,

2 — помещения, в которых отсутствует прямое воздействие атмосферных осадков и солнечных лучей (навесы, палатки и т. д.),

3 — закрытые помещения с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры и влажности воздуха, солнечного света, воздействие песка и пыли меньше, чем на открытом воздухе (неотапливаемые помещения).

4 — помещения с искусственно регулируемыми климатическими условиями (производственные помещения закрытые отапливаемые и вентилируемые).

5 — помещения с повышенной влажностью, в которых возможно длительное нахождение воды или конденсированной влаги, например, неотапливаемые и невентилируемые помещения под землей, в том числе шахты и подвалы.

Электрооборудование по условиям окружающей среды может иметь следующие исполнения:

для умеренного климата	У1—У5,
для холодного и умеренного климата	ХЛ1—ХЛ5, УХЛ1—УХЛ5,
для тропического климата	Т1—Т5.

1.5. Электроустановки во взрывоопасных зонах

Электрооборудование таких электроустановок имеет степень защиты от взрыва окружающей взрывоопасной смеси газов и паров с воздухом в зависимости от категорий и групп этих смесей, которые показаны в табл. 1.10 и 1.11, где БЭМЗ — безопасный экспериментальный максимальный зазор между фланцами оболочки, через который не происходит передачи

взрыва из оболочки в окружающую среду при любой концентрации смеси в воздухе.

Температура самовоспламенения — самая низкая температура горючего вещества, при которой происходит увеличение скорости реакций, заканчивающихся пламенным горением.

Взрывозащищенное электрооборудование — электрооборудование, в котором предусмотрены конструктивные меры по устранению или затруднению возможного воспламенения окружающей взрывоопасной среды.

Уровни взрывозащиты электрооборудования.

Уровень 2 — электрооборудование повышенной надежности против взрыва — взрывозащищенное электрооборудование, в котором защита от взрыва обеспечивается только в признанном нормальном режиме работы.

Уровень 1 — взрывобезопасное электрооборудование — взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при признанных вероятными повреждениях, определенных условиями эксплуатации, кроме повреждений средств взрывозащиты.

Уровень 0 — особо взрывобезопасное электрооборудование — электрооборудование, в котором по отношению к взрывобезопасному электрооборудованию приняты дополнительные средства взрывозащиты, предусмотренные стандартами.

Т а б л и ц а 1.10

КАТЕГОРИИ ВЗРЫВООПАСНЫХ СМЕСЕЙ ГАЗОВ И ПАРОВ
С ВОЗДУХОМ

Категория смеси	Наименование смеси	БЭМЗ, мм
I	Рудничный метан	более 1,0
II	Промышленные газы и пары	—
IIA	То же	более 0,9
IIB	То же	от 0,5 до 0,9
IIC	То же	до 0,5

Группы взрывозащищенного электрооборудования по области его применения показаны в табл. 1.12, подгруппы электрооборудования группы II — в табл. 1.13, температурные классы электрооборудования группы II — в табл. 1.14.

**ГРУППЫ ВЗРЫВООПАСНЫХ СМЕСЕЙ ГАЗОВ И ПАРОВ
С ВОЗДУХОМ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ САМОВОСПЛАМЕНЕНИЯ**

Группа	Температура самовоспламенения смеси, °С
T1	более 450
T2	от 300 до 450
T3	от 200 до 300
T4	от 150 до 200
T5	от 100 до 135
T6	от 85 до 100

Т а б л и ц а 1.12

**ГРУППЫ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ
ПО ОБЛАСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ**

Электрооборудование	Знак группы
Рудничное, для подземных выработок шахт и рудников	I
Для внутренних и наружных установок (кроме рудничного)	II

Виды защиты:

взрывонепроницаемые оболочки	d
заполнение или продувка оболочки защитным газом под избыточным давлением	p
искробезопасная цепь	i
кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями	q
масляное заполнение оболочки с токоведущими частями	o
специальный вид взрывозащиты	s
защита вида «е»	e

В маркировку взрывозащищенного электрооборудования входят:

знак уровня защиты электрооборудования	2, 1, 0
знак, указывающий на соответствие электрооборудования стандартам на взрывозащищенное электрооборудование	Ex
знак вида защиты	d, p, i, q, o, s, e
знак группы или подгруппы электрооборудования	II, IIA, IIB, IIC

ПОДГРУППЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ГРУППЫ II С ВИДАМИ
ВЗРЫВОЗАЩИТЫ «ВЗРЫВОНЕПРОНИЦАЕМАЯ ОБОЛОЧКА»
ИЛИ(И) «ИСКРОБЕЗОПАСНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ»

Знак группы (не подразделяется на подгруппы)	Знак подгруппы	Категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
II	—	IIA IIB IIC
	IIA	IIA
	IIB	IIA IIB
	IIC	IIA IIB IIC

Т а б л и ц а 1.14

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ КЛАССЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ГРУППЫ II

Знак температурного класса электрооборудования	Предельная температура, °С	Группы взрывоопасной смеси, для которых электрооборудование является взрывозащищенным
T1	450	T1
T2	300	T1, T2
T3	200	T1—T3
T4	135	T1—T4
T5	100	T1—T5
T6	85	T1—T6

Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования приведены в табл. 1.15.

Исполнение электрооборудования в зависимости от класса взрывоопасной зоны показано в табл. 1.16, допустимые способы прокладки проводов и кабелей в зависимости от класса зоны — в табл. 1.17.

**ПРИМЕРЫ МАРКИРОВКИ
ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

Уровень взрывозащиты	Вид взрывозащиты	Группа (подгруппа)	Температурный класс	Маркировка по взрывозащитности
Электрооборудование повышенной надежности против взрыва	Защита вида «е»	II	T6	2ExeII T6
Взрывобезопасное	Взрывонепроницаемая оболочка	IIA	T3	1ExdIIAT3
Особовзрывобезопасное	Искробезопасная электрическая цепь	IIС	T6	0ExiIICT6

Т а б л и ц а 1.16

**ИСПОЛНЕНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ КЛАССА ВЗРЫВООПАСНОЙ ЗОНЫ, ГДЕ ОНО ПРИМЕНЯЕТСЯ**

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты
Электрические машины	
B-I	Взрывобезопасное
B-Ia, B-Ir	Повышенной надежности против взрыва
B-IB	Без взрывозащитной оболочки, со степенью защиты IP44
B-II	Взрывобезопасное
B-IIa	Без взрывозащитной оболочки со степенью защиты IP54
Электрические аппараты и приборы	
Стационарные	
B-I	Взрывобезопасные, особо взрывобезопасные
B-Ia, B-Ir	Повышенной надежности против взрыва — для аппаратов и приборов искрящих или подверженных нагреву выше 80 °С Без средств взрывозащиты — для аппаратов и приборов, не искрящих и не подверженных нагреву выше 80 °С Оболочка IP54
B-IB	Без средств взрывозащиты, оболочка IP44
B-II	Взрывобезопасные, особо взрывобезопасные
B-IIa	Без средств взрывозащиты, оболочка IP54

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты
Передвижные и ручные переносные	
В-I, В-Ia	Взрывобезопасные, особо взрывобезопасные
В-Іб, В-Іг	Повышенной надежности
В-II	Взрывобезопасные
В-IIa	Без средств взрывозащиты. Оболочка IP54
Светильники	
Стационарные	
В-I	Взрывобезопасные
В-Ia, В-Іг	Повышенной надежности против взрыва
В-Іб	Без средств взрывозащиты. Исполнение IP5x*
В-II	Повышенной надежности против взрыва
В-IIa	Без средств взрывозащиты. Оболочка IP5x
Переносные	
В-I, В-Ia	Взрывобезопасные
В-Іб, В-Іг	Повышенной надежности против взрыва
В-II	Взрывобезопасные
В-IIa	Повышенной надежности против взрыва

* Символ «х» заменяет цифру, которая выбирается в зависимости от условий среды.

Таблица 1.17

ДОПУСТИМЫЕ СПОСОБЫ ПРОКЛАДКИ КАБЕЛЕЙ И ПРОВОДОВ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ

Кабели и провода	Способ прокладки	Силовые сети и вторичные цепи до 1000 В	Осветительные сети до 380 В
Бронированные кабели	Открыто: по стенам и строительным конструкциям на скобах и кабельных конструкциях, в коробах, лотках, на тросах, эстакадах, в каналах. Скрыто в земле, в блоках	В зонах любого класса	

Кабели и провода	Способ прокладки	Силовые сети и вторичные цепи до 1000 В	Осветительные сети до 380 В
Небронированные кабели в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочке	Открыто — при отсутствии механических и химических воздействий: по стенам и строительным конструкциям на скобах и кабельных конструкциях, в лотках, на тросах. В каналах пылеуплотненных (покрытых асфальтом) или засыпанных песком. Открыто в коробах	В-1б В-1а В-1г В-1л В-1а В-1а В-1б В-1г	В-1а В-1б В-1а В-1г В-1л В-1а В-1а В-1б В-1г
	Открыто и скрыто: в стальных водогазопроводных трубах	В зонах любого класса	
Изолированные провода	То же		

1.6. Электроустановки в пожароопасных зонах

Степени защиты электрооборудования, применяемого в пожароопасных зонах, приведены в табл. 1.18.

Т а б л и ц а 1.18

ДОПУСТИМЫЕ СТЕПЕНИ ЗАЩИТЫ ОБОЛОЧЕК ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КЛАССА ПОЖАРООПАСНОЙ ЗОНЫ

Вид установки и условия ее работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIa	П-III
Электрические машины: стационарно установленные машины искрящие или с искрящими частями по условиям работы то же не искрящие и без искрящих частей то же с частями искрящими и неискрящими по условиям работы, установленные на передвижных механизмах (краны, тельферы и т. д.)	IP44 IP44 IP44	IP54 IP44 IP54	IP44 IP44 IP54	IP44 IP44 IP54

Вид установки и условия ее работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIa	П-III
Электрические аппараты и приборы, установленные стационарно или на передвижных механизмах, искрящие по условиям работы	IP44	IP54	IP44	IP44
То же не искрящие по условиям работы	IP44	IP44	IP44	IP44
Шкафы для размещения аппаратов и приборов	IP44	IP54	IP44	IP44
Коробки сборок зажимов	IP44	IP44	IP44	IP44
Светильники с источниками света: лампы накаливания	IP5x*	IP5x	IP2x	IP23
ДРЛ	IP5x	IP5x	IP2x	IP23
люминесцентные низкого давления	IP5x	IP5x	IP2x	IP23

* Символ «х» означает, что степень защиты принимается в соответствии с условиями внешней среды в месте установки светильника.

Электропроводка внутри светильника с лампами накаливания и ДРЛ до места присоединения внешних проводов должна выполняться термостойкими проводами.

Степень защиты переносного светильника — IP54, стеклянный колпак должен быть защищен металлической сеткой.

2 ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ, УСТРОЙСТВ И МАШИН

2.1. Резисторы

Резисторы классифицируются по характеру изменения сопротивления (постоянные, переменные регулируемые, переменные подстроечные), по назначению (общего назначения, высокочастотные, высоковольтные и др.), по материалу резистивного элемента (проволочные, непроволочные).

Непроволочные резисторы в зависимости от материала токопроводящего слоя подразделяются на металлодиэлектрические, металлоокисные, углеродистые, лакопленочные, на проводящей пластмассе и др.

Новая система обозначений резисторов представлена в табл. 2.1.

Т а б л и ц а 2 . 1

СИСТЕМА УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ РЕЗИСТОРОВ

Элемент			Пример обозначения
первый	второй	третий	
Р — резисторы постоянные РП — резисторы переменные	1 — непроволочные 2 — проволочные, металлофольговые	Порядковый номер разработки	Р1-26 — постоянный непроволочный с порядковым номером разработки 26
ТР — терморезисторы с отрицательным ТКС	Полупроводниковые материалы не обозначаются	То же	ТР-7 — терморезистор с отрицательным ТКС, с порядковым номером разработки 7
ВР — варисторы постоянные ВРП — варисторы переменные	То же	То же	ВРП-14 — варистор переменный с порядковым номером разработки 14

В старой системе обозначений резисторов первый элемент означает: С — резистор постоянный, СП — резистор переменный, СТ — терморезистор, СН — варистор; второй элемент: 1 — углеродистые и бороуглеродистые, 2 — металлодиэлектрические и металлоокисные, 3 — композиционные пленочные, 4 — композиционные объемные, 5 — проволочные.

Применяются резисторы и с более старыми обозначениями, например, непроволочные постоянные ВС, УЛМ, МЛТ, проволочные ПЭ.

Номинальными параметрами резистора являются номинальная мощность рассеяния $P_{ном}$, номинальное сопротивление R , допустимое отклонение сопротивления, или допуск, температурный коэффициент сопротивления (ТКС), который показывает относительное обратимое изменение сопротивления при изменении температуры резистора на 1 °С. Чем меньше ТКС, тем большей температурной стабильностью обладает резистор. Номинальную мощность резистора можно узнать по маркировке на корпусе или в зависимости от размеров по табл. 2.2.

Т а б л и ц а 2 . 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ РЕЗИСТОРОВ ПО ИХ РАЗМЕРАМ

Тип резистора	Диаметр, мм	Длина, мм	$P_{н}$, Вт
ВС	2,5	7	0,125
УЛМ, ВС	5,5	16,5	0,25
ВС	5,5	26,5	0,5
	7,6	30,5	1
	9,8	48,5	2
	25	75	5
	30	120	10
КИМ	1,8	3,8	0,05
	2,5	8	0,125
МЛТ	2	6	0,125
	3	7	0,25
	4,2	10,8	0,5
	6,6	13	1
	8,6	18,5	2

На корпус резистора наносится маркировка, если позволяют его размеры, которая содержит сокращенное обозначение, номинальную мощность, номинальное сопротивление, допуск.

Номинальное сопротивление обозначается цифрами с указанием единицы измерения:

Ом (R или E по-старому или без буквы) — омы; кОм (K) — килоомы, МОм (M) — мегаомы, ГОм (G) — гигаомы, ТОм (T) — тераомы. Например,

	220 Ом	680 кОм	3,3 МОм	4,7 ГОм	1 ТОм
или	220	680к	3М3	4Г7	1Т,

где буква между цифрами определяет положение запятой.

Коды допускаемых отклонений сопротивления показаны в табл. 2.3.

Т а б л и ц а 2 . 3

КОДЫ ДОПУСКАЕМЫХ ОТКЛОНЕНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЙ РЕЗИСТОРОВ

Допуск, $\pm\%$	20	10	5	2	1	0,5	0,25	0,1
Новый код	M	K	1	G	F	D	C	B
Старый код	B	C	И	Л	Р	Д	У	Ж

Примеры маркировки резисторов показаны на рис. 2.1.

Для иностранных резисторов цвет пояска означает цифру: черный — 0, коричневый — 1, красный — 2, оранжевый — 3, желтый — 4, зеленый — 5, синий — 6, фиолетовый — 7, серый — 8, белый — 9.

Число, соответствующее величине сопротивления резистора в Омах, составляется из цифр, соответствующих цвету поясков, начиная с первого (1), причем цвет третьего пояска (3) определяет число нулей, которые нужно приписать к двум первым цифрам, чтобы получить величину сопротивления. Четвертый поясок (4) обозначает класс точности резистора: золотой поясок — $\pm 5\%$, серебряный — $\pm 10\%$, отсутствие пояска — $\pm 20\%$.

На схемах постоянные резисторы имеют внутри символа обозначения знак, указывающий номинальную мощность рассеяния резистора (рис. 2.1, б). Рядом с условным обозначением

ем резистора указывается величина его номинального сопротивления и знак R с цифрой или числом, указывающим порядковый номер резистора на схеме.

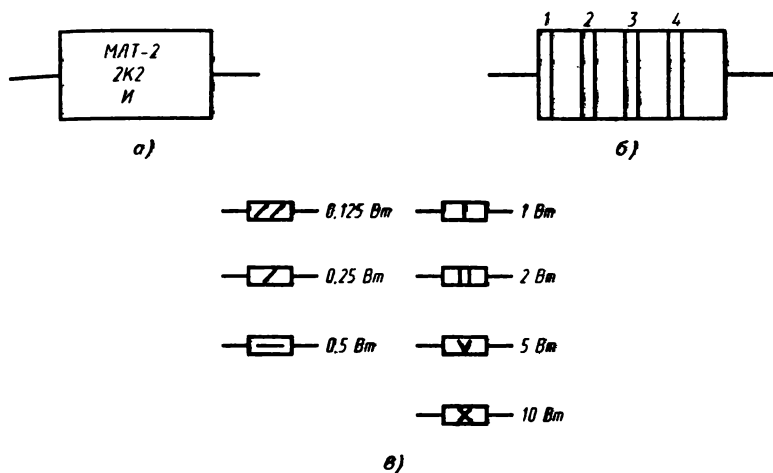


Рис. 2.1. Маркировка резисторов и обозначение их мощности на схемах:

- а) пример маркировки отечественного резистора. Расшифровка: тип МЛТ, мощность рассеяния 2 Вт, 2,2 кОм, отклонение величины сопротивления 5%;
- б) пример маркировки иностранного резистора: 1-4 — номера поясков. В данном случае цвета поясков: 1 — коричневый, 2 — черный, 3 — черный, 4 — серебряный. Расшифровка: 100 Ом, класс точности $\pm 10\%$;
- в) обозначение мощности рассеяния резисторов на схемах.

Величины номинальных сопротивлений от 1 до 99 Ом указываются числом без единицы измерения, а если число содержит дробь, то с указанием единицы измерения, например, 56, 5,6 Ом. Величины сопротивлений от 1 до 999 кОм обозначаются числом с буквой к — 5,6к, 56к.

Величины сопротивлений в мегаомах на схемах указывают числом без единицы измерения, причем в целом числе при этом присутствуют запятая и нуль — 56,0.

Данные некоторых резисторов приведены в табл. 2.4.

Полупроводниковые нелинейные резисторы, в отличие от рассмотренных линейных резисторов, обладают способностью изменять свое сопротивление под действием управляющих факторов: температуры, напряжения, магнитного поля и др.

Терморезисторы, или термисторы, имеют резко выраженную зависимость электрического сопротивления от температуры. Терморезисторы могут быть как с отрицательным, так и

Т а б л и ц а 2.4

ДАННЫЕ НЕКОТОРЫХ РЕЗИСТОРОВ

Тип	Диапазон P_n , Вт (при t °C)	Диапазон номинальных сопротивлений	Допуск, $\pm\%$	Диапазон размеров, мм		
				диаметр (ширина)	длина	высота
Постоянные непроволочные резисторы						
C2-33H	0,125...2 (85)	1 Ом... 10 МОм	1; 2; 5; 10	2,2...8,8	6...18,5	
МЛТ	0,125...2 (70)	1 Ом... 10 МОм	2; 5; 10	2,2...8,6	6...18,5	
P1-4	0,25 (70)	10 Ом... 1 МОм	1; 2; 5	1,8	4	
BC	1...10 (40)	47 Ом... 10 МОм	5; 10; 20	7,6...40,3	30,9... 120,5	
C3-14	0,01...1 (55, 70)	5,6 кОм... 100 ГОм	0,5; 10; 20	1,6...6,2	3,2...29	
Постоянные проволочные резисторы						
C5-35B, ПЭВ	3...100 (40)	1 Ом... 51 кОм	5; 10	14...29	26...170	28...43
C5-37	5...16 (40)	1,8 Ом... 15 кОм	5; 10; 5; 10	11	25,8...70,8	
Переменные непроволочные резисторы						
СП-II	1; 0,5 (25)	470 Ом... 4,7 МОм	20; 30	29	15	
СП3-1	0,25 (55)	470 Ом	20; 30	15,5	16,5	8,2
СП3-456	0,5...2 (85)	100 Ом... 10 МОм	10; 20; 30	12; 16; 21	16; 17,5; 20,5	
СП3-30	0,125... 0,5 (40)	220 Ом... 6,8 МОм	20; 30	26	27; 37	

Наряду с параметрами, сходными с параметрами линейных резисторов, терморезисторы имеют свои параметры.

Коэффициент температурной чувствительности B определяет характер температурной зависимости данного вида терморезистора.

Постоянная времени характеризует тепловую инерционность. Она равна времени, в течение которого температура

терморезистора изменяется на 63% при перенесении его из воздушной среды с температурой 0 °С в воздушную среду с температурой 100 °С.

Варисторы обладают резко выраженной зависимостью электрического сопротивления от приложенного к ним напряжения.

Данные некоторых нелинейных резисторов показаны в табл. 2.5.

Т а б л и ц а 2.5

НЕЛИНЕЙНЫЕ РЕЗИСТОРЫ

Тип	Диапазон номинальных сопротивлений	Допуск, ±%	Максимальная мощность при 20 °С, мВт	Диапазон рабочих температур °С	ТКС при 20 °С, %/°С
Терморезисторы с отрицательным ТКС прямого подогрева					
Стержневые					
КМТ-1	22 кОм...1 МОм	20	1000	60...180	4,2...8,4
СТЗ-1	680 Ом...2,2 кОм	10	600	60...125	3,35...3,95
ММТ-4	1 кОм...220 кОм	20	560	60...125	2,4...5
Дисковые					
СТ1-2	82...110 Ом	5	700	60...85	4,4...4,9
КМТ-12	100 Ом...10 кОм	30	700	60...125	4,2...8,4
ММТ-12	4,7 Ом...1 кОм	30	700	60...125	2,4...4
Терморезисторы с положительным ТКС — позисторы					
СТ5-1	20...150 Ом	—	700	20...200	20
СТ6-4Б	100...400	—	800	60...125	15

Отказы резисторов происходят в основном из-за обрывов в токопроводящей цепи, из-за нарушений контактов и от перегрева, приводящего к перегоранию проводящего слоя. Вследствие перегорания проводящего материала происходят внезапные отказы, а вследствие дрейфа сопротивления резистора — постепенные отказы.

Часть отказов резисторов зависит от состояния других деталей в аппаратуре и их отказов, значительное число отказов происходит из-за их неправильного применения.

При выборе резистора нужно учитывать как его параметры, так и условия среды, где он будет работать — температуру, влажность, вибрации и т. д. Следует также учитывать, что у резисторов существует максимальная частота приложенного напряжения, при которой их сопротивление начинает меняться, и допустимое напряжение.

При определении состояния работающих резисторов или новых для замены вышедших из строя необходима их проверка.

Постоянные резисторы проверяют внешним осмотром на отсутствие механических повреждений и соответствие параметров, указанных на корпусе, принципиальной электрической схеме. Сопротивление резисторов измеряется омметром. При осмотре резистора проверяют целость корпуса, его покрытия, прочность выводов. Целость выводов проверяют измерением сопротивления резистора при их покачивании.

Переменные резисторы после внешнего осмотра проверяют на плавность изменения сопротивления путем его измерения при вращении оси, на соответствие закона изменения сопротивления резистора его типу, сопротивление резистора при крайних положениях оси. При измерении сопротивления резистора при вращении его оси часто наблюдаются скачки сопротивления, что говорит о неисправности резистора и о необходимости его замены.

Для замены необходим соответствующий подбор резистора. Параметры резистора должны соответствовать условиям его применения по нагрузке и внешней среде. Фактическая мощность, рассеиваемая на резисторе, и его температура должны быть ниже предельных значений по техническим условиям на резистор.

По величине отклонения сопротивления резистора от номинального резисторы выбирают с учетом особенностей цепей, где они работают. Если большое отклонение сопротивления мало влияет на работу устройства, то можно применять резисторы с отклонением 20%. Такими резисторами могут быть резисторы в цепях управляющих сеток ламп, в цепи коллекторов транзисторов.

Если от величины сопротивления резистора зависит режим работы цепи, то следует применять резисторы с допуском 5 или 10%. К ним относятся резисторы в цепях эмиттера и базы транзистора.

В цепях, где требуется постоянство сопротивления, применяются резисторы с допуском не более 2%.

Работа резистора в схеме проявляется его нагревом. Относительно сильный нагрев (до 300 °С) для резистора не опа-

сен, выделяющееся тепло может отрицательно повлиять на соседние детали. В таких случаях для уменьшения нагрева резистора его нужно заменить на другой, большей мощности, но с теми же другими параметрами.

2.2. Конденсаторы

В основу классификации конденсаторов положено деление их на группы по виду применяемого диэлектрика и по конструктивным особенностям.

Сокращенное обозначение конденсатора состоит из букв и цифр. Первый элемент обозначения — буква или сочетание букв — обозначает подкласс конденсатора: К — постоянной емкости, КТ — подстроечные, КП — переменной емкости. Второй элемент означает группу конденсаторов в зависимости от вида диэлектрика (табл. 2.6). Третий элемент пишется через дефис и соответствует порядковому номеру разработки. В состав второго и третьего элементов могут входить буквы.

Т а б л и ц а 2 . 6

УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ КОНДЕНСАТОРОВ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАТЕРИАЛА ДИЭЛЕКТРИКА

Подкласс конденсаторов	Группа конденсаторов	Обозначение группы
Постоянной емкости	Керамические на номинальное напряжение ниже 1600 В	10
	Керамические на номинальное напряжение 1600 В и выше	15
	Стеклянные	21
	Тонкопленочные	26
	Слюдяные малой мощности	31
	Слюдяные большой мощности	32
	Бумажные металлизированные	42
	Оксидно-электролитические алюминиевые	50
	Оксидно-электролитические танталовые и др.	51
	Оксидно-полупроводниковые	53
	Полистирольные	71
	Фторопластовые	72
	Поликарбонатные	77
Переменной емкости	С твердым диэлектриком	4

Для старых типов конденсаторов в основу условных обозначений брались конструктивные, технологические и другие признаки: КД — конденсаторы дисковые, ФТ — фторопластовые теплостойкие, КТП — конденсаторы трубчатые проходные.

Маркировка конденсатора содержит, если позволяют размеры корпуса, его тип, номинальное напряжение, емкость, допуск, группу ТКЕ, а если размеры не позволяют, то применяется цветовая маркировка (табл. 2.7).

Т а б л и ц а 2.7

ЦВЕТОВЫЕ КОДЫ ДЛЯ МАРКИРОВКИ КОНДЕНСАТОРОВ
(В ВИДЕ ТОЧЕК ИЛИ ПОЛОС)

Цветовой код	Номинальная емкость, пФ		Допускаемое отклонение емкости, %	Номинальное напряжение, В
	первая и вторая цифры	множитель		
Серый	47	10^{-2}	-20...+80	3,2
Черный	10	1	20	4
Коричневый	12	10	1	6,3
Красный	15	10^{-2}	2	10
Оранжевый	18	10^3	0,25 пФ	16
Желтый	22	10^4	0,5 пФ	40
Зеленый	27	10^5	5	20
Голубой	33	10^6	1	30
Фиолетовый	39	10^7	-20...+50	50
Белый	56	10^{-1}	-20...+80	63
Серебряный	68	—	—	2,5
Золотой	82	—	—	1,6

Полное обозначение номинальных емкостей состоит из чисел величины емкости и единицы измерения (пФ — пикофарада, мкФ — микрофарада, Ф — Фарада).

Кодированное обозначение номинальных емкостей содержит две или три цифры и букву. Буква из русского или латинского алфавита обозначает название доли фарады или целой фарады: П (р) — пикофарада = 10^{-12} Ф, Н (п) — нанофарада = 10^{-9} Ф, М (μ) — микрофарада = 10^{-6} Ф, Ф (F) — фарада. Например, емкость 2,2 пФ обозначается 2П2 (2р2), 1500 нФ — 1Н5 (1п5); 1 мкФ — М1 (μ1), 10 мкФ — 10М (10μ), 1 Ф — 1Ф0 (1F0).

Допускаемые отклонения емкости обозначаются цифрами или кодом (табл. 2.8).

Т а б л и ц а 2 . 8

ДОПУСКАЕМЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА
ОТ НОМИНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

Допускаемое отклонение, %	0,1	0,2	0,5	1	2	5	20	30
Код новый (старый)	В (Ж)	С (У)	Д (Д)	Е (Р)	Г (Л)	И (И)	К (С)	Н (Ф)

Параметрами конденсаторов являются номинальная емкость, номинальное напряжение. Тангенс угла потерь ($\text{tg } \delta$) характеризует активные потери энергии в конденсаторе. Величина, обратная тангенсу угла потерь, называется добротностью конденсатора.

Сопротивление изоляции и ток утечки характеризуют качество диэлектрика. Наиболее высокое сопротивление изоляции имеют фторопластовые, полистирольные и полипропиленовые конденсаторы, несколько ниже оно у керамических и поликарбонатных.

Для оксидно-электролитических конденсаторов задается ток утечки, значение которого пропорционально емкости и напряжению. Наименьший ток утечки имеют танталовые конденсаторы (от единиц до десятков микроампер), а у алюминиевых конденсаторов он на один-два порядка больше.

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ) определяет относительное изменение емкости при изменении температуры конденсатора на 1°C .

Данные некоторых конденсаторов приведены в табл. 2.9.

Большинство отказов конденсаторов происходит из-за пробоя и перекрытия, бывают отказы из-за механических повреждений, уменьшения емкости и сопротивления изоляции.

Выход из строя диэлектрика конденсатора может происходить за счет пробоя в объеме диэлектрика и разряда по его поверхности. Пробой происходит, когда напряженность электрического поля превышает определенное значение для данного диэлектрика — пробивную напряженность, характеризующую электрическую прочность диэлектрика. Для твердых диэлектриков характерны две формы пробоя — электрический и тепловой.

ДАННЫЕ НЕКОТОРЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Тип	U _н , В	Группа ТКЕ	Диапазон номинальных емкостей, пФ	Допуск*, %	Габаритные размеры, мм		
					диаметр (ширина)	длина	высота
Конденсаторы с неорганическим диэлектриком							
Керамические низковольтные							
КД-1	250	П100	1...7,5	$\pm 5 \pm 10$ ± 20	4,5...6,5	3	
	160	Н70	680...2200	$\frac{+50}{-20} \frac{+80}{-20}$			
КТ-1	250	М1500	15...560	$\pm 5 \pm 10$ ± 20	3,5	10...20	
КЛС	160	Н30	680...10 000	$\frac{+50}{-20} \frac{+80}{-20}$	4...10	8	4...6
КМ-6	50	М750	470...10 000	$\pm 5 \pm 10$ ± 20	6,5...14	6,5...14	4,5...10
К10У-5	25	Н20	3300...100 000	± 20	7...19	2,5...7,5	
Слюдяные							
КСОТ-2	500	± 100	100...1200	$\pm 2 \pm 5$ $\pm 10 \pm 20$	18	11	5,5
К31П-5	100	50 100	100...100 000	$\pm 1 \pm 2 \pm 5$	18...20	11...20	6,5...9
СГМ	250	± 50 ± 200	51...10 000	$\pm 2 \pm 5$ $\pm 10 \pm 20$	13...18	6...9	9,5...22
Конденсаторы с органическим диэлектриком							
Полиэтилентерефталатные низковольтные							
К73-15	250	—	мкФ 0,0033...0,22	$\pm 5 \pm 10$ ± 20	5...14	16...40	
К73-17	630	—	0,01...0,47	То же	12...24	6...14	10,5...27
Полистирольные							
ПМ-2	63	—	0,0001...0,01	То же	4,3...11,8	14...24	
К70-7	350	—	0,00015... 0,175	$\pm 0,25$ $\pm 0,5 \pm 1$ ± 2	40	10; 20	36; 61
Полипропиленовые							
К78-6	250	—	0,01...10	$\pm 2 \pm 5$ $\pm 10 \pm 20$	7...38	21...63	

* Для ряда промежуточных емкостей.

Тип	U_n , В	Группа ТКЕ	Диапазон номинальных емкостей, пФ	Допуск, %	Габаритные размеры, мм		
					диаметр (ширина)	длина	высота
Лакопленочные							
К76-3	250	—	0,1...10	$\pm 5 \pm 10$ ± 20	6...30	32; 48	
Фторопластовые							
ФТ-1	200	—	0,00056... 0,022	$\pm 5 \pm 10$ ± 20	6...14	14; 25	
К72Н-6	500	—	0,00047...0,47	$\pm 5 \pm 10$ ± 20	8...60	20...80	
Бумажные							
БМ-2	200	—	0,0033...0,022	$\pm 5 \pm 10$ ± 20	5; 6; 7,5	20; 24	
К40П-2	400	—	0,015...0,047	$\pm 5 \pm 10$ ± 20	11	25	
Металлобумажные							
МБМ	250	—	0,5; 1	$\pm 10 \pm 20$	8,5...18	38; 51	
МБГО	300	—	1; 2; 4; 10; 20	$\pm 10 \pm 20$	31; 46	11; 46	25; 50
К42У-2	500	—	0,033...0,1	$\pm 10 \pm 20$	8; 9; 10	24; 36	
Конденсаторы с оксидным диэлектриком							
Алюминиевые оксидно-электролитические							
К50-6	160	—	1...20	-20; +80	6...13	18	
К50-12	100	—	1...50	-20; +80	4,5...17	14...42	
К50-20	250	—	20...50	-20; +50	8,5...25	42; 46	
Оксиднополупроводниковые							
К53-1	30	—	0,033...33	$\pm 10 \pm 20$ ± 30	2,4...7	7,5...16	
К53-16	50	—	1...4,7	$\pm 20 \pm 30$	7,5...8,5	3,6...5	9...10
Подстроечные							
			пФ, не менее		диаметр	высота	ширина
КТ4-25	250	—	2; 5; 10; 15		14	4,5	8,5
КТ4-24	50	—	25		3,5	1,5	—

В основе электрического пробоя находится ударная ионизация электронами материала диэлектрика, в результате чего

увеличивается количество носителей заряда. Происходит пробой, который может сжечь диэлектрик или прожечь в его объеме канал.

Электрический разряд по поверхности диэлектрика может быть в воздухе над ним или по самой поверхности диэлектрика с образованием дорожек.

Тепловой пробой происходит в результате нарушения теплового равновесия в диэлектрике, когда нагрев диэлектрика при электрической нагрузке превышает отвод тепла. Происходит уменьшение электрического сопротивления и электрической прочности диэлектрика, что приводит к электрическому пробую. Повреждение имеет вид проводящего канала. Обычно пробой происходит в результате ряда факторов: электрической нагрузки, механической нагрузки, влажности, высокой внешней температуры. Пробой выражается в виде проводящего канала от одной до другой обкладки.

В процессе хранения и работы конденсатора могут происходить обратимые и необратимые изменения его параметров.

Бышедшие из строя конденсаторы иногда можно определить по внешнему виду, например, у электролитических конденсаторов может быть вздутие корпуса, у малогабаритных — следы сгорания. Проверяется также прочность крепления выводов. Тем же проверкам подвергаются и новые конденсаторы, предназначенные для замены. При этом проверяется соответствие их параметров, указанных на корпусе, электрической схеме. У конденсаторов переменной емкости проверяют плавность вращения ротора, отсутствие заеданий и люфтов.

Окончательные сведения о состоянии конденсатора может дать его электрическая проверка с помощью приборов, которая заключается в следующем:

- проверка на короткое замыкание и пробой;
- измерение сопротивления изоляции, у электролитических конденсаторов — тока утечки;
- измерение емкости;
- проверка целостности выводов.

Проверка неэлектролитических конденсаторов заключается в следующем.

Конденсаторы на короткое замыкание проверяют омметром на максимальных пределах измерения, измеряя сопротивление между выводами и между выводами и корпусом, если корпус металлический. Если емкость конденсатора больше 1 мкФ, и он исправен, то после присоединения омметра конденсатор заряжается и стрелка прибора отклоняется в сторону 0, причем отклонение зависит от емкости конденсатора,

типа прибора и напряжения источника питания, потом стрелка медленно возвращается к положению около ∞ .

При наличии утечки омметр показывает малое сопротивление — сотни и тысячи Ом, величина которого зависит от емкости и типа конденсатора. При проверке исправных конденсаторов емкостью меньше 1 мкФ стрелка прибора не отклоняется, потому что малы ток заряда конденсатора и время заряда. При пробое конденсатора его сопротивление около 0.

При проверке омметром нельзя установить пробой конденсатора, если он происходит при рабочем напряжении.

В таком случае можно проверить конденсатор мегаомметром при напряжении прибора, не превышающем рабочее напряжение конденсатора.

Конденсаторы переменной емкости проверяют на пробой при плавном повороте ротора.

Проверить конденсатор на пробой можно на специальной испытательной установке, прикладывая между выводами и каждым выводом и корпусом повышенное напряжение, превышающее номинальное в 1,5...3 раза в течение 10...60 с, в зависимости от типа конденсатора.

Сопротивление изоляции конденсатора между выводами и каждым выводом и корпусом проверяют ламповым мегаомметром. При этом сопротивление изоляции бумажных конденсаторов сотни и тысячи мегом, остальных — десятки и сотни тысяч мегом.

Проверка электролитических конденсаторов заключается в наблюдении заряда конденсатора от источника питания тестера. При этом от конденсатора отпаивают детали, если он в схеме, и разряжают его, подготавливают прибор для измерения больших сопротивлений, гнездо общее прибора должно быть соединено с положительным выводом конденсатора, а гнездо сопротивлений — с корпусом конденсатора.

Если конденсатор исправен, то стрелка прибора быстро движется к нулю, а затем устанавливается около знака ∞ . Если конденсатор потерял емкость, то стрелка прибора почти не отклоняется, а если имеет значительную утечку, то стрелка отклоняется почти до нуля и устанавливается далеко от знака ∞ .

Клиновые конденсаторы не имеют выводов и впаиваются в вырезы печатных плат. При этом в корпусе конденсатора могут образоваться трещины, нарушающие работу конденсатора или создающие помехи. Поэтому при проверке таких конденсаторов нужно обращать внимание на их целостность.

При выборе конденсатора для замены нужно ориентиро-

ваться на заменяемый конденсатор, если на его корпусе есть данные о его параметрах.

Если данных нет, то нужно пользоваться схемой этого или сходного устройства, а если ее нет, то приходится ставить конденсатор, похожий по внешнему виду. При этом нужно учитывать условия эксплуатации и руководствоваться следующим.

Номинальное напряжение конденсатора определяют с учетом постоянной и переменной составляющих напряжения в месте установки конденсатора. Сумма постоянной и амплитуды переменной составляющих не должна превышать номинального напряжения, а для электролитических конденсаторов амплитуда переменной составляющей не должна превышать величины постоянной составляющей. Рабочее напряжение электролитических конденсаторов должно быть ниже номинального на 10...20%, так как пробивное напряжение для них близко к номинальному.

В цепях с высокой стабильностью параметров, например, в колебательных контурах, применяют керамические и воздушные конденсаторы с высоким классом точности.

В цепях, к которым не предъявляются высокие требования по стабильности параметров, например, в фильтрах развязки, применяют бумажные конденсаторы.

В некоторых цепях существуют высокие требования к сопротивлению изоляции, например, к конденсаторам связи между соседними каскадами. В этом случае применяют слюдяные конденсаторы.

В цепях высокой частоты применяют конденсаторы с высокой предельной частотой.

Бумажные конденсаторы не применяют в цепях с частотой, превышающей единицы мегагерц.

В цепях высокой частоты применяют керамические и вакуумные конденсаторы.

Электролитические и бумажные конденсаторы применяют в цепях сглаживающих фильтров выпрямителей, фильтров развязки и блокировки. При этом требуются конденсаторы большой емкости.

В этих цепях применяются также сегнетоэлектрические конденсаторы.

В цепях при напряжении менее 10 В не рекомендуется применять конденсаторы с вкладными выводами, так как в них может нарушиться контакт с фольгой.

Герметизированные конденсаторы в металлическом корпусе имеют большую емкость на корпус. Если при монтаже ни один вывод конденсатора не соединяется с шасси устройства,

то конденсатор необходимо изолировать от шасси на опорах толщиной 0,5...1 см.

Для малогабаритной аппаратуры необходимо выбирать малогабаритные конденсаторы.

Конденсаторы могут применяться в цепях постоянного и переменного напряжения. Для цепей постоянного тока применяются в основном электролитические конденсаторы, у которых с одного конца корпуса выходит один или несколько изолированных выводов. При монтаже конденсатора эти выводы присоединяются к положительному полюсу цепи с учетом соответствия напряжений участков цепи и выводов конденсатора, а корпус конденсатора присоединяется к металлическому корпусу устройства. Если у электролитического конденсатора другая конструкция, то полярность его выводов обозначается знаками «+» и «-». Следует учесть, что могут быть и неполярные электролитические конденсаторы.

Если полярный конденсатор включить в сеть переменного напряжения, то через его диэлектрик пойдет переменный ток, нагревая конденсатор, и он может выйти из строя. В крайнем случае, при отсутствии нужного конденсатора на переменное напряжение вместо него можно применить полярный конденсатор при условии, что его напряжение много больше напряжения сети. Например, полярный конденсатор с напряжением 250 В может работать в сети переменного напряжения 50 В при частоте 50 Гц. Внешними признаками выхода из строя бумажных и электролитических конденсаторов являются вздутие корпуса, отрыв торцевых изолирующих частей у выводов, отрыв выводов.

Керамические конденсаторы могут обугливаться или разрушаться. Признаки внутренних неисправностей могут быть выявлены только при измерениях, о чем говорилось выше.

При любой неисправности конденсатор должен быть заменен.

2.3. Катушки электрических аппаратов

Катушкой называется обмотка изолированного провода, намотанная на каркас или без каркаса, имеющая выводы для присоединения. Каркас изготавливается из картона или пластмассы. Катушки служат для создания магнитного потока, который создает движущие силы для работы аппаратов или индуктивное сопротивление, когда катушка является дросселем.

Катушки можно разделить на два вида: токовые, содержащие небольшое количество витков провода площадью сече-

ния, соответствующей силе проходящего тока, и катушки на-
пряжения, содержащие большое количество витков провода
небольшого сечения.

Катушки применяются в электромагнитах пускателей и реле,
расцепителей автоматических выключателей, электрических
тормозов, в электроизмерительных приборах, в пуско-регулиру-
ющих аппаратах люминесцентных ламп в качестве дроссе-
лей, в блоках питания аппаратуры автоматики и радиоэлектро-
ники также в виде дросселей.

Изоляция катушки подвергается перенапряжениям — скач-
кам напряжения при разрыве цепи ее обмотки, зависящим от
скорости размыкания цепи, числа витков ее обмотки, магнит-
ной системы аппарата. Эти перенапряжения могут передаваться
на другие реле, вызывая их ложное срабатывание.

Перенапряжения также могут передаваться из внешней цепи
при включении катушек других аппаратов.

Электрическая прочность изоляции катушки проверяется
согласно гл. 5.

Катушки одинаковых размеров могут изготавливаться на раз-
ное напряжение — переменное 36, 110, 220, 380, 660 В и
постоянное 6, 12, 24, 36, 48, 60, 110, 220, 440 В. Поэтому
катушки новых аппаратов нужно проверять на соответствие
напряжения, на которое они изготовлены, напряжению сети,
что можно сделать по этикетке на общей изоляции обмотки
катушки. То же делается и при замене вышедшей из строя
катушки, при этом если на поверхности катушки нет этикетки,
то можно измерить ее сопротивление и сравнить с такой же
катушкой другого аппарата. При наладке нового аппарата или
замене катушки перед ее укреплением на месте нужно прове-
рить, не касаются ли подвижные детали электромагнита изо-
ляции катушки, и если касаются, то нужно ее поставить так,
чтобы не было касания, или отрегулировать ход подвижных
деталей, и только после этого укреплять катушку.

Нужно проследить, чтобы не было воздушного зазора при
касании якоря и сердечника электромагнита, так как при нали-
чии воздушного зазора уменьшается индуктивное сопротивле-
ние обмотки, увеличивается ток, и катушка может перегреться
и выйти из строя.

При присоединении катушки постоянного тока нужно со-
блюдать полярность, когда аппарат, например, поляризацион-
ное реле, реагирует на направление тока.

Перегрев катушки ведет к увеличению активного сопротив-
ления провода, уменьшению тока и силы, притягивающей сер-
дечник электромагнита, что может вызвать ложное срабатыва-
ние реле, увеличение воздушного зазора между якорем ■

сердечником и еще больший перегрев катушки и сгорание изоляции ее обмотки. Поэтому нужно следить, чтобы катушки не нагревались от посторонних источников тепла, например, от резисторов, установленных рядом и особенно ниже катушки. Высокая температура катушки может быть обусловлена высокой температурой в помещении, где установлена аппаратура, высокой температурой в шкафу управления из-за выделения тепла аппаратами, перегревом аппарата, на котором установлена катушка. Перегрев катушки аппарата может быть также при его частом включении—отключении.

Высокая температура катушки также приводит к уменьшению сопротивления изоляции провода обмотки. При высокой температуре возможны обрывы провода при разном температурном расширении провода и каркаса катушки. Высокая температура ведет к ускорению процессов старения изоляции катушки.

Влага может проникать в катушку через общую изоляцию, изоляцию между слоями к проводу и способствовать уменьшению сопротивления изоляции провода. Это может вызвать замыкание между слоями намотки или между витками в слое. В результате замыкания может быть обрыв провода или шунтирование части витков, что будет способствовать перегреву катушки.

При низкой температуре влага может замерзнуть в катушке и способствовать выходу ее из строя.

Низкая температура также способствует уменьшению надежности катушки, так как при этом могут быть местные напряжения в проводах и изоляции в результате уменьшения объемов материалов при охлаждении.

На катушки влияют механические воздействия в виде вибрации и сотрясений, вызывая разрушающие механические напряжения в деталях катушки.

В результате воздействий на катушку, рассмотренных выше, в катушке могут быть нарушения цепи для тока из-за обрыва провода внутри катушки, обрывов выводов, окисления выводных зажимов, сгорание изоляции части витков или полное сгорание изоляции обмотки. В последнем случае говорят, что катушка сгорела.

Заменять катушку нужно при обрыве провода внутри катушки или замыкании витков с различными последствиями.

При проверке катушки после отказа полное сгорание ее изоляции видно сразу, так как обычно сгорает наружная изоляция катушки. Если наружная изоляция не сгорела, но катушка не работает, то, отогнув наружную изоляцию, можно увидеть сгоревшую изоляцию провода.

Проверку провода катушки на обрыв можно производить с помощью индикатора напряжения, омметра или мегаомметра.

При проверке катушки с помощью индикатора напряжения при исправной обмотке и наличии напряжения на одном выводе катушки оно должно быть и на другом выводе. Этот последний вывод должен быть отсоединен от сети для устранения ошибок при измерении.

Омметр, присоединенный к выводам катушки, при исправной катушке покажет ее сопротивление согласно паспорта, а при наличии замыкания витков покажет меньшее сопротивление, но если замыкание витков происходит только под действием напряжения, то омметр может и не показать изменение сопротивления.

Мегаомметр при исправной катушке покажет сопротивление ее обмотки при измерении в килоомах немногим более 0, но меньше 1 кОм, и при измерении в мегаомах — 0, так как сопротивление катушки измеряется в омах.

2.4. Трансформаторы, применяемые в устройствах автоматики и электроники

Так как трансформаторы устройств автоматики и электроники отличаются от катушек только тем, что они изготавливаются с сердечником, все сказанное в отношении катушек относится и к ним. Отличие только в том, что в трансформаторах две или более обмоток, которые выходят из строя не все сразу.

Нагрузкой трансформатора является ток во вторичной обмотке или обмотках, который может увеличиваться при перегрузке или при коротком замыкании в цепи данной обмотки.

Как показала практика, у обмоток трансформаторов, по которым протекает большой ток, могут греться места пайки выводов. Причина может быть в том, что сечение проводов обмотки или отходящих проводов от этой обмотки во внешнюю цепь меньше, чем этого требует ток нагрузки в данной цепи. Другой причиной может быть некачественная пайка выводов. Попытки перепайки могут быть не всегда успешны, так как для обмотки могут быть применены провода не из меди, а из сплавов, не поддающихся пайке в эксплуатационных условиях. В таком случае пайку можно заменить болтовым или винтовым соединением.

Если трансформатор требует замены, то новый трансформатор перед установкой должен проверяться внешним осмотром или с помощью приборов.

Омметром можно проверить целость обмоток трансформатора, отсутствие замыканий между обмотками и каждой обмотки с корпусом.

Сопротивление изоляции между обмотками и между обмоткой и корпусом проверяется мегаомметром.

Бывает, что не обозначены выводы разных обмоток трансформатора. Тогда принадлежность выводов обмоток можно проверить с помощью омметра, если известна схема трансформатора, где указаны сопротивления обмоток. Присоединяя омметр поочередно к разным выводам и измеряя сопротивления, по их величине можно определить принадлежность выводов обмоток.

Наличие или отсутствие напряжения на обмотках и его величину можно определить с помощью вольтметра.

Когда напряжения обмоток трансформаторов электронных устройств не известны, их можно определить следующим образом. Обмотка накала ламп, как правило, имеет толстый провод. В этом случае нужно вынуть одну из ламп устройства и вставить концы накальной обмотки проверяемого трансформатора в накальные гнезда панели вынутой лампы. После этого, при наличии напряжения в цепи накала, измерив напряжения между выводами обмоток трансформатора, можно по величине напряжений определить принадлежность обмоток.

Можно применить этот метод и при наличии другого источника напряжения, если в трансформаторе известна обмотка, напряжение которой соответствует напряжению этого источника. Присоединив концы этой обмотки к источнику напряжения и замерив напряжения на других обмотках трансформатора, можно сделать вывод о назначении этих обмоток.

При выходе из строя трансформатора легче всего его заменить на такой же резервный. Если нет точно такого трансформатора, можно применить другой, если в нем есть обмотки с нужными величинами напряжений и не меньшей мощности. В случае, если другой трансформатор не подходит по месту крепления, место крепления в устройстве можно подогнать под новый трансформатор или трансформатор укрепить в другом месте данного устройства.

2.5. Электронные лампы

Несмотря на то, что электронные лампы стараются не применять в новых разработках электронной аппаратуры, их можно встретить в используемой в настоящее время аппаратуре. Лампы различаются числом электродов (от 3 до 9) и в

зависимости от этого называются: триод, тетрод, пентод, гексод, гептод, октод и эннод. Двухэлектродная лампа — диод не имеет управляющих сеток и применяется для выпрямления переменного тока.

Приемно-усилительные лампы имеют обозначения, состоящие из четырех элементов. Первый элемент — напряжение накала катода лампы, округленное до целого числа вольт, второй — буква, показывающая тип лампы. Например, мало-мощные диоды имеют букву Д, двойные диоды — Х, диоды для выпрямления переменного тока — Ц, триоды — С, двойные диоды — Н, тетроды — Э, выходные пентоды — П, маломощные пентоды — Ж. Третий элемент — номер разработки, четвертый — буква, показывающая конструктивное оформление: С — стеклянная лампа с баллоном диаметром более 22,5 мм, П — стеклянная миниатюрная («пальчиковая») с баллоном 19 и 22,5 мм, Р, А, Б, Г — сверхминиатюрные стеклянные лампы и т. д. Отсутствие буквы означает металлический баллон.

Параметры некоторых ламп, применяемых в электронной аппаратуре, приводятся в табл. 2.10.

Т а б л и ц а 2.10

ДАННЫЕ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМП

Обозначение лампы	Тип лампы	Напряжение, В				Крутизна характеристики, мА/В	Внутреннее сопротивление, кОм	Допустимая мощность рассеяния анода, Вт
		накала	анода	второй сетки	смещения первой сетки			
6Н1П	Двойной триод	6,3	250	—	—4,5	3,2	11	2
6Н14П	Двойной триод	6,3	90	—	—1,3	6,8	3,2	1,5
6Ж5П	Пентод ВЧ	6,3	300	150	—2	9	250	3,2
6Ж38П	Широкополосный усилитель напряжения ВЧ	6,3	150	100	$R_k = 82 \text{ Ом}$	10,6	175	2,5
6Ф1П	Триод-пентод	6,3	100	—	—2	5	4	1,5
6Ф5П	Триод-пентод	6,3	100	—	$R_k = 160 \text{ Ом}$	7	23	0,5
6П14П	Выходной пентод НЧ	6,3	250	250	—6,5	11,3	50	12

Условные обозначения:

R_k — сопротивление в цепи катода ламп;

ВЧ — высокая частота;

НЧ — низкая частота.

Крутизна характеристики показывает, на сколько изменяется анодный ток лампы при изменении напряжения управляющей сетки на 1 В.

Внутреннее сопротивление показывает, на сколько вольт надо изменить напряжение на аноде лампы, чтобы ее анодный ток изменился на 1 мА.

Электронные лампы считаются наименее надежными элементами аппаратуры. Внезапные отказы ламп обусловлены перегоранием нити накала, потерей вакуума, обрывами и замыканиями элементов.

Постепенные отказы обусловлены снижением эмиссионной способности катода, величины токов, выходной мощности, ростом сеточных токов.

Надежность ламп зависит от их качества, температуры катода при работе, тока эмиссии катода, напряжения на электродах, от мощностей, рассеиваемых на них, тока управляющей сетки; температуры баллона, микроклимата в месте установки, механических нагрузок. Различие в качестве ламп приводит к разбросу их параметров, что при равных условиях работы в схеме приводит к их различной надежности.

Перегрев катода происходит при повышенном напряжении накала. Это приводит к усилению протекания всех физико-химических процессов в лампе и выходу ее из строя. Понижение напряжения накала на несколько процентов ведет к повышению надежности ламп, при этом напряжение должно быть стабилизировано, чтобы не допустить дальнейшего его понижения.

Частой причиной выхода из строя ламп является снижение сопротивления изоляции и пробой ее у подогревателей катодов. Это происходит потому, что атомы вольфрама нити накала подогревателя диффундируют в его изоляцию, ухудшая ее свойства. Происходит пробой этой изоляции, короткое замыкание подогревателя на катод и перегорание подогревателя.

Процессы ухудшения изоляции подогревателя происходят более интенсивно при большой температуре подогревателя и увеличенном напряжении между катодом и подогревателем. Поэтому не следует допускать повышения напряжения накала подогревателя. При эксплуатации ламп нужно следить, чтобы между катодом и подогревателем не превышали допустимых пределов ток утечки и напряжение.

При больших напряжениях на аноде и экранной сетке возможны изменения траектории электронов, часть электронов попадает на детали лампы, образуя электрические заряды, которые искажают электрические поля и изменяют параметры ламп. Увеличивается энергия электронов, которые бомбарди-

руют детали лампы, вызывают выделение газа и ухудшение вакуума, разогрев баллона и других деталей и, как следствие, ухудшение параметров лампы.

Температура баллона оказывает большое влияние на надежность ламп. При увеличении температуры увеличивается интенсивность газовой выделенности из стекла и его электролиза, который изменяет химический состав стекла и его коэффициент расширения, что может вызвать разгерметизацию в месте выводов. Снижение вакуума в лампе отрицательно влияет на работу катода. Так как стекло баллона почти не прозрачно для инфракрасного излучения, тепло при нагреве электродов лампы передается баллону. Оно отводится за счет конвекции, лучеиспускания и теплопроводности: Теплоотвод для ламп небольшой мощности обычно не предусматривается, и перегрев баллонов является обычным явлением.

При перегреве происходят механические разрушения ламп, видимые снаружи. Например, отваливаются колпачки выводов анодов ламп, окисляются штырьки выводов и ухудшаются контакты лампы со схемой.

Происходит нагрев ламповой панели и, если она не керамическая, через несколько лет подгорает и рассыпается, что ухудшает контакты штырьков в гнездах. Тогда нужно заменять панель на другую, желательно керамическую, хотя и в ней не исключено плохое касание штырьков, их нагрев и ухудшение контакта.

Для понижения температуры баллона лампы можно ставить на нее вплотную к баллону медные или латунные экраны, которые улучшают теплоотвод, принимая тепло на себя и отводя его. Если они мало эффективны, то можно применять радиаторы с хорошим теплоотводом.

Тепловой режим лампы определяют мощности, рассеиваемые на электродах, и температура среды в месте установки лампы. Поэтому при других нормальных условиях нагрузка на лампу и температура среды определяют срок ее службы.

Длительные вибрации и сотрясения приводят также к выходу из строя ламп.

При выходе из строя лампа заменяется на другую такую же, но может быть заменена и на лампу другого типа, если соответствуют ее схема и конструкция.

Отказы ламп можно определить по внешним признакам — нить накала лампы не светится, или нить накала светится, но лампа не греется, как обычно.

В первом случае, если нити накала других ламп светятся, причина может быть в том, что не подходит напряжение накала к подогревателю катода. Причина же этого явления заклю-

чается в окислении штырьков выводов электродов лампы или в окислении гнезд панели лампы. В таком случае штырьки можно почистить, например, надфилем, а гнезда — четырехгранным шилом.

Внутренней причиной несвечения нити накала лампы является перегорание подогревателя катода лампы. В таком случае лампу нужно менять.

Если нить накала лампы светится, но лампа не греется, как обычно, то значит, что через нее не проходит поток электронов, т. е. электрический ток. Причина может быть во внешней цепи, когда к лампе не подходят нужные напряжения. Это можно проверить измерением напряжений в схеме у штырьков лампы. При отсутствии напряжений или их уменьшении более чем на 20% причину нужно искать во внешней цепи.

Другой причиной, при наличии напряжений, может быть потеря эмиссии катодом лампы. В таком случае лампу нужно менять.

Белый налет внутри лампы, ее необычное свечение также говорят о выходе из строя лампы.

2.6. Полупроводниковые приборы

2.6.1. Обозначения полупроводниковых приборов

В 1973 г. принята новая система обозначений на вновь разрабатываемые и модернизируемые приборы.

Первый элемент обозначения определяет исходный полупроводниковый материал, из которого изготовлен прибор. Для приборов устройств широкого применения обозначение исходного материала производится буквами: Г — германий или его соединения, К — кремний или его соединения, А — соединения галлия. Для приборов, используемых в устройствах специального назначения, обозначения производятся соответственно цифрами 1, 2, 3.

Второй элемент определяет подкласс прибора: транзисторы без полевых — Т, транзисторы полевые — П, диоды выпрямительные универсальные, импульсные — Д, выпрямительные столбы и блоки — Ц, диоды сверхвысокочастотные — А, варикапы — В, тиристоры диодные — Н, тиристоры триодные — У, стабилизаторы тока — К, стабилитроны — С.

Третий элемент в обозначении диодов, транзисторов и тиристоров определяет назначение прибора и обозначается цифрой.

Диоды выпрямительные малой мощности (прямой ток не более 0,3 А) обозначаются 1, средней мощности — прямой ток от 0,3 до 10 А — 2, диоды универсальные с рабочей частотой не более 1000 МГц — 4.

Транзисторы малой мощности (не более 0,3 Вт) на частоту не более 3 МГц обозначаются 1, на частоту от 3 до 30 МГц — 2, на частоту более 30 МГц — 3. Транзисторы средней мощности (от 0,3 до 1,5 Вт) обозначаются соответственно цифрами 4, 5, 6, транзисторы большой мощности — 7, 8, 9.

Четвертый и пятый элементы означают номер разработки прибора и обозначаются цифрами от 01 до 99.

Для стабилитронов третий элемент обозначает индекс мощности, четвертый и пятый — номинальное напряжение стабилизации.

Шестой элемент в обозначении диодов и транзисторов определяет параметрическую группу приборов, а в обозначении стабилитронов — последовательность разработки и обозначается буквами от А до Я.

Примеры обозначения:

ГТ605А — транзистор для устройств широкого применения германиевый, средней мощности, номер разработки 05, группа А;

КД215А — диод выпрямительный для устройств широкого применения кремниевый, средней мощности, номер разработки 15, группа А.

Приборы, разработанные в период с 1964 до 1973 г. имеют сходную маркировку.

Приборы, разработанные до 1964 г., имеют маркировку, состоящую из двух или трех элементов.

Первый элемент: Д — диоды, П — плоскостные транзисторы, С — точечные транзисторы.

Второй элемент — цифра, указывающая тип прибора.

Диоды точечные германиевые — от 1 до 100, точечные кремниевые — от 101 до 200, плоскостные кремниевые — от 201 до 300, плоскостные германиевые — от 301 до 400, стабилитроны — от 801 до 900, варикапы — от 901 до 950, выпрямительные столбы — от 1001 до 1100.

Транзисторы: маломощные германиевые низкочастотные — от 1 до 100, маломощные кремниевые низкочастотные — от 101 до 200, мощные германиевые низкочастотные — от 201 до 300, мощные кремниевые низкочастотные — от 301 до 400.

Третий элемент — буква, указывающая разновидность прибора: П16А, П16Б.

По более ранней системе обозначений плоскостные германиевые диоды обозначаются Д7.

2.6.2. Полупроводниковые диоды

Полупроводниковым диодом называется прибор, основой конструкции которого является один *p-n* переход. Условное обозначение диода (прил. 1) сохранилось от первых электровакуумных диодов. В изображении черта означает катод, а треугольник анод. Чтобы это запомнить, достаточно представить, что катод испускает электроны, и они выходят из него расходящимся пучком, образуя треугольник. Если считать проводимость диода направленной от плюса к минусу, то она будет соответствовать стрелке, образованной вершиной треугольника.

Параметры некоторых выпрямительных диодов показаны в табл. 2.11,

Т а б л и ц а 2.11

ПАРАМЕТРЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ

Тип	$I_{пр. ср.}, A$	$U_{обр. и п.}$ ($U_{обр. макс.}$), В	$I_{обр. и}$ ($I_{обр. ср.}$), мА
Выпрямительные диоды			
Маломощные (ток до 1 А)			
ГД107Б	0,02	(20)	(0,1)
Д104	0,03	100	(0,005)
КД102Б	0,1	300	(0,001)
Д226	0,3	(400)	(0,05)
КД205В	0,5	(300)	(0,1)
КД209А	0,7	(400)	(0,1)
Средней мощности (1...10 А)			
КД212Б	1	200	(0,1)
КД202Ж	5	300	(0,8)
Д242А	10	100	(3)
Д245	10	300	(3)
Мощные (ток более 10 А)			
Д104-16	16	100	(0,5)
КД2999А	20	250	(0,2)
КД2997Б	30	200	(0,2)
Диоды универсальные и импульсные			
ГД511А	0,015	(12)	0,05
ГД507А	0,016	30	0,05
КД409А	0,050	24	0,0005
КД522А	0,1	40	0,002
КД412Г	10	400	0,1

где $I_{\text{пр, ср}}$ — прямой средний ток: среднее за период значение тока через диод;

$U_{\text{обр, и, п}}$ — обратное импульсное повторяющееся напряжение: наибольшее мгновенное значение обратного напряжения;

$U_{\text{обр, макс}}$ — максимальное допустимое постоянное обратное напряжение;

$I_{\text{обр, и}}$ — импульсный обратный ток: наибольшее мгновенное значение обратного тока, обусловленное импульсным обратным напряжением;

$I_{\text{обр}}$ — постоянный обратный ток, обусловленный постоянным обратным напряжением;

$I_{\text{обр, ср}}$ — средний обратный ток: среднее за период значение обратного тока.

Примеры маркировки диодов цветными метками приведены в табл. 2.12.

Т а б л и ц а 2.12

МАРКИРОВКА ДИОДОВ ЦВЕТНЫМИ МЕТКАМИ

Тип диода	Метки
<p>Д223 Д223Б Д223А</p>	<p>Красные точки четыре три две</p>
<p>Д1А—Д1Ж Д9А Д9Б Д9В Д9Г Д9Д Д9Е Д9Ж Д9И Д9К Д9Л</p>	<p>Плюсовый вывод диода окрашен в красный цвет Плюсовый вывод отмечен цветной точкой точек нет красная оранжевая желтая белая голубая зеленая две желтые две белые две зеленые плюсовый вывод обозначен красной точкой</p>
<p>Д10—Д14А</p>	<p>На одном из выводов диода ставится знак плюс, плюсовый колпачок окрашен в цвет: Д10 — зеленый, Д10А — желтый, Д10Б — красный, маркировка точками: Д11 — зеленая, Д12 — черная, Д12А — две черные, Д13 — желтая, Д14 — красная, Д14А — две красных</p>

Универсальные и импульсные диоды — полупроводниковые диоды, имеющие малую длительность переходных процессов включения и выключения и предназначенные для применения в импульсных режимах работы.

Стабилитрон — полупроводниковый диод, предназначенный для стабилизации напряжения. Обратная ветвь вольт-амперной характеристики этого диода является почти прямой линией (рис. 2.2), поэтому при изменении тока, проходящего через прибор, напряжение на нем практически не меняется.

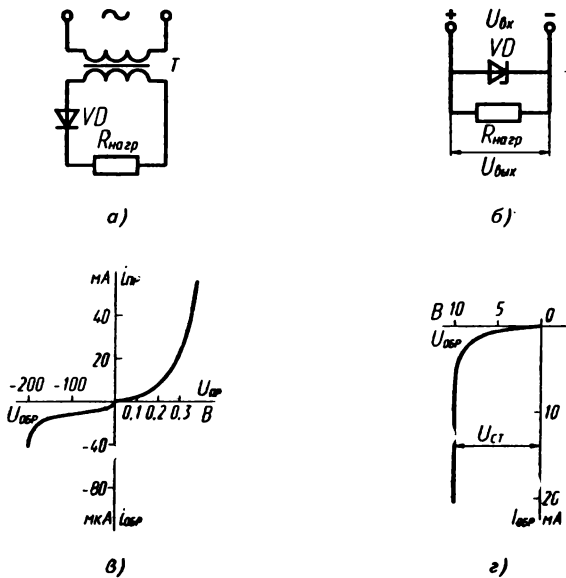


Рис. 2.2. Схемы применения полупроводниковых диодов:

- а) выпрямление переменного тока с помощью выпрямительного диода. $R_{нагр}$ — сопротивление нагрузки; б) стабилизация напряжения с помощью стабилитрона. $U_{вх}$ — входное напряжение, $U_{вых}$ — выходное напряжение; в), г) вольт-амперные характеристики. $i_{пр}$, $U_{пр}$, $I_{обр}$, $U_{обр}$ — прямые и обратные токи и напряжения, $U_{СТ}$ — стабилизированное напряжение.

Параметры некоторых стабилитронов приведены в табл. 2.13, где $U_{СТ}$ — напряжение стабилизации, $I_{СТ}$ — ток стабилизации: значение постоянного тока, протекающего через стабилитрон в режиме стабилизации, $P_{СТ, макс}$ — максимально допустимая мощность стабилизации.

Варикап — полупроводниковый диод, действие которого основано на использовании зависимости его емкости от величины обратного напряжения. Он применяется как элемент с

электрически управляемой емкостью. Основные параметры некоторых варикапов приведены в табл. 2.14, где C_B — емкость варикапа, Q_B — добротность варикапа: отношение реактивного сопротивления варикапа на заданной частоте к сопротивлению потерь при заданной емкости или обратном напряжении.

Таблица 2.13

СТАБИЛИТРОНЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Тип	U_{CT} , В	I_{CT} , мА	$P_{CT \text{ макс.}}$ Вт
КС147А	4,7	10	0,3
ДВ14А	8	5	0,34
ДВ15Е	15	500	8
КС527А	27	5	1
КС600А	100	1,5	1
КС680А	180	25	5

Таблица 2.14

ВАРИКАПЫ

Тип	C_B , пФ	$U_{обр.}$, В	Q_B
КВ109А	2,3...2,8	25	300
КВ109В	8...16	3	160
КВ102А	14...23	4	40
КВ102Д	19...30	4	40
КВ115А	100...700	0	150
КВ135А	468...594	1	200

2.6.3. Тиристоры

Тиристором называется полупроводниковый прибор на основе четырехслойной структуры $p-n-p-n$, имеющий три $p-n$ перехода. Напряжения подводятся так, что крайние переходы работают в прямом направлении, а средний — в обратном направлении. Прибор обладает свойством диода.

Если у прибора сделаны выводы только от крайних областей структуры, то он называется диодным тиристором или динистором.

Триодный тиристор, или просто тиристор, включается импульсами тока управления, а выключается или подачей обратного напряжения или прерыванием тока с помощью другого аппарата.

Запираемый тиристор выключается с помощью импульсов тока управления.

Симистор (симметричный тиристор) является эквивалентом встречно-параллельного соединения двух тиристоров и способен при открытом состоянии пропускать ток в обоих направлениях. Включение происходит импульсами тока управления.

Оптронный тиристор включается с помощью светового сигнала.

Основные параметры некоторых тиристоров показаны в табл. 2.15,

Т а б л и ц а 2 . 1 5

ТИРИСТОРЫ

Тип	$I_{\text{ос, ср, макс}}$ ($I_{\text{ос, д, макс}}$) [$I_{\text{з, и}}$], А	$U_{\text{эс, п}}$ ($U_{\text{эс, макс}}$) [$U_{\text{от}}$], В	$U_{\text{обр, п}}$ ($U_{\text{обр, макс}}$), В	$I_{\text{эс, п}}$ ($I_{\text{эс}}$), мА	$I_{\text{у, от}}$ ($I_{\text{у, от, и}}$) [$I_{\text{з, и}}$], мА	$t_{\text{вкл, макс}}$	$t_{\text{выкл, макс}}$
Динисторы							
КН102Д	0,2	[80]	(10)	(0,08)			40
КН102И	0,2	[150]	(10)	(0,08)			40
Запираемые тиристоры							
КУ102А	[0,05]	(50)	(5)	(0,1)	(20)	5	20
КУ204В	[2]	(200)	(40)	(5)	[360]	5	20
Незапираемые тиристоры							
КУ109А	1	700	50	0,3	100		
КУ220(Г, Д)	4	800	50	0,5	(2...4)	0,3	75
КУ202М	(10)	(400)	(300)	(10)	200	10	100
Т132-40-1	40	100	100	5	110	10	63
Симисторы							
КУ208А	(5)	(100)	(100)	(5)	(250)	10	150
ТС132-50-1	(50)	100	100	5	200	12	150
Оптронные тиристоры							
ТО125-12,5-1	12,5	100	100	3	80	10	100
ТО-142-50-6	50	600	600	5	150	10	100

где $I_{\text{ос, ср, макс}}$ — ток в открытом состоянии средний максимально допустимый;

$I_{\text{ос, д макс}}$ — ток в открытом состоянии действующий максимально допустимый;

$I_{\text{з, и}}$ — ток запираемый импульсный (для запираемых тиристоров);

$U_{\text{зс, п}}$ — напряжение в закрытом состоянии повторяющееся — наибольшее мгновенное значение напряжения, прикладываемое к тиристорам;

$U_{\text{зс, макс}}$ — напряжение в закрытом состоянии максимально допустимое;

$U_{\text{от}}$ — напряжение открывания динистора;

$U_{\text{обр, п}}$ — напряжение обратное повторяющееся, наибольшее значение напряжения, прикладываемого к тиристорам;

$U_{\text{обр, макс}}$ — напряжение обратное допустимое, максимальное значение;

$I_{\text{зс, п}}$ — ток в закрытом состоянии повторяющийся;

$I_{\text{зс}}$ — постоянный ток в закрытом состоянии;

$I_{\text{у, от}}$ — ток управления отпирающий;

$I_{\text{у, от, и}}$ — отпирающий импульсный ток управления;

$I_{\text{у, з, и}}$ — ток управления запирающий импульсный;

$t_{\text{вкл}}$ — время включения;

$t_{\text{выкл}}$ — время выключения.

Тиристоры применяются в преобразователях электрической энергии.

2.6.4. Транзисторы

Транзисторами называются полупроводниковые приборы на основе кристалла с двумя $p-n$ переходами и служащие для усиления электрических сигналов. В структуре транзистора возможно количество переходов, отличное от двух. Транзисторы с двумя $p-n$ переходами называются биполярными, так как их работа основана на использовании зарядов обоих знаков.

Полевой транзистор — полупроводниковый прибор, усилительные свойства которого обусловлены потоком основных носителей, протекающим через проводящий канал, и управляемый электрическим полем. В полевом транзисторе используются заряды одного знака.

В кристалле полупроводника транзистора созданы три области электропроводности с порядком чередования $p-n-p$ или $n-p-n$.

Средняя область кристалла транзистора называется базой, крайние области — эмиттером и коллектором. Переходы

между базой и эмиттером и базой и коллектором называются соответственно эмиттерным и коллекторным.

Для обозначения величин, относящихся к базе, эмиттеру и коллектору, применяют буквы б, э, к.

На изображении транзистора стрелка указывает условное направление тока в эмиттере от плюса к минусу.

В зависимости от напряжений на переходах транзистора он может работать в трех режимах.

Активный режим получается при напряжениях прямого на эмиттерном и обратном на коллекторном переходах.

Режим отсечки или запираения — напряжения на обоих переходах обратные.

Режим насыщения — напряжения на обоих переходах прямые.

Основным является активный режим.

В схеме с транзистором образуются две цепи — входная и выходная. Во входную цепь включается управляющий сигнал, который должен быть усилен, а в выходную — нагрузка, на которой выделяется усиленный сигнал.

Предельно допустимые параметры при работе транзистора:

$I_{K, \text{МАКС}}$ — постоянный ток коллектора;

$P_{K, \text{МАКС}}$ — постоянная рассеиваемая мощность коллектора;

$U_{КЭ}$ — постоянное напряжение коллектор—эмиттер;

$U_{КЭ, R}$ — то же при определенном сопротивлении в цепи

база—эмиттер,

$U_{КБ, \text{МАКС}}$ — постоянное напряжение коллектор—база;

$U_{ЭБ, \text{МАКС}}$ — постоянное напряжение эмиттер—база;

$h_{21э}$ — коэффициент передачи тока в режиме большого сигнала в схеме с общим эмиттером;

$h_{21э}$ — коэффициент передачи тока в режиме малого сигнала в схеме с общим эмиттером. Коэффициент передачи означает отношение величины сигнала на выходе к величине сигнала на входе, он называется также коэффициентом усиления.

Из частотных параметров отметим:

$f_{h_{21}}$ — предельная частота коэффициента передачи тока: частота, на которой модуль коэффициента передачи тока $h_{21э}$ уменьшается на 3 дБ;

$f_{гр}$ — граничная частота коэффициента передачи тока в схеме с общим эмиттером: частота, на которой $h_{21э}$ равен 1.

Статические параметры транзистора — параметры, определяемые при постоянном напряжении на всех его электродах.

Параметры некоторых биполярных транзисторов приведены в табл. 2.16.

ДАННЫЕ НЕКОТОРЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Тип	$I_{К, \text{МАКС}}$, мА	$U_{КЭ, R}$ ($U_{КЭ}$), В	$R_{ЭБ}$, КОМ	$P_{К, \text{МАКС}}$, мВт	$U_{КБ, \text{МАКС}}$, В	$U_{ЭБ, \text{МАКС}}$, В	$f_{h_{21}}$, МГц	h_{21} ($h_{21\beta}$)
Транзисторы маломощные низкочастотные								
<i>n-p-n</i>								
КТ302А	10	15	0,1	100	15	4	1	110...250
ГТ404Г-2	500	40	0,2	300	—	—	1	60...150
<i>p-n-p</i>								
П406, П407	5	(6)	—	30	6	6	10	(20)
ГТ109И	20	6	200	30	10	—	1	20...80
КТ208(А, В)	150	20	10	200	20	20	5	20...60
КТ501М	300	60	10	350	60	20	5	40...120
Транзисторы мощные низкочастотные								
<i>n-p-n</i>								
	А			Вт			f_{np}	
КТ809А	3	400	0,01	40	—	4	3	15...100
КТ812А	8	700	0,01	50	600... 800	7	1	10...125
КТ819Г	10	100	0,1	60	80	5	12	12...30
<i>p-n-p</i>								
ГТ403В	1,25	(45)	—	—	60	20	0,008	20...60
КТ837У	7,5	40	0,05	30	45	15	0,01	20...80
КТ825Е	20	30	1	125	—	5	7	750
Транзисторы маломощные высокочастотные								
<i>n-p-n</i>								
	мА			мВт			$f_{h_{21}}$	
КТ3102В	100	30	—	250	30	5	100	200...500
КТ630Е	1000	60	—	800	60	7	50	160...480
<i>p-n-p</i>								
ГТ320В	150	10	—	200	20	3	200	80...250
КТ639Д	1500	—	—	1000	60	5	80	63...160
Транзисторы мощные высокочастотные								
<i>n-p-n</i>								
	А			Вт				
КТ926Б	15	150	—	50	—	5	50	10...60
КТ957А	20	60	—	100	—	4	100	10...80
<i>p-n-p</i>								
КТ933А	0,5	(80)	—	—	80	4,5	75	15...80
ГТ906АМ	6	75	—	15	75	—	—	30...150

Схемы включения транзисторов разделяются в зависимости от того, какой электрод транзистора является общим относительно входного и выходного переменных напряжений. В соответствии с этим схемы называются схемами с общим эмиттером — ОЭ, общей базой — ОБ, общим коллектором — ОК. Схема ОЭ является более распространенной, так как дает наибольшее усиление по мощности. Данные схемы включения транзисторов приведены на рис. 2.3.

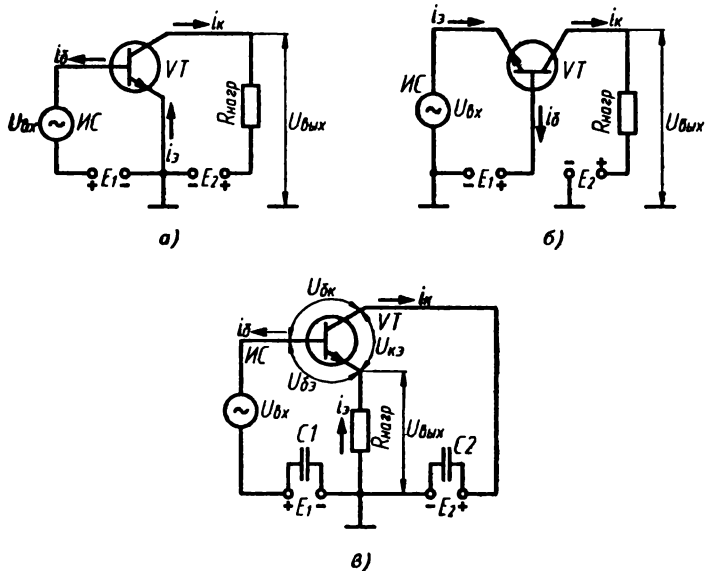


Рис. 2.3. Схемы включения транзисторов:

а) с общим эмиттером; б) с общей базой; в) с общим коллектором.

$ИС$ — источник сигнала, подаваемого на вход транзистора, $U_{вх}$, $U_{вых}$ — входное и выходное напряжения сигнала, $U_{бэ}$, $U_{бк}$, $U_{кэ}$ — напряжения между базой и эмиттером, базой коллектором, коллектором и эмиттером, i_b , i_c , i_e — токи базы, эмиттера и коллектора, E_1 , E_2 — источники питания, C_1 , C_2 — конденсаторы большой емкости, сопротивление которых для переменного сигнала является малым и через которые коллектор по переменному току замкнут, являясь в схеме общим.

2.6.5. Оптоэлектронные приборы

Оптоэлектронный полупроводниковый прибор — полупроводниковый прибор, действие которого основано на использовании явлений излучения, передачи или поглощения в видимой, инфракрасной или ультрафиолетовой областях спектра.

Светоизлучающий диод — полупроводниковый прибор с

одним переходом, в котором происходит преобразование электрической энергии в энергию светового излучения. Прибор предназначен для использования в устройствах визуального представления информации. Основные параметры светоизлучающих диодов приведены в табл. 2.17, где I_v — сила света, мкд (милликандела), В — яркость, кд/м² (кандела на метр²). Остальные параметры — как в обычных диодах.

Таблица 2.17
ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ

Тип	I_v , мА (В, кд/м ²)	$I_{пр}$, мА	$U_{пр}$, В	$U_{изпр}$, В
Светоизлучающие диоды				
Красного цвета свечения				
АЛ307А	0,15	10	2	2
АЛ112К	(1000)	10	2	2
Зеленого цвета свечения				
АЛ360А	0,3	10	1,7	2
АЛ336Г	15	10	2,8	2
Оранжевого цвета свечения				
АЛ307И	0,4	10	2,5	2
АЛ307Л	1,5	10	2,5	2
Желтого цвета свечения				
АЛ307Д	0,4	10	2,5	2
КЛ101В	(20)	10	5,5	2
Знаковые индикаторы				
Линейные шкалы				
АЛС317А	0,16	10	2	4
АЛС345Б	0,2	10	2,2	4
Знаковые индикаторы красного цвета свечения				
АЛ304А	(140)	5	2	—
АЛС340А	0,125	10	2,5	4
Знаковые индикаторы зеленого цвета свечения				
АЛ304В	(60)	10	3	—
АЛС338В	0,15	20	3,5	5
Знаковые индикаторы желтого цвета свечения				
АЛС334А	0,2	20	3,3	5
КЛЦ402Б	0,5	20	6	10
Знаковые индикаторы желто-зеленого цвета свечения				
АЛС321А	0,12	20	6	10
АЛС321Б	0,12	20	3,6	5

Полупроводниковый знаковый индикатор — полупроводниковый прибор, который состоит из нескольких светоизлучающих диодов и предназначен для использования в устройствах визуального представления информации. Некоторые параметры индикаторов представлены в той же табл. 2.17.

Оптопара — оптоэлектронный полупроводниковый прибор, который состоит из излучающего и фотоприемного элементов, между которыми имеется оптическая связь, обеспечивающая электрическую изоляцию между входом и выходом.

Основные параметры оптопар и оптоэлектронных ключей представлены в табл. 2.18, где $I_{\text{вх, опт}}$ — входной ток оптопары, $U_{\text{вх-вых}}$ — напряжение между входом и выходом, $U_{\text{вх, обр}}$ — обратное входное напряжение, $P_{\text{потр}}$ — потребляемая мощность, $U_{\text{вх}}$ — входное напряжение, $U_{\text{пит}}$ — напряжение питания, $U_{\text{вых}}$ — выходное остаточное напряжение, $R_{\text{и}}$ — сопротивление изоляции между входом и выходом оптопары.

Т а б л и ц а 2.18

ОПТОПАРЫ И ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ КЛЮЧИ

Тип	$I_{\text{вх, опт}}$, мА	$U_{\text{вх-вых}}$, В	$U_{\text{вх, обр}}$ ($U_{\text{обр}}$), В	$P_{\text{рас}}$ ($P_{\text{потр}}$), мВт	$U_{\text{вх}}$ ($U_{\text{пит}}$), В	$U_{\text{вых}}$, В
АОД101А	20	100	3,5	—	1,5	—
АОТ102А	40	500	3,5	300	2	4
АОУ103А	55	—	3,5	—	—	—
К249КН1А	30	100	3,5	—	3,5	0,2
249ЛП1А	20	100	3,5	(5)	—	—

2.6.6. Отказы полупроводниковых приборов и их проверка

Отказы полупроводниковых приборов часто связаны с пробоем, когда прибор проводит ток в обратном направлении. В основе этого явления лежит пробой p - n перехода в монокристаллической структуре, составляющей основу прибора. Существует несколько разновидностей пробоя p - n перехода.

Тепловой пробой происходит в результате тепловой ионизации атомов полупроводника и местного перегрева структуры.

Лавинный пробой происходит в результате ударной иони-

зации атомов полупроводника неосновными носителями в области объемного заряда.

Зенеровский пробой происходит в результате перехода валентных электронов из валентной зоны в зону проводимости. При этом происходит разрушение кристаллической решетки в области объемного заряда электрическим полем.

Поверхностный пробой происходит в местах выхода *p-n* перехода на поверхность полупроводника. Он обусловлен увеличением напряженности поля объемного заряда в связи с искажением поля поверхностными зарядами, ухудшением свойств среды у поверхности полупроводника.

Практически действуют несколько видов пробоя одновременно.

Нарушение вентильных свойств приборов может также происходить при различных перенапряжениях, при перегрузках по току и вызванных ими тепловых перегрузках.

Для увеличения пропускаемого тока без опасного перегрева применяется охлаждение приборов. Охлаждение предусматривается для силовых диодов и тиристоров в энергетике и для мощных диодов, транзисторов и тиристоров в электронике. Охлаждение может быть воздушное, водяное и испарительное.

Воздушное охлаждение осуществляется путем присоединения к прибору теплостока, или радиатора. Радиаторы могут быть медными или алюминиевыми. Применяется в основном резьбовое соединение радиатора с прибором.

Большое значение имеет проблема контакта прибора с радиатором. При этом должно быть плотное затягивание резьбы, но без повреждения резьбы и поверхностей.

В случае применения алюминия для радиаторов проблема контакта заключается в том, что имеется большая электрохимическая разность потенциалов медь—алюминий — около 1,8 В. Попадание влаги в место контакта вызывает коррозию алюминия, поэтому применяется гальваническое покрытие основания вентиля.

Водяное охлаждение осуществляется присоединением приборов к контуру с водой, например, через полую шину.

Испарительное охлаждение осуществляется присоединением прибора к контуру, где жидкость испаряется и потом конденсируется.

Ясно, что без охлаждения, если оно предусмотрено конструкцией, полупроводниковый прибор не может обеспечить необходимый режим работы и выйдет из строя.

Кроме указанных причин, отказы полупроводниковых приборов могут быть обусловлены обрывами и перегоранием вы-

водов, наружным пробоем между выводами, растрескиванием кристаллов и другими причинами.

Иногда выход из строя прибора можно определить по внешнему виду, если он обгорел, разрушился, обгорели провода. Но не всегда признаки выражены явно, поэтому нужно пользоваться приборами. Рассмотрим проверку некоторых полупроводниковых приборов и других элементов аппаратуры с помощью измерительных приборов.

Диоды

С помощью омметра можно измерить прямое и обратное сопротивление постоянному току. Чем меньше прямое сопротивление и больше обратное сопротивление, тем лучше диод. Прямое сопротивление должно быть не больше примерно 200 Ом, а обратное не меньше 500 кОм. Следует иметь в виду, что если прямое сопротивление около 0, а обратное — около ∞ , то в первом случае имеется пробой, а во втором — обрыв выводов или нарушение структуры. Сопротивление диода переменному току меньше прямого сопротивления и зависит от положения рабочей точки.

Транзисторы

Как известно, транзистор состоит из двух переходов, каждый из которых обладает свойствами диода, поэтому проверить транзистор можно как диод. С помощью омметра можно проверить сопротивление между эмиттером и базой и коллектором и базой в прямом и обратном направлении.

Если транзистор исправен, то прямые сопротивления составляют величину порядка 30...50 Ом, а обратные — 0,5...2 МОм.

Но недостаточно измерить только величины сопротивлений переходов, чтобы сделать вывод о работоспособности транзистора. Желательно измерить обратный ток коллектора, обратный ток эмиттера и ориентировочное значение коэффициента усиления по току. Есть специальные приборы для измерения этих параметров транзисторов, например, прибор ТЛ-4М.

Пригодность транзистора определяется сравнением полученных при измерении данных с данными, указанными в паспорте транзистора.

При измерениях параметров отдельного транзистора можно выявить обрывы электродов и замыкания в транзисторах,

но это же можно сделать и при измерениях в схемах с транзисторами. При этом нужно иметь в виду, что применяемый измерительный прибор должен обладать достаточно большим внутренним сопротивлением.

При измерениях можно сделать следующие выводы.

При обрыве цепи базы напряжения базы и эмиттера отсутствуют, напряжение коллектора повышено.

При обрыве цепи эмиттера напряжение коллектора повышено, напряжение базы почти нормальное, напряжение на эмиттере приблизительно равно напряжению базы.

При обрыве цепи коллектора напряжения на всех электродах транзистора уменьшаются.

При обрыве базы внутри транзистора напряжение базы близко к нормальному, напряжение эмиттера уменьшается, а напряжение коллектора повышается.

При замыкании эмиттера и коллектора внутри транзистора напряжение базы изменяется незначительно, напряжение эмиттера возрастает, напряжение коллектора падает.

Нужно учитывать, что транзистор может работать в режиме насыщения. Этот режим бывает тогда, когда сопротивление нагрузки в цепи коллектора велико и ток коллектора создает на нем падение напряжения, равное напряжению источника питания. В этом режиме потенциалы всех электродов транзистора одинаковы. Данный режим используется в импульсных устройствах, а для усилителей опасен.

Параметры и характеристики транзисторов зависят от температуры окружающей среды, стабильности нагрузки, условий теплоотвода. Все эти факторы изменяют температуру транзистора. При повышении температуры возможен выход транзистора из строя и неизбежное изменение параметров схемы. Большую температурную чувствительность транзистора можно объяснить следующим.

Электропроводность германия и кремния, из которых изготавливают транзисторы, зависит от температуры. При увеличении температуры нарушается электрическое равновесие, увеличивается эмиттерный и коллекторный ток, что увеличивает мощность, рассеиваемую на коллекторе, и температуру коллектора, вызывая увеличение обратного тока коллектора. При этом может быть равновесие или транзистор выйдет из строя. Это зависит от условий охлаждения, от окружающей температуры и величины сопротивления в цепи коллектора, ограничивающего нарастание коллекторного тока. Следует помнить, что при большом сопротивлении в цепи коллектора транзистор входит в режим насыщения и перестает быть усиленным.

Второй момент, увеличивающий чувствительность транзистора к температуре, состоит в том, что прямая проводимость участка эмиттер—база увеличивается с ростом температуры. Это явление вызывает увеличение тока эмиттера.

Иногда имеет место самопроизвольное изменение параметров транзисторов независимо от изменений окружающей среды.

Неисправность транзистора в схеме — явление редкое и может быть вызвано его перегревом при плохом теплоотводе или при пайке, или нарушением режимов работы схемы.

Перед заменой транзистора нужно детально его проверить, а при выходе из строя транзистора проверить другие детали, входящие в схему, от которых зависит его работа, так как выход их из строя может быть причиной выхода из строя транзистора.

Для замены нужно брать транзистор такого же типа или равноценный. Перед установкой его нужно проверить описанными методами. Расположение выводов нужно определять по прилагаемому паспорту или по справочнику.

Для пайки транзисторов желательно иметь низковольтный паяльник на 6 или 12 В, присоединяемый через понижающий трансформатор, мощностью около 40 Вт. Можно пользоваться и обычным паяльником, но нужно сначала его нагреть, а потом отключить и паять.

Выводы транзистора, если позволяет его конструкция, нужно оставлять не короче 15 мм, изгибать их не ближе 10 мм от корпуса, изгиб должен быть плавным.

Температура нагрева контактного слоя транзистора не должна превышать 75 °С, поэтому для отвода тепла при пайке выводы у корпуса нужно держать плоскогубцами или пинцетом. Паяльник должен быть возможно дальше от транзистора, пайку нужно заканчивать быстрее. Жало паяльника должно быть зачищено и покрыто припоем, который должен быть легкоплавким.

Желательно применение пистолетных паяльников, которые включаются только во время пайки.

Интегральные микросхемы (ИМС)

Отказы ИМС могут быть связаны с физико-химическими процессами внутри полупроводника, с теми же процессами на поверхности полупроводника и обусловлены состоянием контактных соединений.

Первая группа отказов обусловлена структурными дефек-

тами — дислокациями, микротрещинами — внутри полупроводника. Эти дефекты могут с течением времени развиваться под воздействием температурных и механических влияний и изменять характеристики микросхемы, приводя к отказам.

Вторая группа отказов связана с накоплением на поверхности полупроводника двуоксида кремния, а в объеме, близком к поверхности, зарядов, изменяющих состояние $p-n$ переходов, и появление поверхностных каналов. В результате этого происходит увеличение токов утечки, отсутствие насыщения вольт-амперной характеристики перехода коллектор—база, омическое шунтирование эмиттера с коллектором, снижение обратного пробивного напряжения на коллекторе, уменьшение коэффициента усиления по току, омическое шунтирование эмиттера с базой, увеличение шумов.

В ИМС применяется металлизированная разводка между отдельными элементами с соединением алюминиевых контактных площадок с внешними выводами с помощью золотых проводников, привариваемых к контактным площадкам и наружным выводам. Отказы связаны с нарушением соединений этих проводников и металлической разводки из-за механических повреждений или малой толщины пленки алюминия. Нарушения соединений могут вызвать перегрев в этих местах, что ведет к коррозии или расплавлению металла.

Нарушение электрической цепи и появление отказов может произойти по причине образования диэлектрической пленки на границе раздела алюминия и кремния или образования гидрата окиси алюминия на металлизированной разводке, при попадании влаги внутрь корпуса ИМС.

Отказы могут быть также из-за нарушения контакта золотых проводников с контактными площадками микросхемы и внешними выводами корпуса.

Внешним проявлением ухудшений состояния ИМС является увеличение обратного тока коллекторного перехода за счет появления тока утечки.

Надежность ИМС можно повысить за счет улучшения технологии их производства.

Вышедшие из строя микросхемы, как правило, подлежат замене. Заменять ИМС нужно на такую же, но можно и на микросхему сходного типа, электрическая схема которой подходит для данного устройства. Если микросхемы впаяны в печатные платы, то при их замене нужно соблюдать следующие правила.

Паяльник должен быть небольшого размера, мощностью не более 40 Вт, с температурой нагрева жала не более 200 °С, с насадкой. Насадка имеет два широких жала, которые прижи-

маются к рядам припаиваемых выводов микросхемы. Она не винчивается на резьбу на жале паяльника. Припой должен быть с низкой температурой плавления, количество его при пайке должно быть минимальным. Пайка должна производиться несколько секунд при отключенном питании паяльника.

Нельзя производить необоснованный замен деталей в схеме, содержащей ИМС, так как это может вывести ее из строя.

2.7. Трансформаторы для электроснабжения

2.7.1. Общие сведения

В справочнике рассматривается электрооборудование напряжением до 1000 В, а трансформаторы для электроснабжения этого электрооборудования имеют на входе напряжение более 1000 В — в основном 6, 10 кВ. Но иметь представление о трансформаторах и их отказах начинающему электрику нужно, исходя из их важности в электроснабжении и влиянии на качество напряжения в сети, чтобы не искать причины плохого качества напряжения в самой сети при неисправностях трансформатора.

Большинство потребителей получает электроэнергию от трансформаторов, преобразующих электроэнергию высокого напряжения в энергию напряжения, применяемого потребителем — 380/220 В. В основном применяются трансформаторы трехфазные двухобмоточные с масляным охлаждением, в особых условиях могут применяться трансформаторы сухие и с кварцевым заполнением.

Условное обозначение типа трансформатора состоит из букв, означающих число фаз, вид охлаждения и цифр, показывающих мощность и напряжения высшее и низшее.

Число фаз трансформатора обозначается: О — однофазный, Т — трехфазный.

Обозначения вида охлаждения трансформаторов показаны в табл. 2.19.

Основные данные некоторых трансформаторов показаны в табл. 2.20, где ТМ — трехфазный с масляным охлаждением, цифра через черточку означает номинальную мощность S трансформатора в кВ·А, ВН — высшее напряжение, НН — низшее напряжение, ХХ — холостой ход, КЗ — короткое замыкание.

Напряжение короткого замыкания U_k — напряжение, которое надо приложить к его первичной обмотке при замкнутой накоротко вторичной, чтобы по обмоткам трансформатора протекал номинальный ток.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ВИДА ОХЛАЖДЕНИЯ
ТРАНСФОРМАТОРОВ

Система охлаждения	Условное обозначение
Масляные трансформаторы	
Естественная циркуляция воздуха и масла	М
Принудительная циркуляция воздуха и естественная циркуляция масла	Д
Естественная циркуляция воздуха и принудительная циркуляция масла	МЦ
Принудительная циркуляция воздуха и масла	ДЦ
Принудительная циркуляция воды и естественная циркуляция масла	МВ
Принудительная циркуляция воды и масла	Ц
Сухие трансформаторы	
Естественное воздушное при открытом исполнении	С
Естественное воздушное при защищенном исполнении	СЗ
Естественное воздушное при герметичном исполнении	СГ
Воздушное с дутьем	СД
Трансформаторы с заполнением негорючим жидким диэлектриком (совтом)	
Естественное охлаждение негорючим жидким диэлектриком	Н
Охлаждение негорючим жидким диэлектриком с дутьем	НД

2.7.2. Группы соединений обмоток трансформаторов

Первичные и вторичные обмотки трансформатора могут быть соединены по-разному. На рис. 2.4, а показано соединение обмоток звездой, которое применяется часто. На рис. 2.4, б показаны векторы напряжений первичной и вторичной обмоток, а на рис. 2.4, в — эти векторы, совмещенные со схемой циферблата часов. Минутная стрелка часов совпадает с направлением вектора \vec{V} первичной обмотки, а часовая — с направлением вектора \vec{v} вторичной обмотки той же фазы.

Группу соединений образуют несколько схем соединений обмоток трансформаторов, дающие одинаковый сдвиг по фазе векторов напряжений вторичных обмоток относительно векторов напряжений первичных обмоток. Вторичные напряжения одноименных фаз всех трансформаторов, имеющих одну и ту же группу соединений, совпадают по фазе.

ДАнные НЕКОТОРЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Тип	S _n , кВА	Напряжения, кВ		Схема и группа соединения обмоток	Потери, Вт		U _K , % от U _n	I _{хх} , % от I _n
		ВН	НН		ХХ при U _n	КЗ при I _n		
ТМ-100	100	6...6,3 10...10,5	0,23	У/У _Н -0	490	1970	4,5	4,15
		6...10	0,4 0,4	У/У _Н -0 У/З _Н -11		2270	4,7	
		20...35	0,4 0,4	У/У _Н -0 У/З _Н -11	625	1970 2270	6,5 6,8	
ТМ-160	160	3...6,3 6...10	0,4 0,23	У/У _Н -0	730	2650	4,5	3,85
		6-10	0,4	У/У _Н -0 У/З _Н -11		3100	4,7	
			0,69	У/Д-11		2650	4,5	
ТМ-250	250	3...6,3 6...10	0,4/0,23	У/У _Н -0	1050	3700	4,5	3,7
		6...10		0,4		У/У _Н -0 У/З _Н -11	4200	
			0,69	У/Д-11		3700	4,5	
			0,23	У/Д-11		3812	4,6	
ТМ-400	400	6	0,23	У/Д-11	1200	5500	4,5	2,1
			0,4	У/У _Н -0				
				Д/У _Н -11				
		0,69	У/У _Н -0					
		6,3	0,4	У/У _Н -0				
			10	0,23				
		У/У _Н -0						
		0,4		Д/У _Н -11				
0,69	Д/У _Н -11							

Векторы первичных и вторичных напряжений в зависимости от схемы соединения обмоток и их расположения на стержнях магнитопровода могут иметь сдвиги, кратные 30°, поэтому всего основных групп может быть: $360^\circ : 30^\circ = 12$, или в часах 1,2...12. Очевидно, группы 0 и 12 являются одной и той же группой.

Четные группы (2, 4, 6, 8, 10, 12) получаются, если обмотки высшего напряжения (ВН) и обмотки низшего напряжения (НН) соединены одинаково — в звезду или в треугольник.

Нечетные группы (1, 3, 5, 7, 9, 11) получаются, если одна обмотка соединена в звезду, а другая в треугольник.

В обозначении группы соединений слева от черточки расположены знаки или буквы, характеризующие схему соединения обмоток, а справа — цифры, указывающие сдвиг в часовом обозначении.

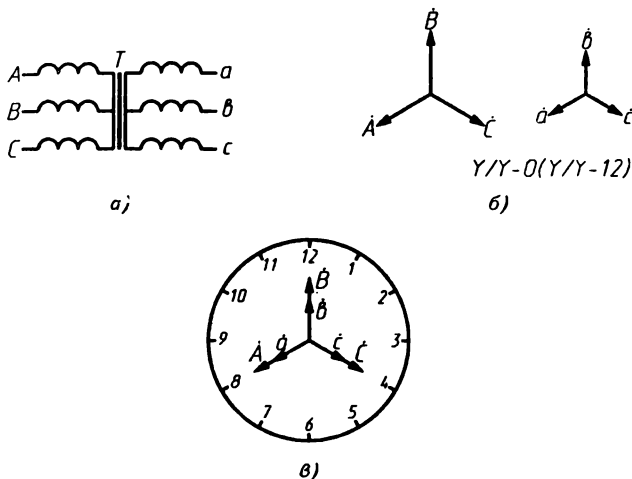


Рис. 2.4. Группа соединений обмоток трансформатора:

а) схема обмоток трансформатора; б) векторная диаграмма обмоток высшего и низшего напряжений; в) совмещение векторов высшего и низшего напряжений на схеме циферблата часов.

Знаки для обозначения схемы соединений:

Υ — звезда, Υ или Υ — звезда с выведенной нулевой точкой, Δ — треугольник, zigzag — зигзаг, zigzag или zigzag — зигзаг с выведенной нулевой точкой. Эти знаки при машинной печати заменяют буквами: Υ — У, Υ — У_н, Δ — Д, zigzag — З, zigzag — З_н.

В документации могут встретиться более ранние обозначения: Д — D, У — Y, У_н — Y₀, З_н — Z₀.

2.7.3. Параллельная работа трансформаторов

Не всегда один трансформатор может справиться с нагрузкой от потребителей, поэтому обычно они работают параллельными группами. Но не каждый трансформатор может

работать в параллельной группе с другими трансформаторами. Для параллельной работы трансформаторов необходимо чтобы они удовлетворяли следующим условиям.

Равенство коэффициентов трансформации $K = VН/НН$, где $VН$ — высшее напряжение, $НН$ — низшее напряжение. При несоблюдении этого условия между вторичными обмотками трансформаторов будет циркулировать уравнивающий ток, приводящий к перегреву трансформатора.

Равенство напряжений короткого замыкания $U_k \%$. В противном случае трансформаторы не будут загружаться пропорционально своим мощностям. При этом отношение мощностей параллельно работающих трансформаторов должно быть не больше 1:3, иначе для малых трансформаторов перегрузки могут оказаться недопустимыми.

Одинаковые группы соединений. При различных группах соединений параллельно работающих трансформаторов между векторами их вторичных напряжений будет сдвиг фаз, вызывающий уравнивающие токи между обмотками трансформаторов. При разных группах соединений, при самом малом сдвиге фаз, равном 30° , уравнивающий ток превышает номинальный ток трансформатора в 5 раз, при самом большом сдвиге 180° — в 20 раз.

2.7.4. Приемка и транспортировка трансформаторов

Трансформатор принимается после изготовления службами контроля на заводе, а также при покупке его для замены вышедшего из строя трансформатора или для электроснабжения нового объекта. Но после этого надежность трансформатора может измениться в худшую сторону, так как он может перемещаться к месту хранения на заводе или на базе снабжения, и это перемещение и условия хранения могут ухудшить его состояние.

В новом трансформаторе прежде всего нужно обращать внимание на уровень масла. Оно должно быть видно хотя бы в маслоуказателе, иначе есть сомнение в его наличии в трансформаторе, что, в свою очередь, говорит о течи в корпусе трансформатора. Нужно проверять отсутствие течи и при наличии масла в маслоуказателе.

Необходимо убедиться в отсутствии механических повреждений корпуса трансформатора, изоляторов и шпилек, в отсутствии трещин на изоляторах, в целостях резьбы на шпильках и т. д.

К трансформатору должна быть приложена вся необходимая документация, запасные части, что должно быть проверено по ведомости комплектации.

Погрузка и перевозка трансформатора должна производиться с предосторожностями, чтобы его не повредить. Для предотвращения ударов и перемещений при перевозке трансформатор привязывается.

Т а б л и ц а 2.21

НЕИСПРАВНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Неисправность	Причина	Устранение*
Утечка масла: утечка у изоляторов	1. Слабо затянута прокладка в месте выхода изолятора 2. Повреждена прокладка	Равномерно затянуть гайки крепления фланца, зажимающего прокладку Снять изолятор и заменить прокладку
утечка через сварные швы	Дефекты заводской сварки	1. Зачеканить шов в месте течи, например, наставляя пробойник и ударяя по нему молотком 2. Вылить масло из корпуса, при большом объеме сварки вынуть сердечник трансформатора и заварить места течи газовой сваркой
Трещины и сколы изоляторов	Неудовлетворительны условия хранения или перевозки	Изоляторы заменить на новые
Перегрев зажима низкого напряжения	Большое сопротивление зажима для данного тока из-за окисления деталей, которое может быть при слабом зажиме	Зажим разобрать, зачистить окисленные детали и снова собрать, хорошо затянув
Измерение покаывает отсутствие цепи между выводами одного напряжения	Обрыв внутри трансформатора в цепи обмоток	Ремонт в мастерской

* Обслуживание и ремонт трансформаторов производят электрики специализированных служб. При ликвидации аварии им могут помогать электрики других служб при отсутствии напряжения в месте работы на токоведущих частях и вблизи них.

Неисправность	Причина	Устранение
Напряжение между выводами низкой стороны ниже нормы и не одинаково	Трансформатор вышел из строя по причинам: 1. Грозовые перенапряжения 2. Замыкания на стороне низкого напряжения при запаздывании срабатывания защиты	Капитальный ремонт трансформатора в мастерской
Ненормальное гудение трансформатора, напряжения на стороне низкого напряжения ниже нормы и не равны	Нет напряжения в одном проводе со стороны высокого напряжения: 1. Перегорела вставка предохранителя 2. Нет целостности цепи одной из фаз	Заменить предохранитель Проверить целостность цепи осмотром
Ненормальное гудение при нормальном напряжении	1. Ослабление крепления крышки и других деталей, ослабление опрессовки магнитопровода 2. Перегрузка трансформатора 3. Несимметричная нагрузка трансформатора	Подтянуть гайки крепления крышки и других деталей, при капитальном ремонте усиливается опрессовка Устранить перегрузку, отключив второстепенные электроприемники Однофазные приемники распределить равномерно по фазам сети

2.8. Выпрямители

Многие потребители энергии требуют для своей работы постоянного тока. К ним относятся аппаратура радиоэлектроники и автоматики, двигатели постоянного тока в промышленности и на транспорте, технологические процессы в промышленности, например, электролиз.

Преобразование переменного тока в постоянный осуществляется в выпрямителях с использованием полупроводниковых приборов.

Основными частями выпрямителя являются:

вентильная группа, преобразующая переменный ток в постоянный, трансформатор, преобразующий величину напряже-

ния, получаемого из сети, в величину, нужную для приемника постоянного напряжения;

сглаживающий фильтр для уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения.

Кроме того, выпрямитель может иметь устройства для стабилизации и регулирования выпрямленного напряжения.

По числу фаз первичной обмотки трансформатора выпрямители могут быть однофазными и трехфазными.

На рис. 2.5 показаны распространенные схемы выпрямителей.

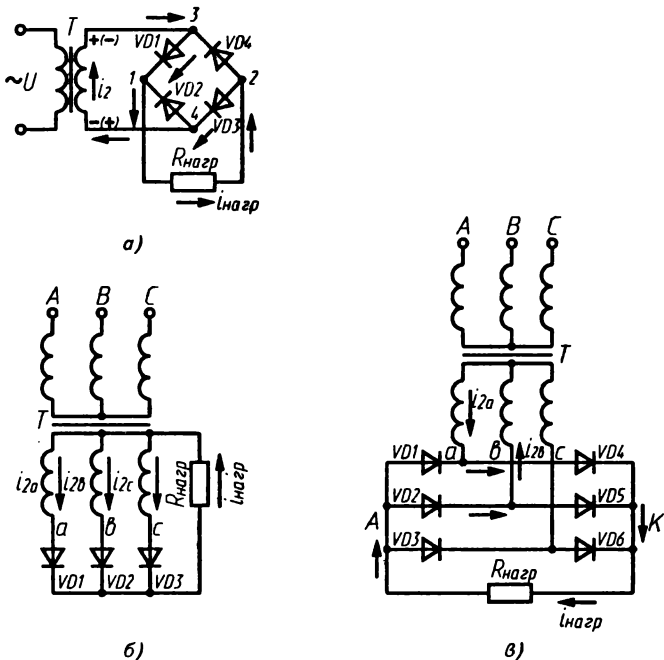


Рис. 2.5. Схемы выпрямителей:

а) однофазная мостовая; б) трехфазная нулевая; в) трехфазная мостовая.

$i_2, i_{2a}, i_{2b}, i_{2c}$ — токи в обмотках трансформатора; $i_{нагр}$ — ток в нагрузке; $R_{нагр}$ — сопротивление нагрузки; А — общий анод; К — общий катод.

Выпрямители с регулированием выпрямленного напряжения, или управляемые, могут работать по тем же схемам рис. 2.5, б, в, но с применением управляемых диодов и системы управления этими диодами.

Однофазная мостовая схема выпрямления (рис. 2.5, а) состоит из четырех диодов, включенных по схеме моста, причем

нагрузка присоединяется к общей точке катодов двух диодов и к общей точке анодов других двух диодов, составляя диагональ моста 1—2. Другая диагональ моста присоединяется к вторичной обмотке трансформатора. Направление тока в полупериод, когда знак «+» на верхнем конце обмотки трансформатора, показано на рисунке, при этом ток проводят диоды *VD1* и *VD3*, а другие диоды находятся под обратным напряжением. В следующий полупериод ток проводят диоды *VD2* и *VD4*. Ток в нагрузке всегда идет от точки 1 к точке 2, от зажима «+» выпрямителя к зажиму «-».

Трехфазная нулевая схема (рис. 2.5, б) состоит из 3 вентиля, аноды которых присоединяются к выводам вторичной обмотки трансформатора, соединенной звездой, а катоды присоединяются общей точкой к нагрузке. Второй зажим нагрузки присоединяется к нулевой точке вторичной обмотки трансформатора. Ток через вентиль проходит в течение трети периода, а потом переходит на другой вентиль.

Пульсации выпрямленного напряжения в данной схеме меньше, чем в однофазной мостовой.

В трехфазной мостовой схеме выпрямления (рис. 2.5, в) применяются шесть вентиля, образующих две группы: 3 вентиля с общим анодным выводом, а 3 — с общим катодным выводом. Нагрузка присоединяется к этим общим выводам. При активной нагрузке в любой момент времени ток проходит через два вентиля из разных групп. Пульсации выпрямленного напряжения в данной схеме меньше, чем в трехфазной нулевой.

В выпрямительных установках диоды вместе с охладителями входят в состав модулей, а модули входят в состав выпрямительного блока кассетного типа.

Применяется воздушное или жидкостное охлаждение диодов.

При воздушном охлаждении для приборов на токи 10... 25 А применяют охладители в виде пластин, а для более мощных приборов — специальные радиаторы.

Воздушное охлаждение бывает естественным и принудительным.

При естественном охлаждении из-за худших условий охлаждения по сравнению с принудительным охлаждением нагрузку приборов приходится снижать на 40%.

Принудительное охлаждение производится с помощью вентиляторов.

При жидкостном охлаждении в индивидуальных или групповых охладителях циркулирует вода, подаваемая насосами.

В тиристорных установках на токи 25, 50, 100 А применя-

ется один шкаф для всех узлов установки, например, шкаф КТЭ. В его состав входят рама с автоматическими выключателями, кассеты системы регулирования, кассета системы защиты и сигнализации, блок питания, силовой тиристорный блок, измерительные приборы, устройства сигнализации.

Тиристорный агрегат АТ на ток до 500 А состоит из шкафа вводного устройства и трансформатора, шкафа преобразователя, шкафа с автоматическим выключателем и реактором. Шкафы имеют приборы измерения напряжения и тока, приборы сигнализации.

На надежность выпрямительного устройства влияет качество монтажа. При монтаже надо обратить внимание на затягивание зажимов токоведущих частей, не допуская в то же время деформации металла в месте соединения. Как правило, агрегаты общепромышленных установок предназначены для работы в помещениях при температуре окружающего воздуха 1...50 °С, относительной влажности воздуха не более 85...90% при +20 °С или 50% при +40 °С, отсутствии в помещении агрессивных газов и паров. Агрегаты монтируют на перекрытиях или полах с креплением болтами, причем отклонение от вертикали должно быть не более 5 угл град.

После монтажа агрегата производится наладка его блоков.

Сопротивление изоляции в силовых цепях измеряется мегаомметром на напряжение 2,5 кВ и должно быть не менее 50 МОм, в цепях управления — мегаомметром на 0,5 кВ и должно быть не ниже 0,5 МОм.

Основным условием правильной работы агрегата является обеспечение строгой последовательности управляющих импульсов на электродах соответствующих тиристоров, что достигается фазировкой системы управления. Фазировка осуществляется с помощью осциллографа по инструкции.

При работе вентилях имеют место перенапряжения не только при аварийных режимах, но и при обычной работе. Это объясняется тем, что цепи с вентилями имеют реактивные элементы в виде дросселей и конденсаторов, в которых происходят колебания напряжения при переходе тока с вентиля на вентиль. Так как этот переход тока происходит непрерывно, то непрерывно происходят и колебания напряжения. Вследствие этого на вентилях могут быть перенапряжения, представляющие для них опасность. Перенапряжения могут происходить и при переключениях автоматами и контакторами.

Неисправности выпрямительных установок и методы их устранения приведены в инструкциях по эксплуатации. Некоторые неисправности установок приведены в табл. 2.22.

НЕИСПРАВНОСТИ ТИРИСТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Неисправность	Причина	Устранение
Уменьшилось напряжение в одной фазе со стороны питания	Перегорела вставка предохранителя	Заменить предохранитель
Выключатель на стороне постоянного тока не включается	Сработали блокировки преобразователя или рабочего механизма	При сигнале «готовность» преобразователя сработала блокировка механизма. При отсутствии сигнала проверить блок защиты и сигнализации
При включении выключателя происходит его отключение с броском тока	Неисправна система управления	Проверить работу системы управления согласно инструкции
	Неисправность системы автоматического регулирования (САР)	Проверить САР
	Неисправность системы защиты и сигнализации (СЭС)	Проверить СЭС
Толчки тока и отключение выключателя нагрузки при работе преобразователя на холостом ходу	Неисправность САР	Проверить исправность и настройку САР
	Нарушение в работе системы импульсно-фазового управления (СИФУ)	Проверить работу СИФУ

2.9. Электрические аппараты

2.9.1. Рубильники и переключатели

Рубильники и переключатели служат для замыкания и размыкания вручную электрических цепей переменного тока напряжением до 500 В и постоянного тока напряжением до 440 В. Они устанавливаются на панелях распределительных устройств, в шкафах и ящиках.

Технические данные рубильников и переключателей приведены в табл. 2.23.

Первая цифра в обозначении аппарата соответствует числу полюсов, вторая соответствует его величине по току: 1 —

100 А, 2 — 250 А, 4 — 400 А, 6 — 600 А. В таблице показаны только аппараты на 100 А.

Рубильники Р и переключатели П изготавливаются без дугогасительных камер и могут работать только в качестве разъединителей, т. е. размыкать обесточенные электрические цепи. Рубильники и переключатели прочих типов изготавливаются с дугогасительными камерами и могут коммутировать электрические цепи под нагрузкой.

Т а б л и ц а 2.23

ДАННЫЕ О РУБИЛЬНИКАХ И ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЯХ

Наименование аппарата	Тип аппарата	Номинальный ток, А	Род привода	Вид присоединения
Рубильник— разъединитель	Р21, Р31	100	Центральная рукоятка	Переднее и заднее
Переключатель— разъединитель	П21, П31	100	Центральная рукоятка	Заднее
Рубильник с бо- ковой рукояткой	РБ21, РБ31	100	Боковая рукоятка	Переднее
Переключатель	ПБ21, ПБ31	100	Боковая рукоятка	Переднее
Рубильник с бо- ковым приводом	РПБ21, РПБ31	100	Боковой рычажный	Переднее
Переключатель	ППБ21, ППБ31	100	Боковой рычажный	Переднее
Рубильник	РПЦ21, РПЦ31	100	Центральный рычажный	Переднее
Переключатель	ППЦ21, ППЦ31	100	Центральный рычажный	Переднее

2.9.2. Плавкие предохранители

Предохранители предназначены для защиты электрооборудования и сетей от токов короткого замыкания и недопустимых длительных перегрузок.

Данные плавких предохранителей массового применения показаны в табл. 2.24. Данные предохранители имеют кварцевое заполнение корпуса в виде кварцевого песка, у предохранителей НПН стеклянный корпус круглого сечения, а у ПН2 — фарфоровый корпус прямоугольного сечения.

ДАННЫЕ НЕКОТОРЫХ ПЛАВКИХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ

Тип предохранителя	Номинальный ток, А		Наибольший отключаемый ток при напряжении до 500 В, А
	предохранителя	плавких вставок	
НПН15	15	6 10 15	10 000
НПН60М	60	20 25 35 45 60	
ПН2-100	100	30 40 50 60 80 100	50 000
ПН2-250	250	80 100 120 150 200 250	40 000
ПН2-400	400	200 250 300 350 400	25 000
ПН2-600	600	300 400 500 600	25 000
ПН2-1000	1000	500 600 750 800 1000	10 000

2.9.3. Автоматические выключатели (автоматы)

Автоматы предназначены для защиты от токов короткого замыкания и перегрузки электрических линий и приемников энергии, для включений и отключений линий и приемников энергии.

Данные выключателей массового применения приведены в табл. 2.25.

Выключатель АК63 разработан с целью замены выключателя АП-50, имеющего малую коммутационную способность. Выключатель имеет расцепители максимального тока на 0,63... 63 А, 500 В переменного и 220 В постоянного напряжения, его коммутационная способность в 2,5 раза больше, чем у выключателя АП50.

В отличие от выключателей АП50 выключатели АК63 имеют открытые выводы, для закрывания которых могут поставаться крышки. Открытые выводы, не соприкасающиеся с корпусом выключателя, имеют лучший теплоотвод, а при нагреве выводов не происходит выгорания корпуса выключателя.

Автоматические выключатели АЕ2000 разрабатывались с целью замены всех других выключателей на ток до 100 А. Они имеют величины на 25, 63 и 100 А с расцепителями максимального тока на 0,6 А и выше, тепловыми и комбинированными расцепителями.

Выключатели серии АЕ1000 предназначены для защиты участков сетей жилых и общественных зданий. Они являются

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Величина	Тип	Обозначение типа (по исполнению)	Номинальный ток, А	Число полюсов	Род расцепителя	Номинальный ток расцепителя, А	Уставка на ток мгновенного срабатывания, А	Предельная коммутационная способность при 380 В, А
I	A3160	A3161	50	1	Тепловой	15 20	—	2000...4500
		A3162		2		25 30		
		A3163		3		40 50		
II	A3110	A3113/1	100	2	Комбинированный	15... 100	150... 1000	3200... 12 000
		A3114/1		3				
II	A3110	A3113/5	100	2	Электромагнитный	15... 100	150... 1000	3200... 12 000
		A3114/5		3				
III	A3120	A3123 A3124	100	2	Комбинированный	15... 100	430; 600; 800	5500... 23 000
				3			430; 600; 800	
							430; 600; 800	
IV	A3130	A3133 A3134	200	2	Комбинированный	120, 150; 200	840; 1050; 1400	19 000... 30 000
				3			Электромагнитный	
V	A3140	A3143 A3144	600	2	Комбинированный	250; 300; 400; 500; 600	1750... 4200	32 000... 50 000
				3			Электромагнитный	

Выключатели А3100, напряжение переменное до 500 В, постоянное до 220 В

Примечание: выключатели без расцепителя обозначаются цифрой 7 (например, А3114/7).

Величина	Тип	Обозначение типа (по исполнению)	Номинальный ток, А	Число полюсов	Род расцепителя	Номинальный ток расцепителя, А	Уставка на ток мгновенного срабатывания, А	Предельная коммутационная способность при 380 В, А
Выключатели АП50, напряжение переменное до 500 В, постоянное до 220 В								
	АП50	АП50-3МТ АП50-2МТ	50	3	Комбинированный	1,6...50	11 I_n	300...1500
				2			7 I_n 3,5 I_n	
		АП50-3М АП50-2М	50	3	Электромагнитный	1,6...50	11 I_n	300...1500
				2			7 I_n 3,5 I_n	
		АП50-3Т АП50-2Т	50	3	Тепловой	1,6...50	—	14-кратный I_n расцепителя
				2				
		АП50-3 АП50-2	50	3	Без расцепителей		50	
				2				
Выключатели АЗ700, напряжение переменное до 660 В, постоянное до 440 В								
I	АЗ710Б	АЗ713Б АЗ714Б	160	2	Электромагнитный	31,5...160	2...10 I_n	
				3				
II	АЗ720Б	АЗ723Б АЗ724Б	250	2		160; 200; 250		
				3				
III	АЗ730Б	АЗ733Б АЗ734Б	400	2		160; 200; 250; 315; 400		
				3				
IV	АЗ740Б	АЗ743Б АЗ744Б	630	2		250; 315; 400; 630		
				3				

Величина	Тип	Обозначение типа (по исполнению)	Номинальный ток, А	Число полюсов	Род расцепителя	Номинальный ток расцепителя, А	Уставка на ток мгновенного срабатывания, А	Предельная коммутационная способность при 380 В, А
Выключатели АЕ2000, напряжение переменное до 500 В, постоянное — 220 В								
АЕ2000	АЕ2010	АЕ2010	25	3	Комбинированный тепловой	0,32...1,6		5000
						8...10		
						0,6...1,6		
	АЕ2030	АЕ2030	25	3	Комбинированный	2...12,5		5000
						Тепловой		
	АЕ2040	АЕ2040	25	3	Тепловой	5...12,5		
Комбинированный						16...25		
АЕ2050	АЕ2050	63	3	Комбинированный	10...12,5			
					16...25			
					16...25			
АЕ2050	АЕ2050	100	3	Комбинированный	16...25		10 000	
					32...63			
					50...100			
Выключатели АК50, напряжение переменное до 500 В, постоянное — 220 В								
АК50	АК50	50	2 (220 В) 2, 3 (500 В)	Электромагнитный с замедлением и без него	0,6; 0,8;		1,35 I _н , 5 I _н , 7 I _н , 10 I _н	4500 (220 В) 9000 (400 В)
					...			
АК63	АК63	63	1, 2 (240 В) 2, 3 (500 В)	Электромагнитный с замедлением и без него	0,63; 0,8...63		1,3 I _н , 3 I _н , 14 I _н	3000...5000 (240 В) 6000 (500 В)

однополюсными с расцепителями тепловыми, электромагнитными или комбинированными на токи 6, 10 и 16 А.

Расцепитель любого автоматического выключателя представляет собой блок, встроенный в корпус выключателя и предназначенный для отключения выключателя под действием тока, большего того, на который он настроен.

Действие теплового расцепителя основано на изменении формы биметаллической пластинки при протекании по ней тока нагрузки выключателя, большего номинального тока этого выключателя. Пластинка действует на механизм выключения выключателя.

Электромагнитный расцепитель состоит из электромагнитов, по катушкам которых проходит ток выключателя. Электромагниты приводятся в действие только при токе аварийной перегрузки, например, заклинивания механизма, или токе короткого замыкания, и воздействуют на механизм отключения выключателя.

Комбинированный расцепитель содержит расцепители обоих видов.

Для выключателя данной величины может быть несколько расцепителей, имеющих свои разные номинальные токи, которые могут регулироваться. Уставка на ток мгновенного срабатывания, или ток отсечки, означает, что при данном токе срабатывает электромагнитный расцепитель данного выключателя.

Предельная коммутационная способность означает предельный ток, который может отключить выключатель.

2.9.4. Магнитные пускатели

Магнитные пускатели предназначены для дистанционного управления трехфазными асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором и другими приемниками энергии.

Включение магнитных пускателей может производиться вручную с помощью кнопочного поста и автоматически с помощью датчиков автоматики непосредственно или через промежуточные реле, с помощью блок-контактов других пускателей. Отключение пускателей производится вручную или при аварийных режимах с помощью реле тепловых или реле максимального тока, при отключении заблокированных с ними других пускателей, при действии устройств автоматики.

Данные некоторых пускателей приведены в табл. 2.26. Пускатели типа ПМЕ и ПА в таблице только неревверсивные. У реверсивных пускателей данные те же, но они состоят из двух

пускателей, заблокированных механически и электрически против одновременного включения, а в обозначении типа реверсивных пускателей последняя цифра больше на два, например, ПМЕ-111 — неревверсивный, ПМЕ-113 — реверсивный.

Пускатели ПМЕ и ПА заменяются пускателями типов ПМЛ и ПАЕ — см. табл. 2.27, 2.28, 2.29.

Т а б л и ц а 2.26

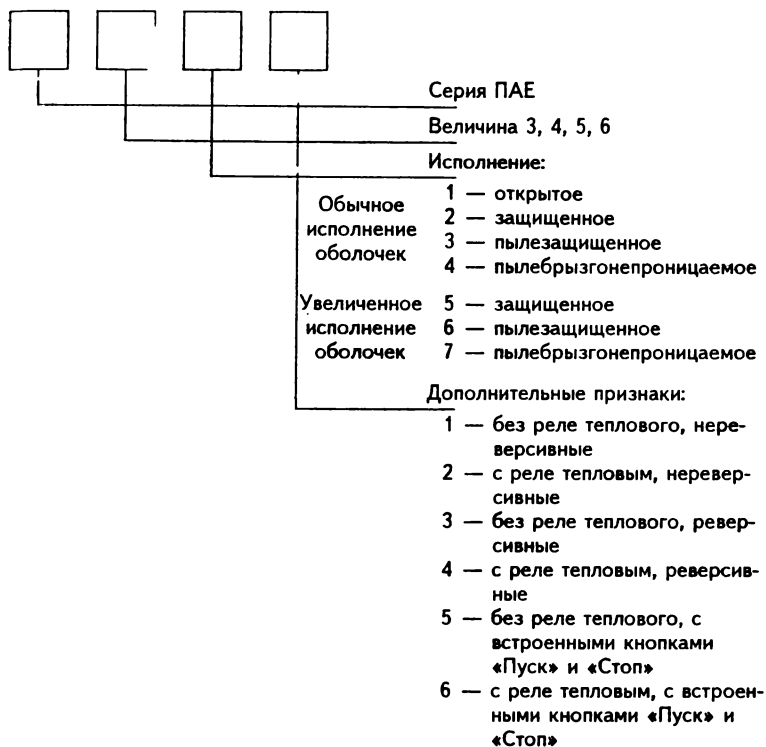
МАГНИТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ

Величина	Тип при исполнении			Реле тепловое	Номинальный ток при защищенном исполнении, А	Предельная мощность двигателя при напряжении 380 В
	открытом	защищенном	пылеводо-защищенном			
I	ПМЕ-111	ПМЕ-121	ПМЕ-131	Her ТРН-8	10	4
	ПМЕ-112	ПМЕ-122	ПМЕ-132			
II	ПМЕ-211	ПМЕ-221	ПМЕ-231	Her ТРН-25	23	10
	ПМЕ-212	ПМЕ-222	ПМЕ-232			
III	ПА-311	ПА-321	ПА-331	Her ТРН-32	40	17
	ПА-312	ПА-322	ПА-332			
IV	ПА-411	ПА-421	ПА-431	Her ТРП-60	56	28
	ПА-412	ПА-422	ПА-432			
V	ПА-511	ПА-521	ПА-531	Her ТРП-150	115	55
	ПА-512	ПА-522	ПА-532			
VI	ПА-611	ПА-621	ПА-631	Her ТРП-160	140	75
	ПА-612	ПА-622	ПА-632			

Т а б л и ц а 2.27

ДАННЫЕ ПУСКАТЕЛЕЙ ПМЛ И ТЕПЛОВЫХ РЕЛЕ РТЛ

Пускатели		Реле			
Тип	I_n , А	Тип	Диапазон регулирования тока уставки, А	Тип	Диапазон регулирования тока уставки, А
ПМЛ-1000	10	РТЛ-1007	1,5...2,6	РТЛ-1008	2,4...4
		РТЛ-1010	3,8...6	РТЛ-1012	5,5...8
		РТЛ-1014	7...10		
ПМЛ-2000	25	РТЛ-1016	9,5...14	РТЛ-1021	13...19
		РТЛ-1022	18...25		
ПМЛ-3000	40	РТЛ-2053	23...32	РТЛ-2055	30...41
ПМЛ-4000	63	РТЛ-2057	38...52	РТЛ-2059	47...64
ПМЛ-5000	80	РТЛ-2061	54...74	РТЛ-2063	63...80
ПМЛ-6000	125	РТЛ-3105	75...105	РТЛ-3125	90...125
ПМЛ-7000	200	РТЛ-3160	115...160	РТЛ-3200	145...200

СТРУКТУРА УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ
МАГНИТНЫХ ПУСКАТЕЛЕЙ СЕРИИ ПАЕ

Т а б л и ц а 2.29

ДАННЫЕ СИЛОВОЙ ЦЕПИ МАГНИТНЫХ ПУСКАТЕЛЕЙ СЕРИИ ПАЕ

Величина пускателя	Наибольшая мощность электродвигателя, кВт, при напряжении, В					Номинальный ток, А, при напряжении, В		
	36	127	220	380	500	исполнение		
						открытое	в оболочке	открытое и в оболочке
3	1,5	4	10	17	17	40	36	26
4	2,2	10	17	30	22	63	60	35
5	4	17	30	55	40	110	106	61
6	5	22	40	75	55	146	140	80

2.9.5. Тепловые реле

Данные тепловых реле приведены в табл. 2.30.

Т а б л и ц а 2 . 3 0

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЛЕ

Тип реле	Номинальный ток реле, А	Номинальный ток теплового элемента реле I_n , при 25 °С, (положение регулятора уставки «0»), А	Пределы регулирования номинального тока уставки	Максимальный ток продолжительного режима при температуре окружающего воздуха 40 °С, А
ТРН-8А ТРН-10А	3,2	0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6	0,75...1,3 I_n	1,25 I_n
ТРН-8 ТРН-10	10	0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4,5; 6,3; 8; 10	0,75...1,3 I_n	1,25 I_n 1,05 I_n
ТРН-20 ТРН-25	25	5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	0,75...1,3 I_n	1,25 I_n 1,05 I_n
ТРН-32 ТРН-40	40	12,5; 16; 20; 25; 32; 40	0,75...1,3 I_n	1,25 I_n 1,05 I_n
ТРП-25	25	1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 15; 20; 25	0,8...1,15 I_n	1,15 I_n
ТРП-60	60	20; 25; 30; 40; 50; 60	0,75...1,25 I_n	1,25 I_n
ТРП-150	150	50; 60; 80; 100; 120; 150	0,75...1,25 I_n	1,25 I_n
ТРП-600	600	150; 200; 250; 300; 400; 500; 600	0,75...1,25 I_n	1,25 I_n
ТРТ-111	1,75	1,75		
ТРТ-112	2,5	2,5		
ТРТ-113	3,5	3,5		
ТРТ-114	5	5		
ТРТ-115	7	7		
ТРТ-121	9	9		
ТРТ-122	11,5	11,5	0,85...1,15 I_n	1,15 I_n
ТРТ-131	14,5	14,5		
ТРТ-132	18	18		
ТРТ-133	22	22		
ТРТ-134	28	28		
ТРТ-135	35	35		
ТРТ-136	45	45		

Тип реле	Номинальный ток реле, А	Номинальный ток теплового элемента реле I_n , при 25 °С, (положение регулятора уставки «0»), А	Пределы регулирования номинального тока уставки	Максимальный ток продолжительного режима при температуре окружающего воздуха 40 С, А
ТРТ-137	56	56		
ТРТ-138	71	71		
ТРТ-139	90	90		
ТРТ-141	110	110		
ТРТ-142	140	140		
ТРТ-151	155	155	0,85...1,15 I_n	1,15 I_n
ТРТ-152	190	190		
ТРТ-153	230	230		
ТРТ-154	285	285		
ТРТ-155	360	360		
ТРТ-156	450	450		
ТРТ-157	550	550		

Тепловые реле могут поставляться в блоке с пускателями или отдельно.

Тепловые реле предназначены для защиты от перегрузок асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором. Так как они не защищают от коротких замыканий и сами нуждаются в такой защите, то на ответвлении к электродвигателю перед пускателем ставится автоматический выключатель с электромагнитным расцепителем.

Чувствительным элементом у реле служит термобиметалл, по которому проходит ток. У реле на большие токи имеется нихромовый нагреватель для дополнительного нагрева биметалла.

Чувствительные элементы реле включаются в две фазы электродвигателя, контакты реле включаются в цепь катушки пускателя.

2.9.6. Реле максимального тока

Токовые реле, или реле максимального тока, применяются для защиты асинхронных электродвигателей с короткозамкну-

тым ротором от внезапных перегрузок при заклинивании приводимого механизма, например, дозатора муки, ротора дробилки и т. д.

В качестве максимального реле применяются электромагнитные реле с последовательным присоединением обмоток в цепь двигателя.

Технические данные некоторых реле приведены в табл. 2.31.

Т а б л и ц а 2.31

МАКСИМАЛЬНЫЕ РЕЛЕ

Тип реле	Пределы уставок, А	Последовательное соединение катушек		
		Ток срабатывания, А	Термическая стойкость, А	
			длительно	в течение 1 с
РТ40/0,2	0,05...0,2	0,05...0,1	0,55	15
РТ40/0,6	0,15...0,6	0,15...0,3	1,75	50
РТ40/2	0,5...2	0,5...1	4,15	100
РТ40/6	1,5...6	1,5...3	11	300
РТ40/10	2,5...10	2,5...5	17	400
РТ40/20	5...20	5...10	19	400
РТ40/50	12,5...50	12,5...25	27	500
РТ40/100	25...100	25...50	27	500
РТ40/200	50...200	50...100	27	500

2.9.7. Выбор электрических аппаратов для замены вышедших из строя

На практике приходится заменять электрические аппараты любого вида. Замена требуется, когда аппарат вышел из строя полностью или когда ремонт на месте не возможен.

С течением времени меняется ток, проходящий через аппараты с изменением нагрузки от приемников энергии, заменой электродвигателей и т. д., что также влечет за собой замену аппаратов.

В таких случаях необходимы рекомендации по выбору аппаратов.

Прежде всего, степень защиты аппарата должна соответствовать условиям той среды, где он будет работать.

Номинальный ток аппарата должен быть не меньше расчетного тока нагрузки, напряжение аппарата должно соответствовать напряжению сети, где он будет применяться.

Аппараты должны быть устойчивы к току короткого замыкания, который может через них проходить, а те аппараты, которые должны отключать этот ток, должны быть устойчивы при его отключении.

Номинальный ток плавкой вставки предохранителя должен быть не меньше расчетного тока цепи, т. е. $I_B \geq I_p$.

Плавкая вставка не должна перегорать при нормальных перегрузках на данном ответвлении, например, при пусковых токах двигателей.

Предохранители не желательно устанавливать на ответвлении к одному двигателю для защиты его от тока короткого замыкания, так как при перегорании одной вставки двигатель выйдет из строя при работе на двух фазах.

Ток вставки на ответвлении, где более одного двигателя,

$$I_B = \frac{I_p + I_n}{2,5},$$

где I_p — расчетный ток ответвления, I_n — пусковой ток наиболее мощного двигателя. При тяжелых условиях пуска в знаменателе вместо 2,5 нужно ставить 1,6...2.

Плавкие вставки, установленные последовательно в сети, должны работать селективно, т. е. должна перегорать вставка, установленная ближе к месту короткого замыкания, а не наоборот. Для этого практически нужно, чтобы ток вставки, расположенной ближе к месту короткого замыкания, был на одну-две ступени ниже по шкале номинальных токов вставок.

Для автоматических выключателей номинальный ток расцепителя должен быть не меньше расчетного тока цепи, т. е. $I_{н, \text{РАСЦ}} \geq I_p$. Автоматический выключатель не должен отключать установку при нормальных перегрузках.

Ток уставки регулируемого теплового расцепителя должен быть равен 1,25 расчетного тока цепи, т. е. $I_{\text{УСТ, ТЕПЛ}} = 1,25 I_p$.

Ток уставки регулируемого электромагнитного расцепителя должен быть пропорционален току наибольшей кратковременной перегрузки:

$$I_{\text{УСТ, ЭЛ-МАГН}} = 1,25 I_{\text{ПЕР}}$$

Автоматы для защиты асинхронных двигателей должны удовлетворять следующим условиям.

Для двигателей повторно-кратковременного режима при ПВ = 25% или длительного режима с легкими условиями пуска

$I_{н, А} \geq I_{н, ДВ}$, для двигателей, работающих в напряженном повторно-кратковременном режиме и для двигателей с длительным режимом работы с тяжелыми условиями пуска $I_{н, А} \geq 1,5 I_{н, ДВ}$, где $I_{н, А}$ — номинальный ток автомата, $I_{н, ДВ}$ — номинальный ток двигателя.

Ток уставки электромагнитного элемента должен соответствовать:

для двигателя с короткозамкнутым ротором

$$I_{уст, эл-магн} \geq (1,5 \dots 1,8) I_{п},$$

для двигателя с фазовым ротором

$$I_{уст, эл-магн} \geq (2,5 \dots 3) I_{н, ДВ},$$

где $I_{п}$ — пусковой ток двигателя.

Аппараты защиты по своей отключающей способности должны соответствовать току короткого замыкания при замыкании в ближайшей точке за аппаратом. Все аппараты должны быть защищены от замыканий внутри них предохранителями или автоматами.

Реле тепловое выбирают так, чтобы максимальный ток продолжительного режима реле с данным тепловым элементом был не менее номинального тока защищаемого двигателя, ток уставки реле был равен номинальному току защищаемого двигателя, запас регулировки тока уставки на шкале реле должен быть небольшим, особенно в сторону увеличения, т. к. при большом запасе регулировки в сторону увеличения возможно загроубление защиты, когда реле не будет работать.

2.9.8. Монтаж и наладка электрических аппаратов

Аппараты, имеющиеся в наличии для замены вышедших из строя, часто не подходят по месту установки. Прежде всего может не подходить расположение мест крепления. Тогда приходится на месте установки аппарата делать новые отверстия для крепления, исходя из имеющихся средств. В металле отверстия могут быть сделаны пробиванием, сверлением ручной или электрической сверлильной машиной, газовой или электрической сваркой, в дереве — сверлением буравами, сверлильной машиной, в стенах или перегородках из каменных материалов — шлямбурами или сверлильными машинами с применением сверл с твердыми наконечниками. При этом для ввертывания винтов в отверстия забиваются деревянные пробки.

Может случиться, что новый аппарат по размерам не под-

ходит в данном месте. Тогда его нужно укрепить в другом доступном месте, применив для присоединения другие провода или кабели. В случае необходимости для установки аппарата можно установить дополнительное основание, раму или каркас.

При установке аппарата в новом месте нужно обеспечить его доступность для осмотра и ремонта, доступность винта зануления (заземления), свободное открывание крышки корпуса.

Следует учесть, что предохранители типов НПН и ПН2 не являются взаимозаменяемыми по способу установки, поэтому при их взаимной замене нужно менять и устройства их фиксации — контактные стойки.

Защитные реле монтируют на вертикальной панели обычно под тем пускателем, на отключение которого они воздействуют. Если пускатель смонтирован в отдельном ящике, где предусмотрено место для реле теплового, то оно монтируется там же.

Реле тепловые типа РТН монтируют зажимами цепи управления вверх. Реле типа ТРП—25 монтируют зажимами цепи управления вниз, а остальные реле этого типа — зажимами цепи управления вверх. Между металлическим основанием и корпусом реле ТРП—25 ставят изолирующую прокладку.

Не гарантируется срабатывание реле в нужный момент, если:

рядом с реле (особенно под ним) размещен аппарат или прибор, выделяющий дополнительное тепло (резистор, реостат),

реле смонтировано в верхних, наиболее нагреваемых частях ящиков и шкафов,

реле и защищаемый двигатель установлены в местах, где значительная разница температур окружающей среды.

После монтажа аппаратов производят их наладку, в которую входят внешний осмотр, проверка работы аппаратов без напряжения, проверка схем управления, сигнализации и блокировки, измерение сопротивления изоляции, опробование работы аппаратов и схем под напряжением.

Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверяют:

завершение всех монтажных работ;

соответствие установленных аппаратов и приборов току нагрузки защищаемого электроприемника и условиям его работы;

соответствие напряжений обмоток реле и катушек аппаратов напряжению сети;

исправность тепловых элементов реле и соответствие их току защищаемого двигателя;

отсутствие вблизи реле тепловых дополнительных источников нагрева;

отсутствие механических повреждений;

правильность установки аппаратов и надежность их крепления;

состояние всех контактов аппаратов, отсутствие пыли, грязи, ржавчины, особенно в местах прилегания якоря и сердечника магнитопровода;

целость заземляющей проводки от аппаратов до мест присоединения к общей сети заземления (зануления);

отсутствие прокладок, подвязок, ограничивающих ход подвижных деталей аппаратов при транспортировке;

отсутствие перекосов контактов и подвижных механических частей, их свободный ход;

наличие и исправность возвратных пружин подвижных систем;

наличие растворов и провалов у главных контактов и блок-контактов (см. п. 2.9.9). Величины растворов и провалов должны соответствовать прикладываемой к аппарату инструкции.

У реверсивных пускателей проверяют работу механической блокировки против одновременного срабатывания двух контакторов.

Проверка аппаратов

Аппарат отсоединяется от электрической схемы и измеряется сопротивление изоляции его токоведущих частей. Если монтаж и наладку производит один и тот же электрик, то сопротивление изоляции можно измерять до присоединения аппарата к электрической схеме.

Проверка аппаратов на механическую регулировку включает операции по проверке и устранению замеченных отклонений от нормы:

проверка плотности прилегания якоря к ярму;

проверка крепления демпферных витков;

при необходимости зачистка главных контактов и блок-контактов;

проверка отсутствия трения между контактами и дугогасительными камерами;

проверка крепления катушки;

проверка растворов и провалов главных контактов и при

необходимости их регулировка, проверка одновременности замыкания главных контактов, проверка их нажатия.

При механической регулировке производится затяжка всех гаек, винтов, установка недостающих деталей.

Проверка электромагнитных элементов автоматов и токовых реле, тепловых элементов автоматов и тепловых реле производится при их нагрузке током на специальных стендах опытными специалистами. Этими же специалистами проверяются схемы управления, сигнализации и блокировки.

2.9.9. Влияние контактов и контактных соединений на работу электроаппаратов

Контакты определяют коммутационную способность аппарата, производящего коммутационные операции. Коммутационными операциями называются операции включения и отключения аппаратов. Операции имеют обозначение, например, O — отключение, B — включение.

Коммутационной способностью аппарата называется его способность произвести определенное число коммутационных операций при сохранении работоспособности. Например, для автомата коммутационными операциями являются $O-BO-BO$. Обычно рассматривается предельная коммутационная способность при верхнем пределе коммутируемого тока. Но аппарат может не коммутировать ток, по величине ниже некоторого предельного, и в этом случае существует интервал критических значений токов.

На коммутационную способность аппарата влияет и характер нагрузки коммутируемой цепи. В цепях, содержащих индуктивность и емкость, происходит накопление энергии на индуктивности и емкости, и при разрыве цепи контактами аппарата происходят перенапряжения, что выражается в повышенном искрообразовании от дуги. Поэтому в цепях с такой нагрузкой коммутационная способность контактов ниже.

Повторно-кратковременный режим работы электроприемника, управляемого данным аппаратом, отрицательно влияет на контакты, так как происходит частое возникновение дуги при пусковом токе, что увеличивает износ контактов.

Приведем определения некоторых величин, относящихся к контактам.

Раствор контактов — кратчайшее расстояние между контактными поверхностями подвижного и неподвижного контактов в разомкнутом положении.

Начальное нажатие контакта — нажатие пружин на контакт при разомкнутом положении контактов.

Конечное нажатие контакта — нажатие в момент окончания замыкания подвижного контакта с неподвижным.

Провал контакта — расстояние, на которое может сместиться место конечного касания подвижного контакта с неподвижным из положения полного замыкания, если будет удален жестко закрепленный контакт (подвижный или неподвижный). Значения вышеприведенных величин приведены в табл. 2.32.

Т а б л и ц а 2.32

ВЕЛИЧИНЫ РАСТВОРА И НАЖАТИЯ КОНТАКТОВ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Аппарат	Раствор контактов, мм		Нажатие контактов, кг		
	главных	блок-контактов	главных		блок-контактов
			начальное	конечное	
Пускатели магнитные					
ПА-300	3	3	0,69	0,97	0,161
ПА-400	3	3	1,3	1,88	0,161
ПА-500	4	3	2,3	3,28	0,161
ПА-600	4	3	3,4	5,06	0,161
ПМЕ-100	2,5	2,5		0,2	0,2
ПМЕ-200	3	3		0,45	0,2
Выключатели автоматические					
A3120	20		1,8		
A3130	12		4		
Реле тепловые					
РТ	3				
ТРВ	1,7				
ТРН	0,8...1				

Раствор контактов в аппарате делается таким, чтобы не было затяжной дуги при отключении. Для исключения повторного замыкания контактов после удара механизма об упор при отключении раствор контактов делают не менее 2 мм.

На прохождение тока через контакты оказывает влияние переходное сопротивление в месте касания контактов, обусловленное наличием пленок окислов на поверхности контактов.

Большое значение в предотвращении образования пленок окислов имеет нажатие на контакты, так как оно препятствует проникновению воздуха в места контакта, разрушает пленки, снижает переходное сопротивление контактов и уменьшает их нагрев.

При наладке аппарата проверяют плотность крепления неподвижных контактов, плотность прилегания к ним подвижных контактов во включенном положении. Определение силы конечного нажатия контактов пускателя ПМЕ-211 показано на рис. 2.6, а. Предварительно для безопасности отключается напряжение с контактов силовой цепи, потом к подвижному контакту присоединяется динамометр, например, с помощью лески, и пускатель включается. Предварительно под подвижный контакт ложится полоска тонкой бумаги. Подвижный контакт оттягивается с помощью динамометра по линии, перпендикулярной плоскости касания контактов, пока полоска бумаги не будет свободно выниматься, и в этот момент динамометр покажет силу нажатия контактов.

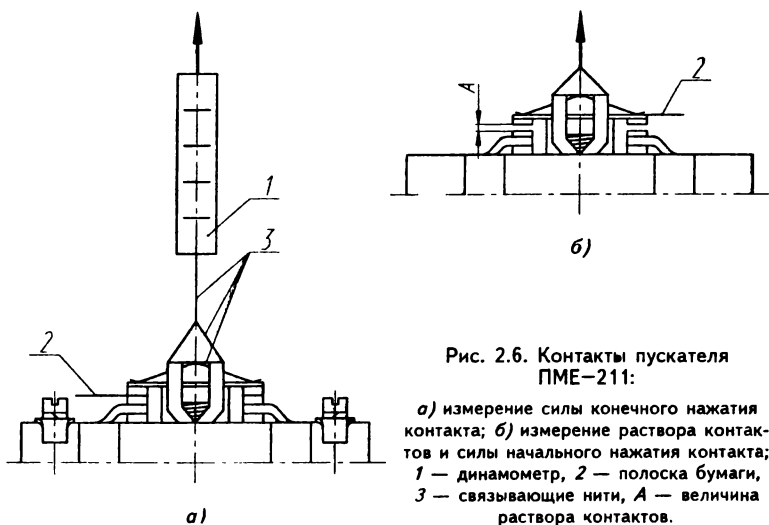


Рис. 2.6. Контакты пускателя ПМЕ-211:

а) измерение силы конечного нажатия контакта; б) измерение раствора контактов и силы начального нажатия контакта; 1 — динамометр, 2 — полоска бумаги, 3 — связывающие нити, А — величина раствора контактов.

Определение силы начального нажатия контактов показано на рис. 2.6, б. Полоска бумаги подкладывается под пластинчатую пружину над контактом, пускатель не включается, и контакт так же оттягивается через динамометр, пока не вынется полоска бумаги, и в этот момент определяется сила начального нажатия контакта.

Недостаточное начальное нажатие приводит к оплавлению и привариванию контактов, а чрезмерное нажатие — к нечеткому срабатыванию контактора пускателя.

При длительном прохождении тока через контакты они нагреваются тем больше, чем больше переходное сопротивление, а медные контакты также окисляются, поэтому аппараты с медными контактами для длительной работы не применяются. С увеличением нагрева контактов переходное сопротивление в месте касания контактов увеличивается до размягчения материала контактов. При размягчении увеличиваются площадки касания контактов, и сопротивление уменьшается. При достижении контактной точки температуры плавления происходит дальнейшее уменьшение переходного сопротивления, уменьшается количество выделяемой теплоты и место контакта охлаждается, увеличиваются силы сцепления материала контактов. Если эти силы больше, чем разъединяющие силы при отключении аппарата, то его нельзя отключить, что говорит о приваривании контактов. Их можно разъединить только после снятия напряжения с аппарата механическим воздействием.

На работу аппаратов влияют различные контактные соединения, которыми они присоединяются к сети, и соединения проводников в сети.

На рис. 2.7 показаны разборные контактные соединения: *а-г* — алюминиевых проводников с выводами аппаратов, *д* — соединения алюминиевых шин, *е-з* — медных проводников с выводами аппаратов.

Особенностью алюминия является то, что он образует на поверхности деталей пленку, которая тугоплавка и обладает большим сопротивлением для тока. Поэтому перед соединением алюминиевые проводники защищаются под слоем кварцевазелиновой пасты, которая затем обтирается и проводники сразу соединяются.

Другой особенностью алюминия является текучесть при зажатии гайкой в зажиме, поэтому для присоединения кольца из провода применяются специальные шайбы — звездочки *з* при сечении провода до 10 мм², при большей площади сечения применяются алюминиевые наконечники и тарельчатые шайбы *б*. При отсутствии таких шайб может быть применена вторая гайка — контргайка.

С учетом отрицательного влияния соединений медь—алюминий на состояние контакта выводы аппаратов делают лужеными, а если они не луженые, то соединения медь—алюминий не применяются в сырых помещениях, если аппараты не герметичны.

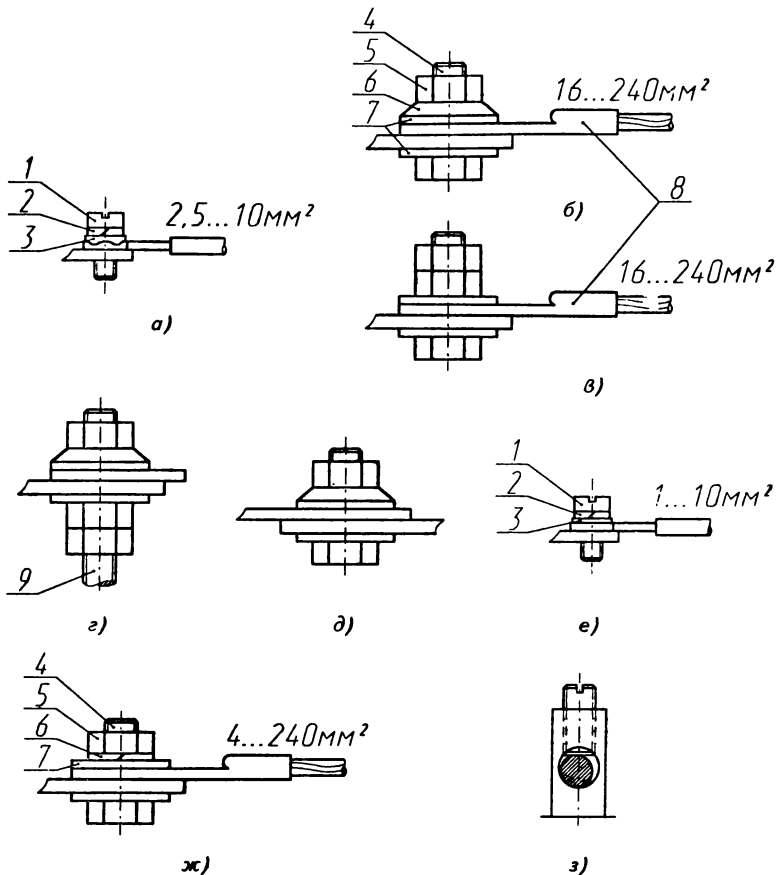
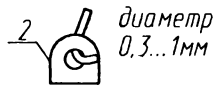
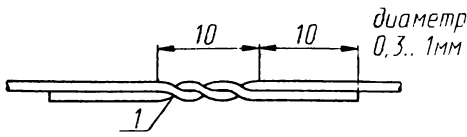


Рис. 2.7. Разборные контактные соединения:

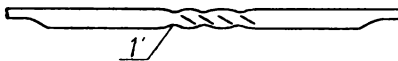
а)-д) присоединения алюминиевых проводников: а), б), в) — присоединения к плоским выводам электрических аппаратов; а) присоединение провода, согнутого на конце в кольцо: 1 — винт, 2 — шайба пружинная, 3 — шайба-звездочка; б), в) 4 — болт, 5 — гайка, 6 — шайба тарельчатая, 7 — шайбы, 8 — наконечники; г) присоединение к штыревому выводу: 9 — шпилька; д) соединение алюминиевых шин; е), ж) присоединение медных проводников к плоским выводам аппаратов; е) присоединение провода, согнутого на конце в кольцо: 1 — винт, 2 — шайба пружинная, 3 — шайба; ж) 4 — болт, 5 — гайка, 6 — шайба пружинная, 7 — шайба; з) гнездовой зажим.

Для присоединения конца медного провода в виде кольца или с наконечником применяется шайба и пружинная шайба, а при отсутствии пружинной шайбы применяется контргайка.

На рис. 2.8 показаны неразборные соединения пайкой — а, прессованием — б, г, сваркой — в, д.



подготовка



готовые соединения

а)

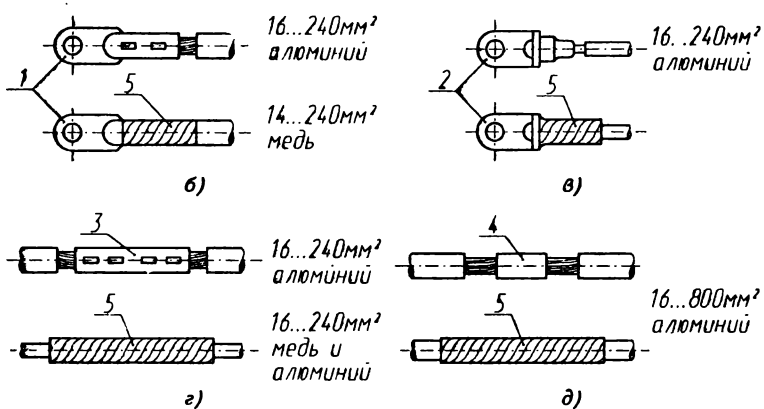


Рис. 2.8. Неразборные соединения:

а) паяные соединения медных проводов. Подготовка к пайке: 1 — проводов, 2 — присоединения провода к выводу; 1', 2' — готовые соединения; б) окончание трубчатым наконечником прессованием; в) окончание литым наконечником сваркой: 1 — сверху — наконечник после прессования, внизу — он же, покрытый изоляцией, 2 — то же литой наконечник; г) соединение проводов прессованием. 3 — гильза; д) соединение проводов сваркой: 4 — форма; б)-д): 5 — изолянта.

На рис. 2.9 показано разъемное контактное соединение для трехфазной сети. Такие соединения применяют для присоединения кабелей передвижных машин и инструментов к ис-

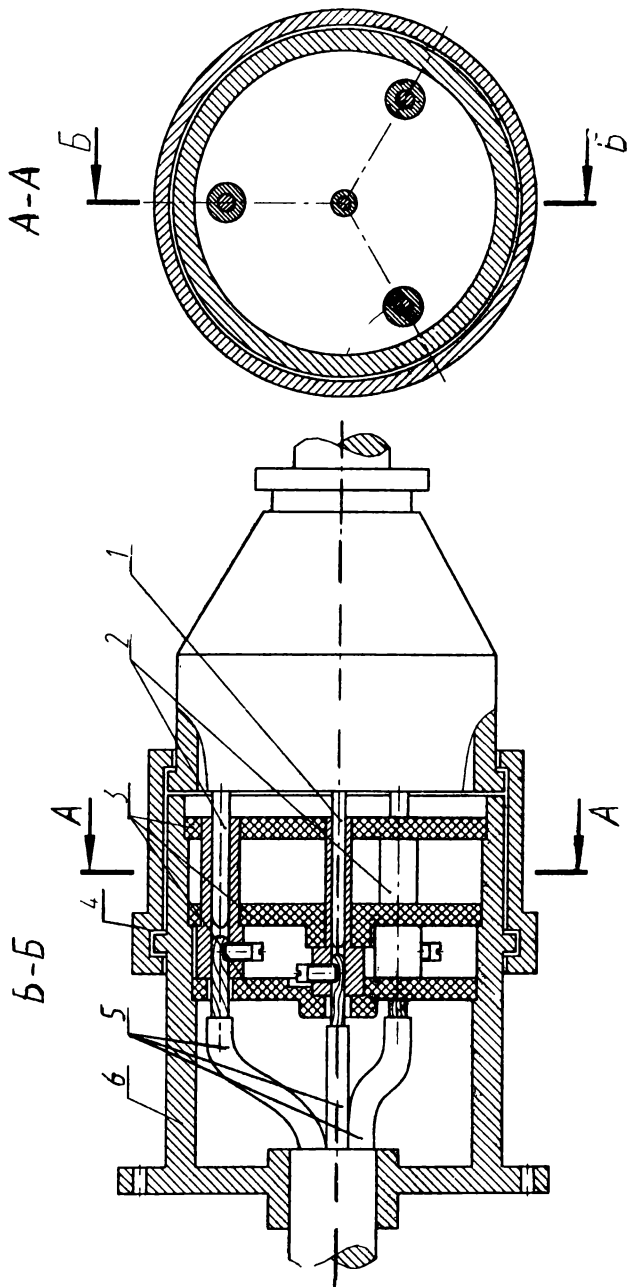


Рис. 2.9. Принцип устройства разъемного контактного соединения.

- 1 — замуляющие (заземляющие) стержень с гнездом, 2 — силовые стержни с гнездами,
- 3 — изоляционные распорные диски, 4 — замок, 5 — жилы кабеля, 6 — корпус половины разъема.

точнику питания. При этом для безопасности нужно помнить, что часть соединения, содержащая гнезда, присоединяется к источнику питания, стержень 1 для заземления или зануления всегда длиннее других, чтобы при соединении разъема этот стержень входил в гнездо первым, подготавливая цепь заземления или зануления, а при рассоединении выходил последним, когда силовая цепь уже рассоединена. Для предотвращения рассоединения разъема или ослабления контактов должен быть специальный замок, предотвращающий рассоединение.

На таком же принципе устроены разъемы для однофазной сети с двумя рабочими контактами и одним зануляющим или заземляющим, или просто с двумя контактами, в том числе и обычные розетки с вилками.

Нужно постоянно следить за контактами аппаратов, разъемов и соединений, так как от их состояния зависит надежность работы электроустановок.

2.9.10. Неисправности электрических аппаратов

Основные неисправности электрических аппаратов приведены в табл. 2.33.

Т а б л и ц а 2.33

ОТКАЗЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Вид отказа	Причина	Устранение
Общие отказы пускателей, автоматов, реле, рубильников, кнопок управления		
Нет напряжения на выходе аппарата	1. Подвижные контакты не касаются неподвижных из-за мусора, грязи или неисправности — рис. 2.10, а 2. Сильное окисление контактов	Разобрать аппарат, проверить состояние контактов и устранить неисправность Почистить щипельником, надфилем, стеклянной наждачной бумагой, растворителем в зависимости от величины и состояния контактов
Аппарат не срабатывает	Заклинен механизм из-за поломки или мусора	Проверить и устранить причину

Вид отказа	Причина	Устранение
Общие отказы пускателей, автоматов, рубильников		
Обгорание одного или более зажимов присоединения проводов у пускателей и автоматов — вместе с корпусом	Слабо закреплен неподвижный контакт и нельзя достичь плотного прилегания к нему подвижного	Заменить автомат, съемную часть пускателя, у новых аппаратов проверить крепление контактов
Перегрев и окисление зажимов присоединения проводов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Слабое затягивание зажимов 2. Малое сечение проводов 	<p>Разобрать крепление зажимов, зачистить и собрать вновь, применив пружинные шайбы, контргайки</p> <p>Заменить провода</p>
Общие отказы пускателей и автоматов		
Аппарат отключается при нагрузке	<ol style="list-style-type: none"> 1 Уставка защиты не соответствует току 2. Перегрузка пусковым током двигателя при затяжном пуске 	<p>Отрегулировать защиту</p> <p>Проверить двигатель и приводимый механизм для выявления источника торможения при пуске</p>
На выходе аппарата нет одной или более фаз	Сгорание тепловых элементов защиты	Заменить тепловые элементы, или при их отсутствии в запасе — весь аппарат
Отказы магнитных пускателей		
Пускатель не включается	<p>Отсутствие напряжения в цепи катушки пускателя по следующим причинам:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Нет напряжения в питающей сети 2. Нет напряжения в цепи управления пускателя по следующим причинам: <ol style="list-style-type: none"> а) Сработала защита б) Обрыв цепи управления 3. Нет напряжения на катушке: <ol style="list-style-type: none"> а) Нет выхода напряжения от кнопок «Ход» или «Стоп» б) То же для других аппаратов в цепи управления 	<p>Выяснить причину</p> <p>Устранить причину срабатывания защиты</p> <p>Проверить цепь управления</p> <p>Проверить исправность кнопок, отсутствие загрязнений в них</p> <p>Проверить контакты этих аппаратов</p>

Вид отказа	Причина	Устранение
<p>Пускатель не включается при наличии напряжения на вводе в катушку</p>	<p>1. Окисление зажимов или контактов на вводе в катушку</p> <p>2. Слабое нажатие в зажимах или на контактах</p> <p>3. Обрыв в обмотке катушки</p> <p>4. Сгорела изоляция обмотки катушки по следующим причинам:</p> <p>а) ухудшение сопротивления изоляции обмотки;</p> <p>б) ток в катушке больше номинального, так как она рассчитана на меньшее напряжение</p> <p>в) при неплотном прилегании якоря электромагнита воздушный зазор увеличен, из-за чего индуктивное сопротивление обмотки уменьшено и ток увеличен — рис. 2.11</p> <p>г) при пуске мощного двигателя при малой мощности трансформатора подстанции и ее большом удалении происходит падение напряжения, якорь прилегает неплотно и вибрирует, что увеличивает ток в катушке</p> <p>д) частые пуски двигателя, когда его пытаются пустить в заклиненном положении, ведут к падению напряжения и перегреву катушки</p>	<p>Зачистить зажимы или контакты</p> <p>Устранить регулировкой контактов или затягиванием зажимов</p> <p>Заменить катушку</p> <p>Заменить катушку</p> <p>Применить катушку на соответствующее напряжение</p> <p>Устранить причину неплотного прилегания якоря</p> <p>В данных условиях пускатель можно заменить автоматом</p> <p>Не пускать в ход заклиненный двигатель</p>
<p>Пускатель не включается при наличии напряжения на вводе в катушку</p>	<p>Пускатель заклинен при замерзании влаги в зазорах</p>	<p>Разобрать и собрать пускатель</p>
<p>Пускатель работает ненормально</p>		
<p>Вибрация и искрение пускателя</p>	<p>Уменьшение напряжения по следующим причинам:</p> <p>1. Мала мощность трансформатора для данного двигателя</p>	<p>Замена пускателя на автомат и контроль нагрева двигателя</p>

Вид отказа	Причина	Устранение
Вибрация и искрение пускателя	2. Большая удаленность подстанции при проводах малого сечения	Замена проводов на провода большего сечения
	3. Несимметрия питающего напряжения	Измерить напряжение и при несимметрии устранить ее
	1. Пускатель заклинен	Разобрать пускатель и устранить неисправности
	2. Ослабло крепление деталей пускателя	Закрепить детали пускателя
Пускатель включается, но двигатель не работает	3. Окислились детали магнитопровода в зазоре	Почистить детали магнитопровода
	4. Неплотности контактов или зажимов в цепи управления	Проверить состояние контактов и зажимов, устранить неисправности
Пускатель ненормально гудит	Отпаялись и отвалились контакты от контактных мостиков (рис. 2.10, б)	Заменить контактные мостики
Пускатель не отключается	Неплотное прилегание якоря магнитопровода по вышеперечисленным причинам 1—4	Устранить неисправности 1—4 (см. выше)
	1. Кнопка «Ход» заклинена во включенном положении — рис. 2.12	Расширить гнездо хода толкателя
	2. Контакты кнопки «Ход» шунтированы замыканием тока цепи управления по пластмассовому корпусу, в котором они закреплены — рис. 2.12	Заменить кнопочный элемент
	3. Замыкание в проводах цепи управления при их повреждении	Найти и устранить неисправность
	4. Приварились контакты пускателя при сильном токе для данного пускателя	Рассоединить и зачистить контакты
	5. Пускатель заклинен из-за механических неисправностей	Устранить неисправности
	6. Заклинивание якоря магнитной системы, т. е. якорь не отпадает при отключении тока в катушке	Применить катушку на меньшее напряжение, уменьшив его и в цепи управления (заменить линейное напряжение на фазное)
	7. Слаба пружина, возвращающая якорь в отключенное положение	Заменить пружину

Вид отказа	Причина	Устранение
Отказы автоматических выключателей		
Автомат не включается	<p>Механические причины:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Препятствие ходу назад включающей рукоятки при подготовке рычагов механизма к включению — рис 2.13 2 Не входит в зацепление рычаг механизма свободного расцепления 3 Разрегулирован механизм тепловой защиты и отключает автомат как при перегрузке 4. При включении выключателя при снятой крышке действует блокировка от такого включения при ее наличии <p>Электрические причины: срабатывание от тока короткого замыкания или перегрузки</p>	<p>Расширить окно в крышке автомата, в котором ходит рукоятка, или отогнуть деталь, мешающую ее ходу</p> <p>Заменить автомат</p> <p>Отрегулировать механизм</p> <p>Не включать автомат при снятой крышке</p> <p>Найти причину увеличения тока и устранить ее</p>
Отключение автомата во время работы	<ol style="list-style-type: none"> 1 Короткое замыкание или перегрузка 2. Нагрев зажимов проводов и передача тепла на тепловые элементы защиты 3. Несимметрия питающего напряжения приводит к увеличению тока, потребляемого двигателями 	<p>Найти причину увеличения тока и устранить ее</p> <p>Разобрать, зачистить и собрать зажимы</p> <p>Устранить несимметрию напряжения</p>
Автомат не выключается вручную	<ol style="list-style-type: none"> 1 Не хватает усилия отключить мощный автомат 2. Не хватает хода рукоятки в прорези крышки 	<p>Для усиления применить добавочную рукоятку, входящую в комплект</p> <p>Расширить прорезь крышки</p>
Отказы кнопочных постов		
Кнопки не поддаются воздействию	<ol style="list-style-type: none"> 1 Застыла влага в зазорах 2 Застыла резина герметизации постов при морозе 	<p>Оттаивание факелом (при отсутствии пожарной опасности) или горячей водой</p> <p>Оттаивание, в дальнейшем применять морозостойкую резину в кнопочных постах</p>

Вид отказа	Причина	Устранение
<p>Кнопка «Ход» не включает</p> <p>Кнопка «Стоп» не отключает</p>	<p>Слой льда или пыли на контактах</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Неподвижные контакты элемента замкнуты по пыли 2. Пробой по пластмассе корпуса между теми же контактами 3. Поломка кнопочных элементов 	<p>Чистка, в дальнейшем герметизация</p> <p>Чистка</p> <p>Замена кнопочных элементов</p> <p>Замена элементов</p>
Отказы рубильников		
<p>Нет напряжения на выходе из рубильника одного провода</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Один из ножей рубильника отстает от других при включении и не входит в контактную стойку 2. Слабое касание ножом контактной стойки, нагрев и обгорание ножа, контактной стойки и зажимов — рис. 2.14 	<p>Отрегулировать положение ножа</p> <p>Заменить обгоревшие детали рубильника</p>
Отказы розеток, выключателей, патронов		
<p>Периодические отказы</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Провод внутри корпуса изделия отсоединился от зажима и иногда слабо касается зажима 2. Слабо затянуты детали крепления внутри изделий 3. Неплотное соединение деталей розетки и вилки, цоколя лампы и лепестков в патроне, подвижных и неподвижных контактов в выключателе 	<p>Разобрать корпус и присоединить провод</p> <p>Затянуть соединения, при нарушении резьбы заменить детали</p> <p>Устранить неисправности или заменить изделия</p>
<p>Сильный нагрев розеток и вилок</p>	<p>Окисление деталей розеток и вилок при ослаблении их соединений между собой или при слабом контакте в гнездах</p>	<p>Заменить детали или изделия</p>

Примечание. Несимметрия питающего напряжения обычно выражается в понижении напряжения одной из фаз. Причиной часто является сгорание зажима или перегорание предохранителя в сети до того места, где эта несимметрия ощущается. Место повреждения можно найти, измеряя напряжения в фазах относительно земли, двигаясь по направлению к питающему трансформатору. Если неисправность на участке другой службы, то об этом сообщается электрикам этой службы.

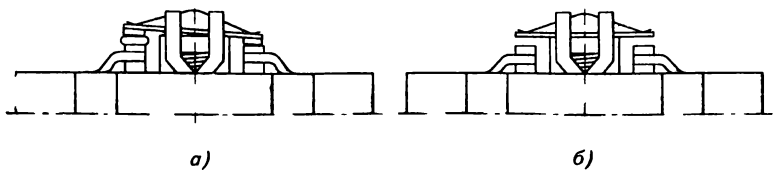


Рис. 2.10. Отсутствие касания контактов пускателя:

а) наличие препятствия между контактами; б) контакты отпаялись от мостика.

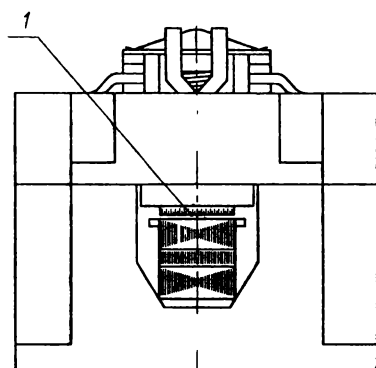


Рис. 2.11. Неплотное прилегание якоря электромагнита пускателя:

1 — воздушный зазор.

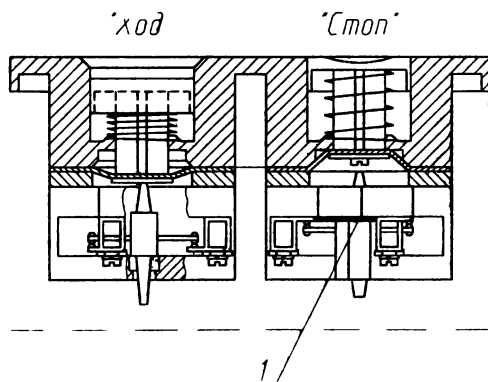


Рис. 2.12. Неисправности кнопочного поста управления типа ПКЕ-222-2У2 — заклинивание кнопки «Ход» во включенном положении и замыкание неподвижных контактов кнопки «Стоп» по пластмассовому корпусу:

1 — место замыкания

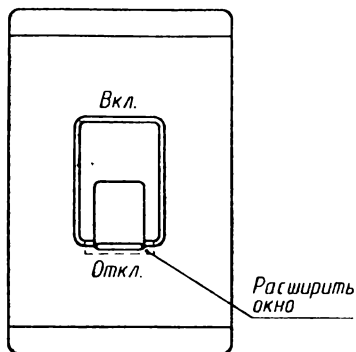


Рис. 2.13. Автомат не отключается и его нельзя подготовить к включению — препятствие ходу рукоятки автомата при отводе ее назад.

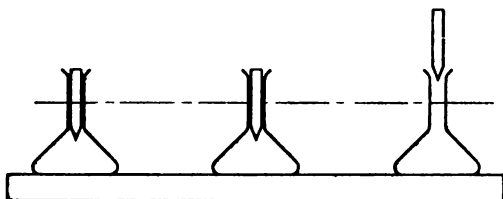


Рис. 2.14. Нож рублильника не входит в контактную стойку.

2.10. Электрические машины

2.10.1. Общие понятия

Электрическая машина является электромеханическим преобразователем, в котором преобразуется механическая энергия в электрическую или электрическая энергия в механическую.

В зависимости от рода отдаваемого или потребляемого тока электрические машины разделяются на машины переменного и постоянного тока.

Машины переменного тока делятся на синхронные, асинхронные и коллекторные.

В синхронной машине поле возбуждения создается обмоткой, расположенной на роторе и питающейся постоянным током. Обмотка статора соединяется с сетью переменного тока. Обращенная схема, когда обмотка возбуждения расположена

на статоре, встречается редко. В синхронной машине обмотка, в которой индуцируется ЭДС и протекает ток нагрузки, называется обмоткой якоря, а часть машины с этой обмоткой называется якорем. Часть машины, на которой расположена обмотка возбуждения, называется индуктором.

Синхронные машины применяются в качестве генераторов и двигателей.

В асинхронной машине поле создается в обмотке статора и взаимодействует с током, наводимым в обмотке ротора.

Среди асинхронных машин коллекторными являются однофазные двигатели малой мощности.

Асинхронные машины применяются в основном в качестве двигателей.

Машина постоянного тока по своему конструктивному выполнению сходна с обращенной синхронной машиной, у которой обмотка якоря расположена на роторе, а обмотка возбуждения — на статоре. Большинство машин постоянного тока коллекторные. Они могут работать в качестве генераторов или двигателей.

По мощности электрические машины можно разделить на следующие группы.

Машины большой мощности:

коллекторные машины мощностью более 200 кВт;

синхронные генераторы мощностью более 100 кВт;

синхронные двигатели мощностью более 200 кВт;

асинхронные двигатели мощностью более 100 кВт при напряжении более 1000 В.

Машины средней мощности:

коллекторные машины мощностью 1...200 кВт;

синхронные генераторы мощностью до 100 кВт, в том числе высокоскоростные мощностью до 200 кВт;

асинхронные двигатели мощностью 1...200 кВт;

асинхронные машины мощностью 1...400 кВт при напряжении до 1000 В, в том числе двигатели единых серий от 0,25 кВт.

К группе машин малой мощности относятся следующие электрические машины, не входящие в первые две группы:

двигатели постоянного тока коллекторные и универсальные;

асинхронные двигатели, синхронные двигатели и др.

2.10.2. Асинхронные машины

Схема асинхронной машины показана на рис. 2.15. В схеме асинхронной машины и ее принципе действия есть сходство с трансформатором. Отличие заключается в том, что вторич-

ная обмотка размещается на вращающемся роторе и не связана с внешней сетью. На схеме рис. 2.15, а эта обмотка состоит из стержней, замкнутых накоротко, что соответствует двигателю с короткозамкнутым ротором, а в двигателях с фазовым ротором она соединяется с внешними сопротивлениями — рис. 2.15, б.

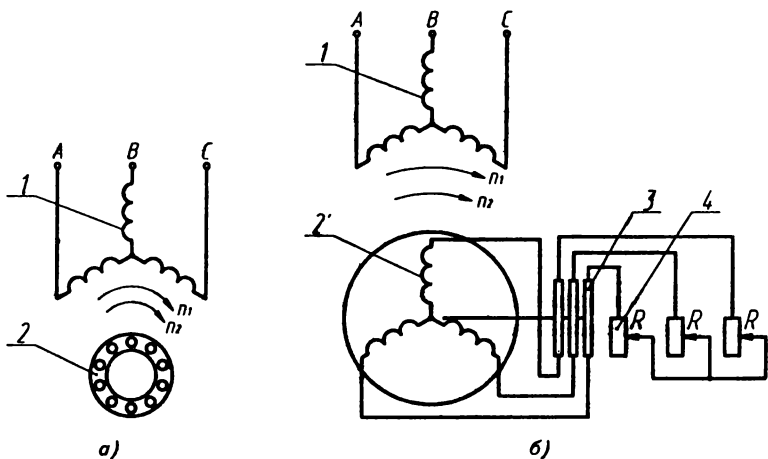


Рис. 2.15. Схемы асинхронной машины:

а) асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором; б) асинхронный двигатель с фазным ротором; 1 — обмотки статора, 2 — ротор с короткозамкнутыми стержнями, 2' — обмотки фазного ротора, 3 — контактные кольца, 4 — сопротивления в цепи фазного ротора.

Обмотка статора равномерно распределена по его окружности. Обмотки фаз статора соединяются в звезду или в треугольник.

При питании трехфазной обмотки статора трехфазным током создается вращающееся магнитное поле, частота вращения которого

$$n_1 = \frac{60f_1}{p},$$

где f_1 — частота тока питающей сети, Гц, p — число пар полюсов обмотки статора.

Вращающийся магнитный поток Φ индуцирует в обмотках статора и ротора ЭДС E_1 и E_2 . Под действием ЭДС E_2 в обмотке ротора возникает ток I_2 , при взаимодействии которого с магнитным полем создается электромагнитный вращающий момент M . Величина ЭДС E_2 и частота ее изменения f_2 зависят

от скорости пересечения магнитным полем статора Φ витков обмотки ротора. Частоту вращения поля ротора обозначим n_2 .

Частота пересечения магнитным полем статора обмотки ротора является относительной частотой поля статора относительно ротора и равна разности $n_1 - n_2$. Если разность равна 0, то нет движения поля статора относительно ротора, нет ЭДС E_2 и тока I_2 и вращающего момента M . При увеличении разности $n_1 - n_2$ величины E_2 , I_2 , f_2 и M увеличиваются.

Условием работы асинхронной машины является неравенство частот вращения поля статора и ротора, поэтому машина и называется асинхронной, т. е. несинхронной.

Относительная разность частот вращения поля статора и ротора

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

называется скольжением. Выражение частоты вращения ротора через скольжение:

$$n_2 = n_1(1 - s).$$

Асинхронные электродвигатели

Серии двигателей

Первая серия асинхронных электродвигателей — серия А — была разработана в 1946–1949 гг. Она состояла из семи габаритов в диапазоне мощностей от 0,6 до 100 кВт. В серии предусмотрены защищенные двигатели типа А и впервые — закрытые обдуваемые типа АО. В серии был предусмотрен ряд модификаций по конструкции и характеристикам.

Обозначения в данной серии следующие.

Защищенное исполнение.

Оболочка чугунная — А, алюминиевая — АЛ.

Закрытое обдуваемое исполнение.

Оболочка чугунная — АО, алюминиевая — АОЛ.

Пример обозначения: АО31–4, АО32–4, где цифры обозначают:

3 — габарит, или наружный размер статора;

1 и 2 — длина машины;

4 — число полюсов.

Новая серия А2 была разработана в 1957–1959 гг. с учетом рекомендаций Международной электротехнической комиссии (МЭК). Серия состояла из девяти габаритов двигателей с

высотами оси вращения от 90 до 280 мм, шкалы мощностей из 19 ступеней от 0,6 до 100 кВт.

Обозначения двигателей серии А2 такие же, как и серии А, только после А стоит цифра 2.

Для различных условий работы имеются модификации двигателей.

По исполнению двигатели могут быть в химостойком АО2...Х, влагостойком АО2...ВМ, сельскохозяйственном АО2...СХ исполнениях.

Другие модификации обозначаются:

П — двигатели с повышенным пусковым моментом;

С — с повышенным скольжением;

К — с фазным ротором.

Электродвигатели с повышенным скольжением предназначены для привода механизмов с большими массами и неравномерным ударным характером нагрузки, с большой частотой пусков и реверсов. Двигатели не имеют твердой шкалы мощностей.

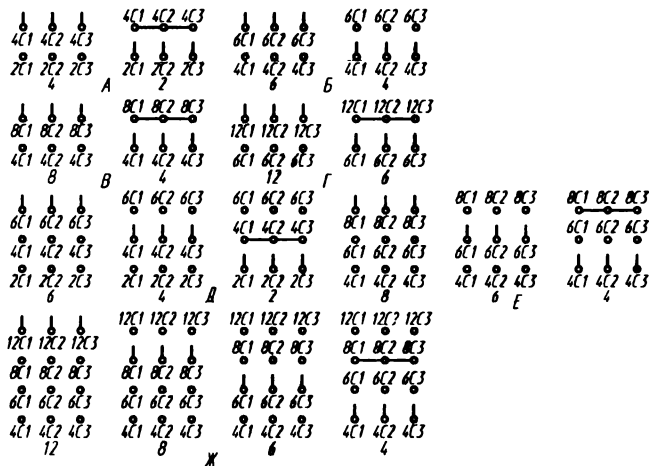


Рис. 2.16. Схемы присоединения выводов концов многоскоростных электродвигателей для получения различных частот вращения:

Цифры под схемами показывают количество полюсов обмотки, получаемое при данной схеме. Буквы под схемами означают: А—Г — двухскоростные двигатели, Д, Е — трехскоростные двигатели, Ж — четырехскоростные двигатели.

Многоскоростные электродвигатели предназначены для привода механизмов со ступенчатым регулированием частоты вращения и не имеют твердой шкалы мощностей. Схемы включения многоскоростных электродвигателей приведены на рис. 2.16.

Цифры под каждой схемой означают число полюсов обмотки статора, которое соответствует данной схеме и определяет синхронную частоту вращения двигателя. Как известно, синхронная частота вращения двигателя, т. е. частота вращения магнитного поля статора

$$n = \frac{60f}{p},$$

где $f = 50$ Гц — частота сети, p — число пар полюсов.

По этой формуле можно определить синхронную частоту вращения двигателя для каждой схемы включения при известном числе пар полюсов, соответствующих данной схеме включения многоскоростного двигателя.

Номера подшипников двигателей данной серии приведены в табл. 2.34.

Т а б л и ц а 2.34

ПОДШИПНИКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИИ АО2

Габарит двигателя	Вид двигателя по способу монтажа	Номер подшипника со стороны привода		Номер подшипника с другой стороны	
		3000, об/мин	1500 1000, об/мин	3000, об/мин	1500 1000, об/мин
1	М10 М20 М30	60304		60304	
2		60305		60305	
3		60306		60306	
4		60308		60308	
5		60309		60309	
6	М10 М20 М30	309	2309К	309	309
7	М10 М20	311	2311К	311	311
	М30	311	311	311	311
		3000, об/мин	1500 1000 750 600, об/мин	3000, об/мин	1500 1000 750 600, об/мин
8	М10 М20	314	2314К	314	314
	М30	314	314	314	314
9	М10 М20	317	2317К	317	317
	М30	317	317	317	317

Примечание: способы монтажа: М10 — на лапах, М20 — на лапах и с фланцем, М30 — с фланцем.

Электродвигатели серии 4А

На основе международных рекомендаций в странах — членах бывшего Совета экономической взаимопомощи (СЭВ) в 1969—1972 гг. были разработаны новые серии электродвигателей, а в СССР — серия 4А.

Серия включает все двигатели общего назначения мощностью до 400 кВт напряжением до 1000 В. В серии повышена мощность двигателей при тех же высотах оси вращения на 2...3 ступени по сравнению с двигателями серии АО2 за счет применения новых материалов и рациональной конструкции. Впервые в мировой практике в серии были стандартизированы показатели надежности. Серия имеет модификации и специализированные исполнения. По степени защиты предусмотрены исполнения IP44 и IP23.

Пример обозначения типа двигателя:

4АН200М4У3,

где 4 — номер серии, А — асинхронный, Н — степень защиты IP23, для закрытых двигателей обозначение не дается, далее может быть буква А, означающая алюминиевые станину и щиты, Х — алюминиевая станина и чугунные щиты, если станина и щиты чугунные, никакого обозначения не дается, 200 — высота оси вращения, мм, М или S, L — условная длина станины.

Далее возможны буквы А или В, обозначающие длину сердечника статора, отсутствие букв означает одну длину в установочном размере, 4 — число полюсов, У — для умеренного климата, 3 — категория размещения.

Специализированные исполнения двигателей по условиям окружающей среды:

тропического исполнения Т, буква ставится после числа полюсов, например, 4А132S2Т2, категории размещения 2 и 5;

для районов с холодным климатом исполнения ХЛ, например, 4А132S2ХЛ2, категории размещения 2 и 5;

химически стойкого исполнения Х, например, 2А90L2ХУ5, категории размещения 3 и 5;

сельскохозяйственного исполнения СХ, например, 4А160М4СХУ2, категории размещения 1—5.

Технические данные некоторых двигателей серии 4А приведены в табл. 2.35.

Модификации двигателей:

двигатели с повышенным пусковым моментом;

с повышенным скольжением;

многоскоростные, с фазовым ротором, двигатели с встроенным электромагнитным тормозом.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ
СЕРИИ 4А

Типоразмер электродвигателя	Номинальная мощность, кВт	Энергетические показатели при нагрузке 100%	
		КПД, %	cos φ
Синхронная частота вращения 3000 об/мин			
4A71B2Y3	1,1	77	0,87
4A90L2Y3	3	84	0,88
4A112M2Y3	7,5	87	0,88
4A160S2Y3	15	88	0,91
4A180M2Y3	30	90	0,90
4A225M2Y3	55	91	0,92
4A250M2Y3	90	92	0,90
4A315M2Y3	200	92	0,90
4A355M2Y3	315	93	0,91
Синхронная частота вращения 1500 об/мин			
4A80A4Y3	1,1	75	0,81
4A100S4Y3	3	82	0,83
4A132S4Y3	7,5	87	0,86
4A160S4Y3	15	88	0,88
4A180M4Y3	30	91	0,89
4A225M4Y3	55	92	0,90
4A250M4Y3	90	93	0,91
4A315M4Y3	200	94	0,92
4A355M4Y3	315	94	0,92
Синхронная частота вращения 1000 об/мин			
4A80B6Y3	1,1	74	0,74
4A112MA6Y3	3	81	0,76
4A132M6Y3	7,5	85	0,81
4A160M6Y3	15	87	0,87
4A200L6Y3	300	90	0,90
4A250M6Y3	55	91	0,89
4A280M6Y3	90	92	0,89
4A355M6Y3	200	94	0,90

Приняты следующие классы изоляции обмоток двигателей:
 высота оси вращения 56,63 мм — Е,
 высота оси вращения 71...132 мм — В,
 высота оси вращения 160...355 мм — F.

Номера подшипников двигателей показаны в табл. 2.36.

Т а б л и ц а 2.36

ПОДШИПНИКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИИ 4А

Высота оси вращения двигателя, мм	Диаметр выступающего конца вала, мм	Номер подшипника	Высота оси вращения двигателя, мм	Диаметр выступающего конца вала, мм	Номер подшипника
56	11	180501	160	48	310
63	14	180502	180	55	312
71	19	180604	200	60	313
80	22	180605	225	65	314
90	24	180605	250	75	317
100	28	180606	280	80	317
112	32	180607	315	90	319
132	38	180609	355	100	322

Унифицированная серия
 асинхронных двигателей Интерэлектро АИ

Серия разработана в рамках международной организации Интерэлектро, объединявшей электротехников стран — бывших членов СЭВ. Координатором работ по созданию серии был СССР.

Разработаны и выпускаются различные модификации двигателей в зависимости от условий среды и назначения.

Двигатели выполняются в основном со степенями защиты IP54 или IP44, а при высотах осей вращения 200 мм и более — со степенью защиты IP23.

Конструктивное исполнение машин обозначается буквами IM с четырьмя цифрами. Первая цифра обозначает группу конструктивных исполнений:

- 1 — на лапах, с подшипниковыми щитами;
- 2 — на лапах, с фланцем на щите или щитах;
- 3 — без лап, с подшипниковыми щитами и с фланцем на одном щите.

Вторая и третья цифры обозначают способ монтажа, четвертая — исполнение конца вала.

Двигатели серии имеют ряд мощностей диапазоном от 0,025 до 400 кВт, ряд высот осей вращения — от 45 до 355 мм.

Двигатели с высотами осей вращения до 71 мм выполняются на напряжение 380 В, остальные — 380 и 660 В при частоте 50 Гц, в экспортном исполнении — 60 Гц.

Обозначения двигателей серии

Пример базового обозначения:

АИР100М4,

где АИ — серия, Р — вариант увязки мощности с установочными размерами (может быть обозначение С), 100 — высота оси вращения, М — длина корпуса по установочным размерам, 4 — число полюсов.

Пример основного обозначения:

АИРБС100М4НПТ2,

где АИР100М4 — базовое обозначение, Б — закрытое исполнение с естественным охлаждением без обдува, С — с повышенным скольжением, Н — малозумные, П — с повышенной точностью установочных размеров, Т — для тропического климата, 2 — категория размещения.

Пример полного обозначения:

АИРБС100М4НПТ2 220/380 В, 60 IM2181, КЗ-11-3, F100,

где 60 — частота сети, IM2181 — исполнение по способу монтажа и концу вала, КЗ-11-3 — исполнение выводного устройства и количество штуцеров, F100 — исполнение фланцевого щита. Буквы IM — первые буквы английских слов International Mounting, означающих монтаж по международным нормам. Данные некоторых двигателей серии приведены в табл. 2.37.

Типы и номера подшипников для двигателей серии АИ приведены в табл. 2.38.

Выбор электродвигателей

Тип, мощность и частота вращения двигателя для данного механизма обычно известны по паспорту установленного на нем двигателя, а если неизвестны, то потребная мощность двигателя рассчитывается по специальным формулам для каждого механизма.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИИ АИ

Типоразмер электродвигателя	Номинальная мощность, кВт	Энергетические показатели при нагрузке 100%	
		КПД, %	cos φ
Синхронная частота вращения 3000 об/мин			
АИР71В2	1,1	79	0,83
АИР90L2	3	84	0,88
АИР112М2	7,5	87	0,88
АИР160S2	15	90	0,89
АИР180М2	30	91	0,90
АИР225М2	55	92	0,91
АИР250М2	90	93	0,92
Синхронная частота вращения 1500 об/мин			
АИР80А4	1,1	75	0,81
АИР100S4	3	82	0,83
АИР132S4	7,5	87	0,86
АИР160S4	15	90	0,89
АИР180М4	30	92	0,87
АИР225М4	55	93	0,89
АИР250М4	90	94	0,89
АИР315М4	200	94	0,92
АИР355М4	315	94	0,92
Синхронная частота вращения 1000 об/мин			
АИР80В6	1,1	74	0,74
АИР112МА6	3	81	0,76
АИР132М6	7,5	85	0,81
АИР160М6	15	88	0,85
АИР200L6	30	90	0,85
АИР250М6	55	92	0,86
АИР280М6	90	93	0,9
АИР355М6	200	94	0,9

ПОДШИПНИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИИ АИ

Высота оси вращения, мм	Подшипник со стороны вентилятора		Подшипник со стороны рабочего конца вала	
	2p = 2	2p ≥ 4	2p = 2	2p ≥ 4
45		5-80018C9Ш2У		
50		5-80200C8Ш2У		
56		5-80201C9Ш2У		
63		5-80202C9Ш2У		
71		76-180204KC9Ш2У		
80		76-180205KC9Ш2У		
90	76-180206C9Ш2У	76-180206KC0Ш2У	76-180206KC9Ш2У	
100	76-180306KC9Ш2У		76-180306K2C9Ш2У	
112		76-180307K4C9Ш2У		
132		76-180309C9Ш2У		
160	76-180510C9Ш2У		76-180610C9Ш2У	
180	76-180512C9Ш2У		76-180612C9Ш2У	
200	6213ШУ2		6313ШУ2	
225	6214ШУ2		6314ШУ2	
250		6317ШУ2		5-2317K1Ш2У
280		70317		5-2317K1Ш2У
315		70-319K5		5-2319KM

Частота вращения двигателя должна быть равна частоте вращения, необходимой для приводимого механизма, если их валы соединяются непосредственно, или должна быть больше потребной частоты вращения механизма с учетом уменьшения ее редуктором, установленным между валами двигателя и механизма.

Для выбора электродвигателя надо знать режим работы механизма, который он будет приводить в движение, и условия среды, в которой будут работать механизм с двигателем.

Могут быть следующие режимы работы в соответствии с режимами работы приводимых механизмов.

S1 — номинальный режим работы, при котором двигатель работает достаточно длительно с номинальной мощностью при достижении установившейся температуры.

S2 — кратковременный режим с длительностью периода неизменной номинальной нагрузки 10, 30, 60 и 90 мин.

S3 — повторно-кратковременный режим с продолжительностью включения ПВ = 15, 25 и 60%, продолжительность одного цикла принимается равной 10 мин.

S4 — повторно-кратковременный с частыми пусками, с ПВ = 15, 25, 40 и 60%, с числом включений в час 30, 60, 120 и 240 при коэффициенте инерции $F = 1,2; 1,6; 2; 2,5; 4; 6,3$ и 10, где коэффициент инерции F — отношение момента инерции нагрузки к моменту инерции ротора двигателя.

S5 — повторно-кратковременный с частыми пусками и электрическим торможением с ПВ = 15, 25, 40 и 60%, с числом включений в час 30, 60, 120 и 240 при коэффициенте инерции $F = 1,2; 1,6; 2; 2,5; 4$.

S6 — перемежающийся, с ПВ = 15, 25, 40 и 60%, продолжительность одного цикла 10 мин.

S7 — перемежающийся с частыми реверсами при электрическом торможении, с числом реверсов в час 30, 60, 120 и 240 при коэффициенте инерции $F = 1,2; 1,6; 2; 2,5; 4$.

S8 — перемежающийся с двумя или более частотами вращения, с числом циклов в час 30, 60, 120 и 240 при коэффициенте инерции $F = 1,2; 1,6; 2; 2,5$ и 4.

Зная потребные мощность и частоту вращения двигателя, можно его выбрать по каталогу с ближайшей большей мощностью по сравнению с расчетной, но выбирать нужно из двигателей такого исполнения, которое соответствует условиям внешней среды, где будет установлен двигатель, и режиму работы механизма.

Если нет двигателя в исполнении, соответствующем внешней среде, то приходится применять двигатель в нормальном исполнении, но тогда нужно принять меры для защиты его от влияния внешней среды (будка, навес, обертка целлофаном и т. д.), при этом важно не нарушить нормального охлаждения двигателя при работе.

Монтаж двигателей

Двигатель небольшой мощности, поступающий вместе с механизмом, обычно установлен на раме и соединен передачей с механизмом.

Двигатели большой мощности для транспортировки снимаются и перевозятся отдельно. Для них также готово место на механизме или специальная рама, которая укрепляется болтами, приваривается и заливается бетоном. Монтаж двигателя в

таких случаях заключается в установке его на подготовленное место, что делается силами собственного электрохозяйства или при большом объеме работ силами специализированных монтажных организаций. При этом двигатель укрепляется, присоединяется к механизму через имеющуюся передачу и присоединяется к электрической сети. Остальные работы выполняются при наладке.

При монтаже двигателя прежде всего обращается внимание на положение осей валов двигателя и механизма. Если валы соединяются непосредственно, то их оси должны лежать на одной линии. Это лучше всего проверить по положению торцовых частей полумуфт: если они параллельны, то оси лежат на одной линии, при этом также должны совпадать боковые части полумуфт. Положение оси двигателя при креплении его на лапах можно регулировать подкладками под лапы около болтов крепления. При фланцевом креплении двигателя правильное положение осей обеспечивается равномерной затяжкой болтов крепления. Для предупреждения откручивания гаек и ослабления крепления двигателя под гайки подкладываются сначала обычные плоские шайбы, а на них пружинные. При отсутствии пружинных шайб могут применяться вторые гайки — контргайки.

Замена двигателей

Замена двигателей производится, когда они выходят из строя и снимаются для капитального ремонта. Сама замена не сложна, если готов такой же двигатель для замены. Но в электрохозяйстве может быть установлено множество двигателей различных типов и мощностей, поэтому для каждого двигателя может не быть такого же для замены.

Но при наличии соответствующего двигателя для замены могут быть сложности, так как на валу двигателя может быть деталь для передачи вращения — шкив, звездочка, шестерня и т. д., и может оказаться, что ее не снять имеющимися средствами. В таком случае можно заменить только статор двигателя, оставив ротор с деталью для передачи вращения старым, вместе с передним щитом двигателя.

Меняется только статор и в том случае, если вал двигателя имеет специальную конструкцию — удлиненный или с двумя рабочими концами, и нет двигателя с таким валом.

Для двигателя с фланцевым креплением, не имеющего лап, можно установить статор с лапами, если они не будут мешать монтажу.

Если у вышедшего из строя двигателя со сгоревшей изоляцией обмотки имеются дефекты подшипников, то можно заменить его статор при одновременной замене подшипников. При наличии дефектов вала и вышедшем из строя статоре меняется весь двигатель.

При исправном статоре и вышедших из строя подшипниках или неисправном вале меняются подшипники или весь вал с подшипниками, взятый со старого двигателя такого же типа.

При отсутствии взаимозаменяемых деталей двигателя приходится менять весь двигатель.

При отсутствии для замены двигателя той же серии можно его заменить двигателем другой серии, при этом полезно знать взаимозаменяемые двигатели разных серий. В табл. 2.39 приводятся пары взаимозаменяемых двигателей серии А02 и 4А с одинаковыми диаметрами концов валов и окружностями крепления фланцев фланцевых двигателей.

Т а б л и ц а 2.39

ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Типоразмер двигателя серии А02	Соответствующий типоразмер двигателя серии 4А
А02-21	4А80
А02-31	4А100
А02-41	4А112
А02-51	4А132
А02-61	4А160S, М, 2 полюса
А02-71	4А160S, М, 4, 6, 8 полюсов 4А180S, М, 2 полюса
А02-81	4А200L, М, 4, 6, 8 полюсов
А02-91	4А280S, М, 2 полюса

У последней пары двигателей не совпадают диаметры окружностей отверстий крепления фланцев. У двигателей серии 4А буквы S, М или L, М обозначают условные длины статора, при которых диаметры валов одинаковы, указаны число полюсов обмотки статора, при которых диаметры валов одинаковы.

У остальных близких по мощности и частоте вращения двигателей диаметры валов не совпадают. При этом не следу-

ет пытаться заменить только статор, потому что у разных серий двигателей, хотя они близки по параметрам, статоры разные.

Если диаметр вала двигателя не совпадает с диаметром отверстия насаживаемой на этот вал детали, то его нужно привести в соответствие с этой деталью или наоборот.

Если диаметр вала больше, то его можно обточить на токарном станке, а потом сделать новую шпоночную канавку. При этом если двигатель помещается на токарном станке без разборки, то его можно не разбирать.

Отверстие детали, насаживаемой на вал, можно рассверлить или расточить и сделать новую шпоночную канавку.

Если диаметр вала меньше, чем отверстие насаживаемой на него детали, то можно напрессовать на него или запрессовать в отверстие насаживаемой детали втулку и сделать в ней шпоночную канавку. Если из-за малой разницы размеров вала и отверстия втулку выточить нельзя, то можно ее сделать из листового железа.

Близкие по техническим данным двигатели разных серий имеют разные высоты осей вращения.

Допустим, высота оси вращения нового двигателя больше высоты оси вращения старого. Если при этом оси двигателя и вала механизма находятся на одной линии, то нужно опускать раму двигателя, если позволяют условия. При невозможности опустить раму двигателя нужно поднимать механизм, приводимый в движение этим двигателем, на величину разницы высот осей вращения двигателя и механизма.

Если высота оси вращения нового двигателя меньше, чем старого, то можно подложить под него подкладки или поднять его раму.

Если оси двигателя и механизма параллельны, то новый двигатель можно сдвинуть параллельно в плоскости рамы или с самой рамой.

Как правило, у двигателей разных серий с близкими по значению мощностями и частотами вращения не совпадают расстояния между отверстиями крепления на лапах, а у некоторых и на фланцах. В таких случаях на раме просверливаются новые отверстия. Если размеры рамы не позволяют сделать этого, то к раме можно приварить дополнительные плоскости для отверстий.

При сильном расхождении мест крепления старого и нового двигателя можно применить промежуточную плиту из толстого листового железа, в которой сделать отверстия для креплений к ней двигателя и отверстия для крепления плиты к старой раме.

При обработке отверстия детали, насаживаемой на новый двигатель, важно знать диаметр рабочего конца вала нового двигателя. В табл. 2.40 показаны диаметры рабочих концов валов двигателей серии 4 А при данных высотах осей вращения. При этом для двигателей с высотой оси вращения до 132 мм диаметры концов валов для всех частот вращения одинаковы, а с высотами оси вращения 160 мм и более двигатели с частотой вращения 3000 об/мин имеют меньшие диаметры концов валов, чем двигатели на другие частоты вращения.

Т а б л и ц а 2 . 4 0

ДИАМЕТРЫ (d) РАБОЧИХ КОНЦОВ ВАЛОВ ДВИГАТЕЛЕЙ
СЕРИИ 4А В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТ ОСЕЙ ВРАЩЕНИЯ (h)

h, мм	56	63	71	80	90	100	112	132	160	180	200	225	250	280	315	355
d, мм	11	14	19	22	24	28	32	38	48	55	60	65	75	80	90	100

Подготовка двигателей к включению в сеть и к работе

После монтажа нового двигателя вместе с новым механизмом или после замены двигателя производится его подготовка к включению с целью выявления неисправностей и дефектов монтажа не только двигателя, но и электрического и механического оборудования, с ним связанного.

При больших объемах работ подготовка к включению производится при наладке электрического и механического оборудования силами специализированных пуско-наладочных организаций по специальной программе.

При подготовке двигателей к включению и к работе производится:

внешний осмотр;

проверка схемы соединения обмоток;

измерение сопротивления изоляции;

пробный пуск двигателя;

проверка работы двигателя на холостом ходу и под нагрузкой.

Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверяются:

соответствие данных паспорта электродвигателя проекту, механизму и условиям окружающей среды в месте работы двигателя;

отсутствие механических повреждений корпуса, коробки выводов, вентилятора охлаждения;

отсутствие повреждений подводящих проводов (нарушений изоляции, скрытых под изоляцией обрывов и изломов);

возможность вращения вала от руки, отсутствие заеданий и торможений; вращение ротора проверяется воздействием на деталь, установленную на валу или, при ее недоступности, на вентилятор двигателя. Если ротор двигателя не вращается, то нужно отсоединить механизм, так как причина может быть в нем. Если ротор двигателя, отсоединенного от механизма, не вращается, то это означает, что он заклинен. Заклинивание может произойти при падении двигателя при неосторожной погрузке или разгрузке, от ржавчины в воздушном зазоре между статором и ротором в результате хранения в условиях повышенной влажности, от ржавчины в подшипниках при плохой смазке и наличии сырости. При заклинивании ротора двигатель должен быть разобран, найдена и устранена причина заклинивания;

наличие заземляющих проводников от электродвигателя до места присоединения к сети заземления.

Проверка схемы соединения обмоток

Большинство двигателей в коробках зажимов имеют шесть выводов, соответствующих началам и концам их фазных обмоток. Обозначения выводов электрических машин, соответствующие стандарту, показаны в табл. 2.45, 2.46.

Обычно выводы всех фаз обмотки статора двигателя расположены в коробке зажимов согласно рис. 2.17, а. Такое расположение дает возможность получить соединение фазных обмоток статора в звезду при соединении горизонтально перемычками нижних зажимов и в треугольник при соединении вертикальных пар зажимов (рис. 2.17, б, в).

В некоторых двигателях обмотки фаз статора соединены в звезду и в коробке зажимов находятся только выводы С1, С2 и С3.

Следует учесть, что выводные концы обмоток фаз двигателя одеваются на шпильки и прижимаются гайками, которые

могут быть слабо затянуты, поэтому нужно проверять крепление выводных концов их пошатыванием. При слабом креплении этих концов нужно отсоединять подводящие провода и перемычки и затягивать гайки крепления выводных концов обмотки двигателя.

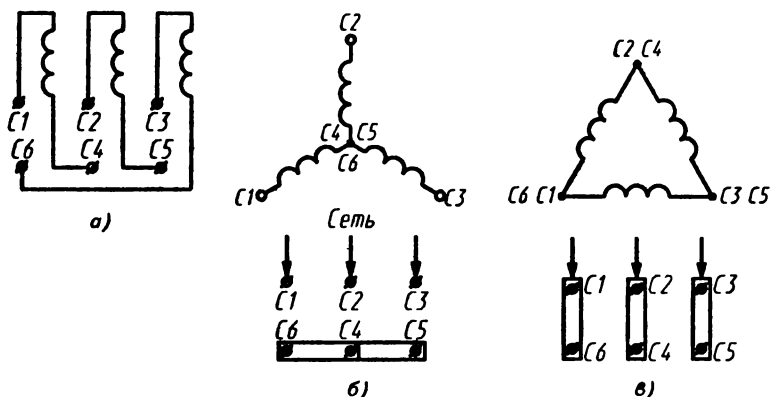


Рис. 2.17. Выводы обмоток статора трехфазного асинхронного электродвигателя:

- а) схема присоединения начал и концов обмоток к зажимам колодки в выводной коробке; б) схема включения обмоток статора в звезду и соединение выводных зажимов; в) схема включения обмоток статора в треугольник и соединение выводных зажимов.

Измерение сопротивления изоляции

Об измерении сопротивления изоляции рассказано в гл. 5. Величина сопротивления изоляции электродвигателя согласно ПУЭ не нормируется, но в стандарте указано, что величина сопротивления изоляции электрических машин должна быть не менее 1 кОм на 1 В номинального напряжения машины.

Пробный пуск двигателя

Электродвигатель включают на 2...3 с и проверяют: направление вращения;

работу вращающихся частей двигателя и вращающихся и движущихся частей механизма;

действие пусковой аппаратуры.

При любых признаках неисправности электрической или механической части двигатель останавливается и неисправности устраняются.

Нужное направление вращения механизма бывает на нем обозначено стрелкой. Нужно также помнить, что при правильном направлении вращения рабочих колес турбомашин (насосов, вентиляторов и т. д.) их лопатки загнуты назад относительно направления вращения.

Правильное направление вращения двигателей транспортирующих машин (транспортеров, шнековых и ковшовых подъемников и др.) определяется по движению их рабочих органов.

Для изменения вращения двигателя достаточно отсоединить от зажимов два провода, подводящих напряжение к двигателю, поменять их местами и снова присоединить. Обычно это делается на выходе пускового аппарата.

Кратковременное включение повторяют 2—3 раза, увеличивая продолжительность включения.

Проверка электродвигателя на холостом ходу и под нагрузкой

Проверку электродвигателя на холостом ходу производят при отсоединенном механизме. Если отсоединить механизм нельзя, то проводится проверка при ненагруженном механизме. Продолжительность проверки — 1 ч.

При этом проверяют нагрев подшипников, корпуса двигателя, наличие вибрации, характер шума подшипников.

При ненормальном шуме подшипников и их перегреве двигатель приходится разбирать и устранять причину. При невозможности устранить причину ненормальной работы подшипника он заменяется.

При повышенном нагреве корпуса двигателя (большем, чем у других нормально работающих двигателей) он останавливается и производится проверка прилегания контактов в аппаратах, через которые подводится напряжение к двигателю, проверка плотности затягивания зажимов проводов, начиная от выводных концов в коробке двигателя.

При исправности цепи, подводящей напряжение к двигателю, и его повышенном нагреве он должен отправляться в капитальный ремонт. Перед этим у него должно быть проверено соответствие обозначений выводных концов фазных обмоток, измерено сопротивление обмоток постоянному току, что делается при наладке опытными специалистами.

О других неисправностях и их устранении можно узнать ниже по табл. 2.44, далее рассказано об устранении вибраций.

После проверки двигателя на холостом ходу начинается его проверка под нагрузкой. При нормальной работе двигателя в течение 20...30 мин с механизмом далее продолжается его обкатка вместе с механизмом не менее 8 ч. При этом прирабатываются подвижные детали механизмов, проверяется на нагрев электрооборудование, выявляются его слабые места. Режим обкатки определяется механиками, производившими монтаж технологического оборудования.

Способы пуска в ход асинхронных двигателей

Схемы пуска двигателей в ход должны предусматривать создание большого пускового момента при небольшом пусковом токе и, следовательно, при небольшом падении напряжения при пуске. При этом может требоваться плавный пуск, повышенный пусковой момент и т. д.

На практике применяются следующие способы пуска:
непосредственное присоединение к сети — прямой пуск;
понижение напряжения при пуске;

включение сопротивления в цепь ротора в двигателях с фазовым ротором.

Прямой пуск

Прямой пуск применяется для двигателей с короткозамкнутым ротором. Для этого они проектируются так, чтобы пусковые токи, протекающие в обмотке статора, не создавали больших механических усилий в обмотках и не приводили к их перегреву. Но при прямом пуске двигателей большой мощности в сети могут возникать недопустимые, более 15%, падения напряжения, что приводит к неустойчивой работе пусковой аппаратуры (дребезжание), подгоранию контактов и практически к невозможности пуска. Такие явления могут быть в маломощной сети или при большом удалении от подстанции пускаемого двигателя.

Прямой пуск двигателя от маломощной сети

В маломощной сети условия пуска двигателя ухудшаются для самого двигателя, ухудшается работа уже включенных двигателей и ламп накаливания, поэтому должны быть ограничения по мощности двигателя в зависимости от вида нагрузки сети и количества пусков двигателя.

Существуют следующие ограничения мощности двигателя.

Трансформатор, питающий чисто силовую сеть:

20% мощности трансформатора при частых пусках;

30% мощности трансформатора при редких пусках.

Трансформатор имеет смешанную нагрузку:

4% мощности трансформатора при частых пусках;

8% мощности трансформатора при редких пусках.

Электростанция малой мощности — 12% мощности электростанции.

В маломощных сетях следует ограничивать число пусков сравнительно мощных двигателей, при затруднении их пуска по возможности стключать другие двигатели.

Пуск при пониженном напряжении

Этот способ пуска применяется для двигателей средней и большой мощности при ограниченной мощности сети. Рассмотрим некоторые способы понижения напряжения при пуске.

Переключение обмотки статора двигателя с пусковой схемы звезда на рабочую схему треугольник

Для лучшего понимания способа пуска разберем схемы соединения обмоток двигателей и влияние этих схем на величину фазного напряжения двигателя при заданном линейном напряжении.

Обмотки двигателей могут соединяться звездой или треугольником. Тип соединения определяет соотношение между напряжением на зажимах двигателя и напряжением на фазах его обмотки, т. е. номинальным напряжением двигателя. Напряжение на зажимах двигателя измеряется между его зажимами и называется линейным, и на фазе обмотки — между ее началом и концом и называется фазным. Как известно, при соединении треугольником напряжения линейное и фазное равны, а при соединении звездой линейное напряжение больше фазного в $\sqrt{3}$ раз.

Двигатель может иметь в коробке зажимов три или шесть концов. При наличии шести концов возможно соединение двигателя звездой или треугольником в зависимости от напряжения сети, к которой будет присоединяться двигатель, и его номинального напряжения.

Если номинальное напряжение двигателя 220 В, то при линейном напряжении сети 380 В его нужно соединять звездой, а при линейном напряжении сети 220 в — треугольником.

При номинальном напряжении двигателя 380 В и линейном напряжении сети 380 В двигатель нужно соединять треугольником, а при линейном напряжении сети 660 В — звездой.

Как соединять выводные концы двигателя при различных схемах соединения его обмоток, видно из схем соединения обмоток, показанных на рис. 2.17, б, в, где указаны стандартные обозначения концов и начал фазных обмоток двигателя.

Если в коробке зажимов двигателя имеется три вывода обмоток с зажимами, то он имеет определенную схему соединения обмоток в зависимости от напряжения, на которое он рассчитан.

Схема пуска двигателя включением на пусковую схему звезда и с переключением на рабочую схему треугольник показана на рис. 2.18.

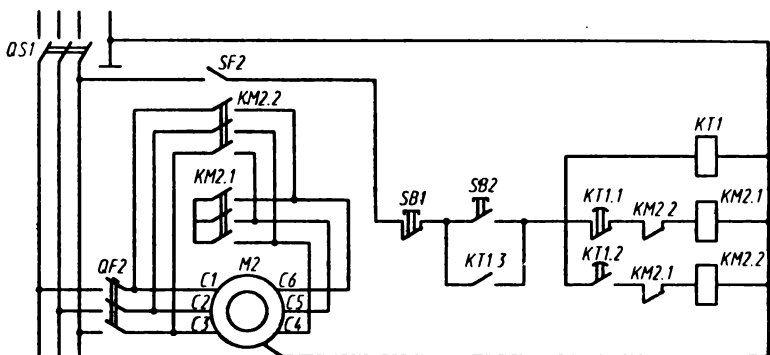


Рис. 2.18. Схема пуска трехфазного асинхронного электродвигателя включением на пусковую схему «звезда» и с переключением на рабочую схему «треугольник»:

SB1 — кнопка КМЕ4201 (красная); *SB2* — кнопка КМЕ4201 (черная); *KM2.1*, *KM2.2* — пускатель ПМА-3100У4, 220 В; *KT1* — промежуточное реле РПЛ2204, 220 В, пневмоприставка ПВЛ1104; *M2* — электродвигатель А02-72-2,30 кВт, 2910 об/мин; *QF2* — выключатель автоматический АЕ2046, 63 А; *SF2* — выключатель автоматический А63, 4 А; *QS1* — выключатель пакетный ПВ3-100.

Перед пуском двигателя включаются выключатели *QS1*, *QF2* и *SF2*. При нажатии на кнопку *SB2* включается пускатель *KM2.1*, соединяющий концы фазных обмоток двигателя в звезду. Одновременно включается реле времени *KT1*, замыкая контакт *KT1.3*, шунтирующий контакты кнопки *SB2*. С выдержкой времени, необходимой для разгона двигателя, отключается контакт *KT1.1* реле времени, отключая пускатель *KM2.1*, и включается контакт *KT1.2*, включающий пускатель *KM2.2*, переключающий концы фазных обмоток двигателя на треугольник, и двигатель продолжает работать.

Так как при пуске двигателя при подключении по схеме звезда фазное напряжение обмотки уменьшается в $\sqrt{3}$ раз по

сравнению со схемой треугольник, то фазные токи также уменьшаются в $\sqrt{3}$ раз, которые равны линейным токам при этой схеме. Но при схеме треугольник, являющейся рабочей в данном случае, фазные токи меньше линейных в $\sqrt{3}$ раз, а при пусковой схеме звезда получается еще уменьшение фазных токов в $\sqrt{3}$ раз, и в результате линейные токи, равные фазным при пусковой схеме звезда, уменьшаются в 3 раза.

После разгона двигателя обмотка его статора переключается на нормальную схему треугольник, поэтому схема пуска двигателя кратко называется схемой пуска переключением со звезды на треугольник.

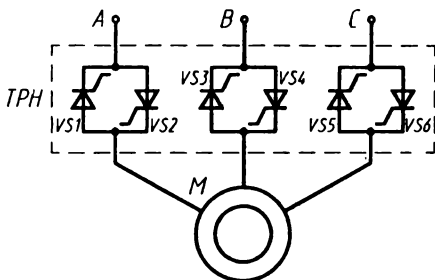


Рис. 2.19. Схема пуска трехфазного асинхронного электродвигателя с помощью тиристорного регулятора напряжения (TPH).

Пуск электродвигателя с помощью тиристорного регулятора напряжения

Схема включения двигателя с помощью тиристорного регулятора напряжения представлена на рис. 2.19. В регуляторе напряжения в каждый фазный провод включаются встречно-параллельно два тиристора, один из которых работает условно в положительный полупериод напряжения сети, а другой в отрицательный. Регулирование напряжения на выходе регулятора осуществляется изменением времени включения каждого тиристора относительно момента, когда ток должен переходить с одного из трех тиристоров на другой (базовая точка), путем подачи на тиристор управляющего импульса, что дает возможность изменять время протекания тока через тиристор в течение полупериода напряжения сети и напряжение на его выходе, подаваемое на нагрузку, в данном случае на двигатель. Это напряжение не является синусоидальным, и его можно представить как среднее напряжение, которое можно менять, изменяя продолжительность работы тиристора в течение

полупериода. Время включения тиристора относительно базовой точки выражается в градусах и называется углом регулирования [7]. Изменяя угол регулирования тиристоров, можно получить необходимое напряжение для плавного пуска двигателя.

Пуск электродвигателя с фазовым ротором

Схема включения двигателя с фазовым ротором и получаемые при пуске механические характеристики показаны на рис. 2.20. Двигатель имеет контактные кольца, которые позволяют включать в цепь ротора при пуске добавочные сопротивления $R1$ и $R2$. В начале пуска включены обе ступени сопротивлений, при этом получается наибольший пусковой момент $M_{п1}$, разгон происходит по механической характеристике 1, частота вращения увеличивается, но не достигает номинальной и в точке б происходит отключение первой ступени сопротивлений $R1$ контроллером при замыкании контактов $K1.1$ и $K1.2$. При постоянной частоте вращения происходит увеличение пускового момента до $M_{п2}$ и снова разгон по характеристике 2 с более высокой частотой вращения. В точке з отключается вторая ступень $R2$ сопротивлениями контактами $K2.1$ и $K2.2$ и происходит переход на естественную механическую характеристику 3. Далее работа двигателя происходит при номинальной частоте вращения n_n и при номинальном моменте M_n .

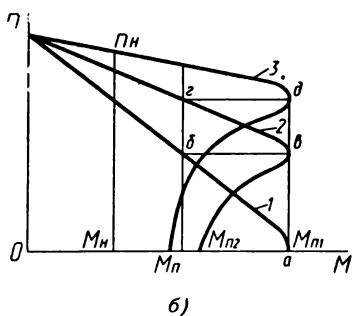
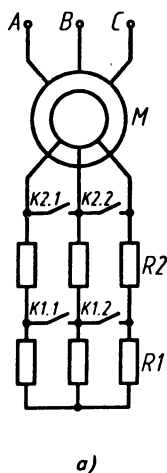


Рис. 2.20. Включение асинхронного электродвигателя с фазовым ротором: а) схема включения; б) механические характеристики при пуске; $R1$, $R2$ — ступени сопротивлений, $K1.1$, $K1.2$, $K2.1$, $K2.2$ — контакты переключателя.

При пуске двигателя происходит не только уменьшение пусковых токов, но и увеличение пускового момента, что важно для двигателей, которые включаются под нагрузкой (различные транспортные приспособления и машины).

Работа трехфазного двигателя в однофазной сети

На практике может потребоваться применение трехфазного двигателя в однофазной сети, например, при выходе из строя двигателя стиральной машины или другой бытовой машины, когда замены нет, а есть трехфазный двигатель.

Одна из схем такого применения показана на рис. 2.21, где к двум вершинам треугольника подводится напряжение сети, равное 220 В, а к третьей — пусковая емкость C_n через контакт выключателя, замыкающийся на время пуска двигателя для создания пускового момента, и рабочая емкость C_p , включаемая на все время работы двигателя. Соединение обмоток двигателя треугольником предпочтительнее, так как при этом к фазной обмотке двигателя подводится напряжение, равное напряжению сети, большее, чем при соединении звездой, и получается большой крутящий момент.

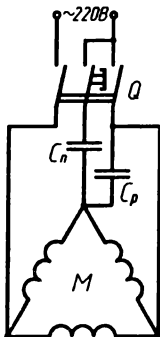


Рис. 2.21. Применение трехфазного двигателя в однофазной сети:

Q — выключатель неавтоматический, имеющий средний контакт с самовозвратом,
 C_n , C_p — емкости пусковая и рабочая.

При напряжении сети 220 В и частоте сети 50 Гц рабочая емкость, мкФ,

$$C_p = 66P_H,$$

где P_H — номинальная мощность двигателя, кВт.

Пусковая емкость, мкФ

$$C_{п} = 2C_{р} = 132P_{н}.$$

Если двигатель запускается без пусковой емкости, то ее можно не применять.

Средства защиты электродвигателей

Основные причины выхода двигателей из строя

Защита электродвигателей означает их автоматическое отключение пуско-защитными аппаратами с целью предотвращения выхода из строя при увеличении токов в обмотках выше допустимых. Выход из строя двигателя в большинстве случаев означает полное или частичное обугливание изоляции его обмотки при нагреве обмоточного провода большим током. Большой, свыше номинального, ток в обмотке двигателя появляется при длительной перегрузке его механизмом, при заклинивании механизма, а также при несимметрии напряжений в питающих проводах, зависящих от состояния сети, т. е. при аварийных режимах в сети. Одно из первых мест среди аварийных режимов занимает обрыв фазного провода в цепи питания двигателя. Обрыв может быть на линиях высокого и низкого напряжений, при обгорании контактов или зажимов в аппаратах высокого и низкого напряжений, при повреждении кабелей или проводов питания двигателей, обгорании зажимов на самом двигателе.

При обрыве фазного провода двигатель не запускается или при работе он останавливается и его обмотка обугливается.

Защита электродвигателей осуществляется аппаратами, которые рассмотрены в п. 2.9, поэтому не будем возвращаться к их конструкции и принципу действия, а рассмотрим особенности защиты двигателей различными аппаратами и ответственность этой защиты.

Реле тепловые

Распространенной защитой электродвигателей является защита тепловыми реле, которые монтируются в корпусах пускателей, если пускатели устанавливаются отдельно, или шкафах и на щитах. Правильно подобранные тепловые реле защи-

щают двигатель от перегрузки, заклинивания, потери фазы, хотя предназначены они для защиты от перегрузки.

Недостаток защиты тепловыми реле заключается в том, что трудно подобрать реле из имеющихся в наличии для каждого двигателя так, чтобы ток теплового элемента реле соответствовал току двигателя. Также следует учесть, что тепловые реле сами требуют защиты от тока короткого замыкания.

Если соответствуют друг другу токи двигателя и уставки реле, это не значит, что реле надежно сработает, так как имеется разброс параметров реле с уставкой на один и тот же ток, поэтому реле нужно регулировать на специальном стенде, что не всегда возможно из-за отсутствия стендов и грамотных специалистов.

Защита реле тепловыми показана на рис. 11.8, где *ККЗ* — тепловые элементы реле в силовой цепи двигателя и контакты реле в его цепи управления.

Реле максимального тока (максимальные реле)

Максимальные реле применяются для защиты двигателей механизмов, которые могут заклиниваться во время работы, например, дозаторов, транспортеров. Эти реле могут защитить двигатель и от потери фазы. Защита с помощью реле максимального тока показана на рис. 11.8, где *ККЗ* — обмотка реле в силовой цепи двигателя и контакты реле в цепи управления двигателя.

Автоматические выключатели (автоматы)

Автоматы применяются для защиты двигателей, так как имеют расцепители максимального тока и тепловые расцепители, по принципу работы соответствующие максимальным и тепловым реле. Следует учесть, что не все автоматы имеют расцепители и поэтому не все они могут защитить двигатель от перегрузки. В схеме защиты автоматы обычно устанавливаются перед пускателем (рис. 11.8), где автомат *QF2* служит для включения и отключения проводов и аппаратов, расположенных за ним по ходу электроэнергии в направлении двигателя, для защиты этих проводов и аппаратов от тока короткого замыкания и двигателя от тока короткого замыкания и перегрузки.

Устройства встроенной тепловой защиты (УВТЗ)

Устройство отключает пускатель электродвигателя, когда температура обмоток двигателя становится больше допустимой для данного типа изоляции обмоток двигателя. Устройство состоит из электронного блока и датчиков. Датчики устанавливаются в лобовых частях обмотки двигателя (по одному на каждую фазу). Температурными датчиками служат полупроводниковые термосопротивления — позисторы. Схема внешних соединений при данном виде защиты показана на рис. 2.22. При повышении температуры обмотки двигателя увеличивается сопротивление встроенного резистора R_k , которое воздействует на электронную схему электронного блока, в результате чего размыкаются контакты 2—3 реле, находящегося в электронном блоке, и отключают катушку пускателя K .

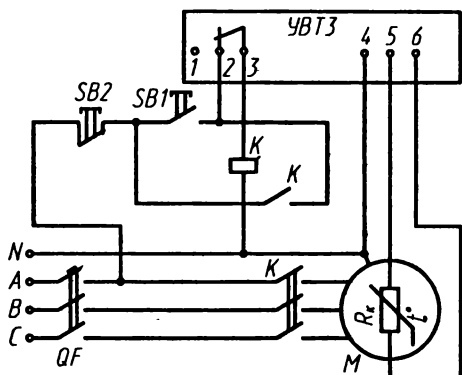


Рис. 2.22. Схема внешних соединений устройства встроенной тепловой защиты электродвигателя (УВТЗ):

QF — выключатель автоматический, $SB1$, $SB2$ — контакты кнопки управления, K — пускатель магнитный, R_k — датчик температуры, 1, 2, 3, 4, 5, 6 — зажимы в цепи устройства.

Недостатком данного вида защиты является то, что с датчиками выпускаются не все двигатели, и датчики могут устанавливаться в условиях ремонтных мастерских, поэтому при замене двигателей может не оказаться двигателей с датчиками, защита данного вида будет бездействовать, и придется устанавливать другую. При данном виде защиты приходится отдельно приобретать специальные электронные блоки и датчики.

Защита реагирует не на причину аварийного состояния

двигателя — большой ток, а на последствия этого состояния — нагрев обмотки двигателя, поэтому она может быть неэффективной с учетом инерции процессов.

Фазочувствительное устройство защиты (ФУЗ)

Как следует из названия, в данной защите контролируется не ток двигателя, а угол сдвига фаз между линейными токами двигателя, величина которого при аварийном режиме будет отличаться от величины его в нормальном состоянии.

Угол сдвига фаз между токами в трехфазной сети в нормальных условиях равен 120° , а при обрыве в одном фазном проводе угол сдвига фаз между токами в исправных проводах становится равным 180° . Значит, если контролировать изменение угла сдвига фаз между токами в проводах, подводящих ток к электродвигателю, то двигатель можно защитить от последствий обрыва фазного провода.

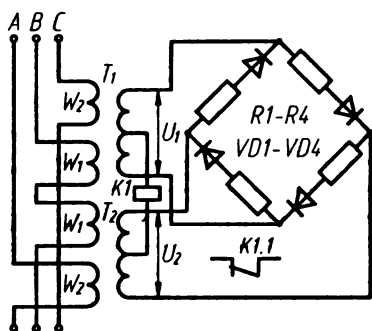


Рис. 2.23. Схема, поясняющая принцип действия фазочувствительного устройства защиты электродвигателей (ФУЗ):

T_1 , T_2 — трансформаторы, K_1 — реле.

Принцип действия устройства показывает простейшая схема на рис. 2.23. В схеме имеется датчик в виде моста из диодов $VD1-VD4$ и резисторов $R1-R4$. Для получения сигнала, принимаемого датчиком, формируются два напряжения U_1 и U_2 с определенным углом сдвига фаз между ними, который учитывается датчиком. Для получения этих напряжений применяются трансформаторы T_1 и T_2 , включающиеся в цепь питания двигателя. К датчику через вторичные обмотки трансформаторов присоединено реле K_1 , которое своими контактами

К1.1 отключает магнитный пускатель двигателя при аварийном режиме.

При невозможности запуска или заклинивания двигателя, обрыве фазного провода токи нагрузки и измеряемые напряжения U_1 и U_2 увеличиваются, ток в катушке реле возрастает и становится больше тока срабатывания реле, и оно срабатывает, отключая двигатель.

Технические данные некоторых устройств ФУЗ представлены в табл. 2.41.

Неисправности и отказы асинхронных двигателей с учетом неисправностей в цепи их питания и перегрузок показаны в табл. 2.44.

Т а б л и ц а 2 . 4 1

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ УСТРОЙСТВ ФУЗ-М

Параметры	ФУЗ-М	ФУЗ-М2	ФУЗ-М3	ФУЗ-М4	ФУЗ-М5
Диапазон рабочего тока, А	1...2	2...4	4...8	8...16	16...32
Ток срабатывания при обрыве фазы, не более, А	1	2	4	8	16
Время срабатывания при обрыве фазы, не более, с	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Время срабатывания при перегрузке 1,5, не более, с	30...50	30...50	30...50	30...50	30...50
Время срабатывания при перегрузке 7,5 не более, с	6...10	6...10	6...10	6...10	6...10
Напряжение, В	380	380	380	380	380

2.10.3. Синхронные машины

Схема синхронной машины показана на рис. 2.24. Синхронная машина отличается от асинхронной тем, что ток в обмотке ротора появляется не при вращении ее в магнитном поле статора, а подводится к ней от постороннего источника постоянного тока. Статор синхронной машины выполнен так же, как и асинхронной, и на нем обычно расположена трехфазная обмотка. Обмотка ротора образует магнитную систему с тем же числом полюсов $2p$, что и у статора. Она создает магнитный поток возбуждения и называется обмоткой возбуждения. Вращающаяся обмотка ротора соединяется с внешней

целью источника постоянного тока с помощью контактных колец и щеток. При вращении ротора с частотой n_2 его магнитное поле возбуждения наводит в статоре ЭДС E_1 , частота которой

$$f_1 = \frac{pn_2}{60}.$$

При подсоединении обмотки статора к нагрузке протекающий по ней ток будет создавать магнитный поток, частота вращения которого

$$n_1 = \frac{60f_1}{p}.$$

Из сравнения этих выражений видно, что $n_1 = n_2$, т. е. магнитные поля статора и ротора вращаются с одинаковой частотой, поэтому такие машины называются синхронными.

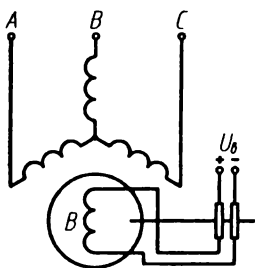


Рис. 2.24. Схема синхронной машины:

B — обмотка возбуждения, U_b — напряжение в цепи возбуждения

Результирующий магнитный поток создается совместным действием обмоток возбуждения и статора и вращается с той же частотой, что и ротор.

Обмотка якоря в синхронной машине — обмотка, в которой индуцируется ЭДС и к которой присоединяется нагрузка.

Индуктор в синхронной машине — часть машины, на которой расположена обмотка возбуждения.

В схеме на рис. 2.24 статор является якорем, а ротор — индуктором, но может быть и обратная схема, в которой статор — индуктор и ротор — якорь.

Синхронная машина может работать генератором или двигателем.

В машине с неподвижным якорем применяются две разно-

видности ротора: явнополюсный ротор имеет явно выраженные полюсы, неявнополюсный ротор не имеет явно выраженных полюсов.

Постоянный ток в обмотку возбуждения синхронной машины может подаваться от специального генератора постоянного тока, установленного на валу машины и называемого возбудителем, или от сети через полупроводниковый выпрямитель.

Наибольшее распространение получил генераторный режим работы синхронных машин, и почти вся электроэнергия вырабатывается синхронными генераторами.

Синхронные двигатели применяются при мощности более 600 кВт и до 1 кВт как микродвигатели.

Синхронные генераторы на напряжение до 1000 В применяются в агрегатах для автономных систем электроснабжения. Данные некоторых таких генераторов приведены в табл. 2.42. Агрегаты с этими генераторами могут быть стационарными и передвижными. Большинство агрегатов применяются с дизельными двигателями, но приводом их могут быть газовые турбины, электродвигатели и бензиновые двигатели.

Неисправности синхронных машин приведены в табл. 2.44.

Т а б л и ц а 2 . 4 2

СИНХРОННЫЕ ЯВНОПОЛЮСНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Тип генератора	P_n , кВт	U_n , В	I_n , А	n , об/мин
СГ2-85/45-12	314	400	361	500
СГД103-8	100	400/230	180/314	750
СГД2-17-36-16УХЛ4	630	400	1140	375
СГД2-17-44-16УВ-04	630	400	1140	375
ОС-92	100	400/230	180/314	1500
ЕСС-52-4	5	400/230	9/15,7	1500
БСС-91-4	50	400/230	90/157	1500
ГСФ-100М	100	400/230	181/314	1500

Для бензоэлектрических агрегатов, с самовозбуждением

ГАБ-8-Т/230-М	8	230	20	750
ГАБ-8-Т/400-М	8	400	11,5	750

2.10.4. Машины постоянного тока

Схема машины постоянного тока показана на рис. 2.25. Обмотка якоря 2 расположена на роторе и представляет собой замкнутую многофазную обмотку, подключенную к коллектору, состоящему из коллекторных пластин 3, изолированных друг от друга, и щеток *A* и *B*. Коллектор связывает обмотку якоря с внешней цепью нагрузки при работе машины генератором или с сетью питания при работе двигателем. Обмотка возбуждения располагается на полюсах статора и присоединяется к независимому источнику постоянного тока или к якорю. Магнитный поток возбуждения Φ_b этой обмотки неподвижен в пространстве.

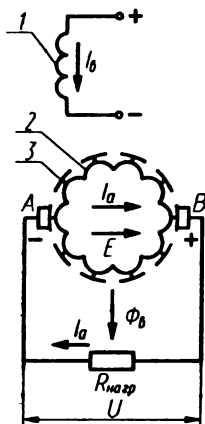


Рис. 2.25. Схема машины постоянного тока:

1 — обмотка возбуждения, 2 — обмотка якоря, 3 — пластины коллектора, *A*, *B* — щетки, Φ_b — магнитный поток возбуждения.

При вращении обмотки якоря в неподвижном магнитном поле в ней индуцируется ЭДС с частотой

$$f_2 = \frac{p\omega}{60}.$$

Коллектор осуществляет согласование частоты f_2 с частотой сети постоянного тока $f_1 = 0$, т. е. преобразует переменную ЭДС, индуцированную в обмотке якоря, в постоянную ЭДС между щетками *A* и *B* коллектора, и во внешней цепи протекает постоянный ток.

При холостом ходе машины магнитный поток создается только обмоткой возбуждения. При работе машины под нагрузкой обмотка якоря создает свой магнитный поток.

Реакция якоря машины постоянного тока — воздействие магнитного поля якоря на магнитное поле машины. В результате реакции якоря магнитное поле машины искажается, что ведет к искрению под щетками. Кроме того, под действием реакции якоря магнитный поток машины при насыщенной магнитной цепи уменьшается, что приводит к уменьшению ЭДС по сравнению с ее значением при холостом ходе.

Для исключения этого явления делают некоторые изменения в конструкции машины, но действенной мерой является применение компенсационной обмотки, которая располагается в пазах главных полюсов и включается последовательно в цепь якоря таким образом, чтобы ее намагничивающая сила была направлена встречно с намагничивающей силой якоря и компенсировала ее действие. Компенсационная обмотка применяется в машинах средней и большой мощности.

Генераторы постоянного тока

Свойства генераторов зависят от способа питания их обмоток возбуждения, и в зависимости от этого они подразделяются на группы:

1 — генераторы с независимым возбуждением, обмотка возбуждения которых получает питание от независимого источника — рис. 2.26;

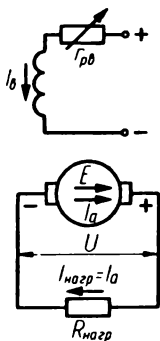


Рис. 2.26. Схема генератора независимого возбуждения:

E — ЭДС генератора, U — напряжение на зажимах генератора, I_a , I_b , $I_{нагр}$ — токи в цепях якоря, возбуждения и нагрузки, $R_{нагр}$ — сопротивление нагрузки, $r_{pв}$ — сопротивление регулирующего реостата в цепи возбуждения.

2 — генераторы с параллельным возбуждением, обмотка возбуждения которых присоединяется параллельно обмотке якоря — рис. 2.27;

3 — генераторы с последовательным возбуждением, обмотка возбуждения которых включается последовательно с обмоткой якоря — рис. 2.28;

4 — генераторы со смешанным возбуждением, у которых применяются обмотки параллельная и последовательная — рис. 2.29.

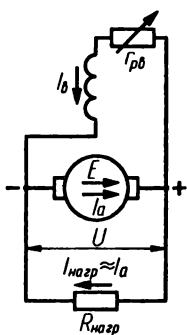


Рис. 2.27. Схема генератора с параллельным возбуждением.

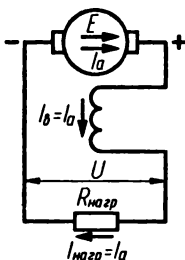


Рис. 2.28. Схема генератора с последовательным возбуждением.

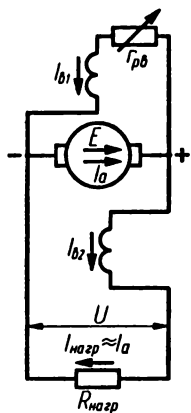


Рис. 2.29. Схема генератора со смешанным возбуждением.

Двигатели постоянного тока

Свойства двигателей, как и генераторов, различаются в зависимости от способа включения обмотки возбуждения. Применяются двигатели с последовательным возбуждением — рис. 2.30, с параллельным возбуждением — рис. 2.31, со смешанным возбуждением — рис. 2.32.

Новым поколением двигателей постоянного тока являются двигатели серии 4П. Они различаются:

1 — по регулировочным свойствам — с нормальным регулированием частоты вращения — до 1 : 5, и с широким регулированием — до 1 : 1000;

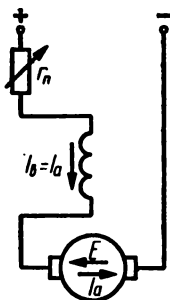


Рис. 2.30. Схема двигателя с последовательным возбуждением:

R_n — сопротивление регулирующего реостата в цепи последовательного возбуждения.

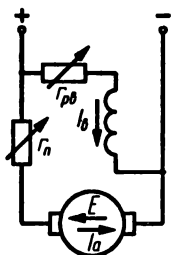


Рис. 2.31. Схема двигателя с параллельным возбуждением:

$r_{pв}$ — сопротивление регулирующего реостата в цепи возбуждения.

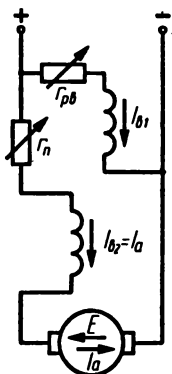


Рис. 2.32. Схема двигателя со смешанным возбуждением:

I_{b1} , I_{b2} — токи в параллельной и последовательной цепях возбуждения.

2 — по типу конструкции:

закрытые со степенью защиты IP44;

защищенные со степенью защиты IP23;

3 — по условиям эксплуатации:

нормальным, соответствующим значениям климатических факторов внешней среды УХЛ4 и в части воздействия механических факторов внешней среды — группе М1;

тяжелым условиям эксплуатации (УХЛ3 и М8), соответствующим работе во вспомогательных механизмах металлургического производства и др.

Для большинства двигателей номинальное напряжение — 110 и 220 В, диапазон частот вращения — 750...4000 об/мин. Разновидности двигателей серии 4П показаны в табл. 2.43. Применяются также двигатели серий 2П и П. Неисправности и отказы двигателей постоянного тока показаны в табл. 2.44.

Микромашины

Примером микромашин могут служить универсальные коллекторные двигатели, которые широко применяются в устройствах автоматики и в бытовых машинах. Питание двигателей может осуществляться как от источников переменного однофазного тока, так и от источников постоянного тока. По принципу устройства двигатель сходен с двигателем последовательного возбуждения. Отличие заключается в конструкции магнитной системы и в том, что катушки его обмотки возбуждения состоят из двух секций с промежуточными выводами — рис. 2.33. Секционирование обмотки делается потому, что при работе на переменном токе из-за падения напряжения в индуктивном сопротивлении обмоток частота вращения двигателя оказывается меньше, чем на постоянном токе. Для выравнивания скоростей при работе на постоянном токе включаются все витки обмотки возбуждения, а при работе на переменном токе только часть их.

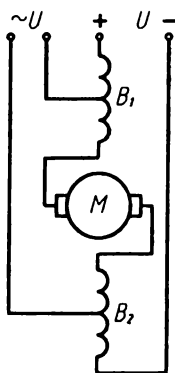


Рис. 2.33. Схема универсального коллекторного микродвигателя:

B_1 , B_2 — обмотки возбуждения.

РАЗНОВИДНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИИ 4П

Исполнение	Тип	Высота оси вращения, мм	Номинальный вращающий момент, Н·м	Диапазон P_n , кВт	Способ охлаждения	Степень защиты
Закрытые обдуваемые с нормальным регулированием	4ПО	80	2,3 3,5 4,7	0,18...1,1	IC0141	IP44
		100	5,6 7,1 9,5	0,37...3		
		112	14 19	1,5...5,5		
		132	25 35			
		160	47			
Закрытые с естественным охлаждением	4ПБ	80	1,2 1,6 2,4	0,14...0,75	IC0041	IP44
		100	3,5 4,7 5,6	0,25...1,8		
		112	7,1 9,5	0,5...2,2		
		132	14 19			
		160	25 35			
Широкорегулируемые с принудительной вентиляцией	4ПФ	112	53 71	2...4	IC05 IC06	IP23
		132	95 118 140	4,25...15		
		160	190 236 280	11,15		
		180	355 475	17, 20, 45		
		200	560 710	55...110		
		225	850 1000	50...160		
		250	1250 1500	90...250		
		280	1700 2120		IC06	

2.10.6. Неисправности и отказы электрических машин

Большинство неисправностей и отказов электрических машин разного принципа действия приведены в табл. 2.44. Многие неисправности один электрик устранить не в состоянии, поэтому подробно устранение таких неисправностей не приводится. При выходе из строя обмотки машина отправляется в капитальный ремонт (имеется в виду, что размеры и вес машины позволяют ее перевозить обычным транспортом). Также приведены некоторые сведения по устранению часто встречающихся неисправностей — вибраций и снижения сопротивления изоляции.

Т а б л и ц а 2 . 4 4

НЕИСПРАВНОСТИ И ОТКАЗЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Неисправность	Причина	Устранение
Общие неисправности и отказы		
На фланцевых машинах разрушение фланцев	1. Трещины различного происхождения 2. Вибрация машины, приводимой в движение	По возможности заварить сваркой или заменить разрушенные детали Балансировка колес машины (см. ниже)
Разрушение лап машины в местах их присоединения к корпусу машины	Вибрация машины, приводимой в движение	Балансировка колес машины
Разрушение подшипниковых щитов в местах крепления	Вибрация машины, приводимой в движение	Балансировка колес машины
Разрушение гнезд с резьбой в статоре	Перекосы при затягивании винтов крепления щитов	Заваривание сваркой или замена статора
Ослабление крепления подшипника в гнезде щита	Износ гнезда при проворачивании внешнего кольца подшипника	Замена щита машины
Машина не вращается	1. Заклинен приводимый механизм	Устранить заклинивание механизма
	2. Заклинена машина по причинам: а) ржавчина в зазоре между статором и ротором	Разобрать машину и почистить внутреннюю поверхность статора и внешнюю поверхность ротора

Неисправность	Причина	Устранение
	<p>б) ржавчина в подшипниках</p> <p>в) подшипник вышел из строя</p> <p>г) нарушение центровки валов машины и механизма</p> <p>д) замерзла вода при конденсации пара в зазорах вращающихся деталей</p>	<p>Вынуть ротор и промыть подшипники бензином или другим растворителем</p> <p>Заменить подшипник</p> <p>Ослабить крепление машины и закрепить ее в правильном положении</p> <p>Отогреть машину</p>
<p>Двигатель не развивает нормальных оборотов, нагревается</p>	<p>1. Перегрузка двигателя</p> <p>2. Вышел из строя подшипник</p>	<p>Устранить перегрузку приводимого механизма</p> <p>Заменить подшипник</p>
<p>Перегрев обмотки статора</p>	<p>Нарушение вентиляции машины</p>	<p>Наладить вентиляцию машины: проверить наличие и исправность вентилятора, наличие свободного доступа воздуха к вентилятору</p>
<p>Перегрев части обмотки, машина гудит и из нее показывается дым</p>	<p>Витковое замыкание, короткое замыкание между фазами или замыкание обмотки с корпусом</p>	<p>Машина снимается и отправляется в капитальный ремонт</p>
<p>После пуска машины ощущается напряжение на металлических конструкциях</p>	<p>1. Голые токоведущие части касаются деталей машины</p> <p>2. Снижено до нуля сопротивление изоляции обмотки машины</p>	<p>Осмотреть коробку зажимов и лобовые части обмотки, найти и устранить неисправность</p> <p>Просушить машину (см. ниже)</p>
<p>Сильная вибрация машины</p>	<p>1. Вибрация колеса турбомашин (вентилятора, дымососа и др.), насаженного на вал двигателя</p> <p>2. Плохое крепление машины к раме или к рабочему механизму</p>	<p>Произвести балансировку колеса турбомашин (см. ниже)</p> <p>Закрепить машину</p>
<p>При работе машины слышен шум высокого тона</p>	<p>1. Проворачивание ротора относительно вала</p>	<p>При наличии возможности устранить проворачивание, или заменить ротор, или отправить машину в капитальный ремонт</p>

Неисправность	Причина	Устранение
Сгорание (обугливание) изоляции обмотки статора	2. Неисправен подшипник	Заменить подшипник
	3. задевание ротора за ослабленный клин в пазу статора	Найти и устранить причину или машина отправляется в капитальный ремонт
	1. Мала мощность двигателя	Установить двигатель большей мощности
	2. Машина плохо охлаждается по следующим причинам:	
	а) на машине нет вентилятора, предусмотрено-го конструкцией	Новую машину установить с вентилятором
	б) машина захлаплена	Расчистить машину так, чтобы к ее вентилятору поступал свежий воздух
	в) машина подвергается постороннему нагреву	Принять меры для изоляции машины от источника нагрева
	3. См. выше причины перегрева машины	
	4. Выпадение части клина из паза статора, обмотка вышла из паза и ротор задевает за обмотку, повреждая ее	Машина отправляется в капитальный ремонт
	5. Осевой сдвиг ротора относительно статора	Машина отправляется в капитальный ремонт
	6. Вал двигателя упирается в вал рабочей машины или в вал редуктора	Устранить неисправность, отодвинув назад двигатель и поставив препятствие от его сдвига

Неисправности подшипников качения электрических машин

Подшипник перегревается, в нем слышен ненормальный шум	1. Подшипник и смазка загрязнены пылью	Удалить из подшипника старую смазку, промыть его в бензине или в другом растворителе и заложить новую смазку
	В подшипнике избыток смазки	Уменьшить количество смазки
	3. Подшипник изношен	Заменить подшипник

Неисправность	Причина	Устранение
	4. Сильно натянут ремень передачи 5. Нарушена центровка машины и механизма	Ослабить натяжение ремня См. выше о подготовке к включению электродвигателя
Асинхронные электродвигатели		
Двигатель не запускается — не вращается и не слышно шума	1. Не включается пускатель 2. К двигателю не подходят 3 или 2 фазы питающего напряжения 3. Вышла из строя обмотка статора	Найти и устранить причину (см. табл. 2.33) Найти причину, измеряя напряжение на питающих проводах, начиная с выхода пускателя Заменить статор или весь двигатель
Двигатель не отключается	Не отключается пускатель или другой пусковой аппарат	См. табл. 2.33
Двигатель не вращается и ненормально гудит	1. Не подходит одна фаза питающего напряжения 2. Обгорел зажим в коробке двигателя 3. При наличии и неисправности электрического тормоза в механизме двигатель заторможен	Проверить наличие напряжения в питающих проводах, начиная с выхода пускателя Разобрать, почистить и снова собрать зажим или сделать отдельно от колодки зажимов, заизолировав его Проверить состояние тормоза, и если он включен из-за механических неисправностей или не отключается при включении двигателя, устранить неисправности
Двигатель не развивает нормальные обороты	1. Витковое замыкание в обмотке двигателя 2. Сгорел предохранитель высокого напряжения перед трансформатором, питающим сеть 3. См. общие неисправности электрических машин	Заменить статор или двигатель Измерить напряжение в сети, и если оно не нормально, сообщить персоналу сетей высокого напряжения
Двигатель работает неустойчиво	Пускатель включается неустойчиво и искрит	См. табл. 2.33
Двигатель делает рывок и останавливается	Слабое нажатие контактов пускателя	Устранить неисправность в цепи катушки пускателя или в его магнитной системе

Неисправность	Причина	Устранение
Синхронные машины		
Перегрев активной стали статора при нормальной нагрузке	1. Генератор работает с повышенным напряжением 2. Генератор вращается с пониженной частотой: понижена частота вращения первичного двигателя	Понизить напряжение регулятором напряжения Повысить частоту вращения первичного двигателя
Перегрев обмотки возбуждения	1. Генератор работает при повышенном напряжении или при пониженной частоте вращения 2. Генератор работает при пониженном коэффициенте мощности, т.е. при большой реактивной мощности, поэтому увеличен ток возбуждения	Отрегулировать величину напряжения или частоту вращения первичного двигателя Принять меры к увеличению коэффициента мощности: увеличить загрузку двигателей, получающих энергию от генератора, не допускать их работы вхолостую
Отсутствие напряжения при холостом ходе генератора	Возбудитель не дает напряжения. При его отсутствии неисправно другое устройство возбуждения	Устранить неисправности возбудителя или другого устройства возбуждения
Возбудитель дает напряжение, но в цепи возбуждения нет тока	Обрыв или нарушение контакта в цепи возбуждения	Устранить неисправности, проверив целостность цепи возбуждения
При холостом ходе генератора нет напряжения в одной фазе	Обрыв в одной фазе обмотки статора при соединении звездой или в двух фазах при соединении треугольником	Проверить места соединения обмоток и устранить нарушения, или машина отправляется в капитальный ремонт
Машины постоянного тока		
Искрение щеток	1. Щетки установлены неправильно 2. Щеткодержатель установлен неправильно 3. Щетки износились 4. Щетки прижаты к коллектору сильно или слабо	Установить щетки согласно инструкции на машину Установить щеткодержатель согласно инструкции на машину Заменить щетки Отрегулировать нажатие щеток согласно инструкции на машину

Неисправность	Причина	Устранение
Щетки искрят, генератор плохо возбуждается, двигатель плохо идет в ход, обмотка якоря местами нагревается	5. Щетки данного типа не соответствуют машине 6. Установлены щетки разных типов 7. Повышенная вибрация щеточного аппарата из-за ударов щеток о пластины коллектора	Применить тип щеток согласно инструкции на машину Установить щетки одного типа Увеличить жесткость щеточного аппарата
При холостом ходе машины искрения щеток нет, с ростом нагрузки искрение сильно увеличивается	1. Некоторые соседние пластины коллектора соединены медью заусениц при обточке коллектора 2. То же со стороны обмотки от припоя, оставшегося после пайки 3. Витковое замыкание в одной или нескольких якорных катушках	Удалить заусеницы, отшлифовать коллектор стеклянной наждачной бумагой Удалить припой Заменить катушки
Неустойчивое, иногда пропадающее искрение при нагрузке	1. Неправильное расположение щеток 2. Неисправен щеточный аппарат 3. Главные и дополнительные полюсы чередуются неправильно 4. Неправильная полярность главных и дополнительных полюсов	Щетки расположить в соответствии с инструкцией на машину Устранить неисправности щеточного аппарата Сделать правильное чередование полюсов Установить правильную полярность полюсов
Щетки искрят, почернение коллекторных пластин, находящихся на определенном расстоянии друг от друга	Слаб контакт в щеточном аппарате	Проверить контакты щеточного аппарата
Щетки искрят, почернение каждой второй или третьей пластины коллектора	1. Слаб контакт в соединениях между обмоткой и коллектором 2. Отдельные пластины коллектора выступили или запали	Проверить соединения Обточить коллектор
	1. Ослабла затяжка коллектора 2. Выступает изоляция между пластинами коллектора	Затянуть и обточить коллектор Продорожить (углубить) коллектор на 1,5...2 мм

Неисправность	Причина	Устранение
Щетки искрят при отсутствии вышеуказанных неисправностей	<ol style="list-style-type: none"> 1. Если машина нагревается нормально, то причина в большом износе коллектора 2. При повышенном нагреве якоря причина в перегрузке машины 	<p>Заменить коллектор</p> <p>Устранить перегрузку машины</p>
Щетки искрят, вибрируют, на коллекторе следы обгорания	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вибрация машины 2. Коллектор неровный 	<p>Устранить вибрацию</p> <p>Проточить коллектор</p>
Легкое круговое искрение, искры между щетками	Коллектор загрязнен от смазки машины или от мягких щеток	Протереть коллектор тряпкой, смоченной в бензине, и отшлифовать стеклянной наждачной бумагой. Заменить щетки на твердые
Круговой огонь по коллектору	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установлены мягкие щетки 2. Короткое замыкание во внешней цепи 	<p>Заменить щетки</p> <p>Устранить замыкание</p>
Генератор не возбуждается	<ol style="list-style-type: none"> 1. У генератора нет остаточного магнетизма 2. Щетки установлены неправильно 3. Замыкание в катушках обмотки возбуждения 4. Короткое замыкание или обрыв в обмотке якоря 	<p>Намагнитить машину от постороннего источника тока</p> <p>Щетки установить по инструкции</p> <p>Заменить неисправные катушки</p> <p>Машина отправляется в капитальный ремонт</p>
Напряжение генератора ниже номинального	<ol style="list-style-type: none"> 1. Частота вращения генератора ниже номинальной 2. Замыкание в параллельной обмотке возбуждения 	<p>Повысить частоту вращения двигателя, приводящего во вращение генератор</p> <p>Заменить обмотку</p>
Напряжение генератора сильно падает при нагрузке	Понижается частота вращения двигателя, приводящего во вращение генератор	Найти и устранить причину уменьшения частоты вращения двигателя при нагрузке генератора
Генератор дает повышенное напряжение при холостом ходе и при нагрузке	<ol style="list-style-type: none"> 1. Частота вращения выше номинальной 2. Сопротивление регулятора возбуждения недостаточно 	<p>Отрегулировать частоту вращения двигателя</p> <p>Отрегулировать величину сопротивления регулятора возбуждения</p>

Неисправность	Причина	Устранение
Повышение напряжения генератора при его включении в сеть	Замыкание на корпус в регуляторе возбуждения	Устранить замыкание или заменить регулятор
Двигатель не вращается, в обмотке якоря нет тока	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нет тока из сети 2. Обрыв в пусковом реостате или в питающих проводах 3. Обрыв в обмотке якоря 	<p>Проверить положение включающих аппаратов, наличие напряжения в сети, пусковой реостат и провода</p> <p>Устранить неисправность или заменить якорь</p>
Двигатель не идет в ход при нагрузке. Без нагрузки при разворачивании от руки развивает большую частоту вращения	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрыв или плохой контакт в цепи возбуждения 2. Замыкание в катушке параллельного возбуждения 3. Замыкание на корпус в той же катушке 	<p>Найти неисправность и устранить</p> <p>Ремонт или замена катушки</p>
Частота вращения двигателя превышает номинальную при номинальном напряжении	<ol style="list-style-type: none"> 1. Щетки сдвинуты с нейтрали против направления вращения двигателя 2. Велико сопротивление регулятора возбуждения 3. Витковое замыкание в параллельной катушке обмотки возбуждения 	<p>Ремонт или замена катушки</p> <p>Ремонт обмотки или замена якоря</p>
Частота вращения двигателя ниже номинальной при номинальном напряжении	<ol style="list-style-type: none"> 1. Щетки сдвинуты с нейтрали по направлению вращения двигателя 2. Мало сопротивление регулятора возбуждения 	<p>Установить щетки согласно инструкции на машину</p> <p>Отрегулировать величину сопротивления</p> <p>Ремонт или замена катушки</p>

Устранение вибраций электрических машин

Электрические машины часто подвергаются вибрации со стороны механизмов, связанных с ними, например, колес турбомашин-вентиляторов, дымососов и т. д. При этом ослабля-

ется крепление двигателей и рабочих машин, выходят из строя подшипники и другие детали двигателей и рабочих машин. Часто пытаются устранить это явление усилением крепления двигателя и рабочей машины, установкой машины на пружины, но это не помогает.

Дело в том, что в данных случаях причиной бывает неуравновешенность рабочего колеса машины относительно его оси из-за того, что в какой-то его части сосредоточена масса больше, чем в противоположной, и эта часть с большой массой всегда оказывается внизу, если колесо вращать от руки, а потом дать возможность остановиться.

Устранить явление можно привариванием к колесу в более легкой части, которая оказывается наверху, уравновешивающего груза. Если есть возможность, лучше всего приварить болт, а потом на него накручивать гайки, пока эта часть будет не наверху, а в разных местах при нескольких остановках при вращении от руки. После этого гайки нужно приваривать к болту — рис. 2.34.

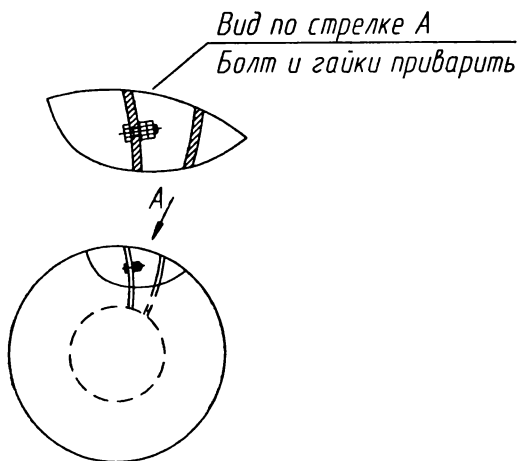


Рис. 2.34. Уравновешивание рабочего колеса дымососа.

Вибрация возможна и при вертикальном положении оси колеса.

В таком случае колесо вместе с двигателем нужно снять и установить в горизонтальном положении на опорах для балансировки тем же способом.

Сушка электрических машин

Увлажнение изоляции электрических машин может произойти из-за условий внешней среды, в которых находится машина во время транспортировки, хранения, монтажа или эксплуатации. Поэтому необходимо проверять сопротивление изоляции электрических машин перед их монтажом, после работы на открытом воздухе или в помещении с повышенной влажностью перед новым сезоном работы в этих условиях (сельское хозяйство), после перерывов в работе и периодически в сроки, устанавливаемые ответственным за электрохозяйство. Величину допустимого сопротивления изоляции ГОСТ рекомендует принимать равной одному килоому на один вольт рабочего напряжения машины, и для машин, рассчитанных на напряжение до 1000 В, нормой считается 500 кОм.

Распространенными способами сушки электрических машин являются сушка нагревом от внешнего источника тепла и нагревом током, протекающим в обмотке машины.

Сушка внешним нагревом производится с разборкой машины. Разборка машины необходима не только для улучшения сушки и сокращения ее времени, но и для полного удаления влаги и ржавчины из зазора машины при сильном ее увлажнении.

Простейшим способом сушки внешним нагревом является нагрев лампами накаливания, помещаемыми внутрь статора машины на лист железа или асбеста. Лучше брать две лампы, мощность которых зависит от мощности двигателя, например, при мощности двигателя 30 кВт можно взять две лампы мощностью по 300 Вт, для двигателя 75 кВт — две лампы по 500 Вт, для двигателя 110 кВт — две лампы 1000 Вт.

Вместо ламп накаливания внешний нагрев может осуществляться также с помощью трубчатых электронагревателей — ТЭН соответствующих размеров и мощности, устанавливаемых внутрь статора на теплостойкую подкладку.

Нагрев машины может быть также струей горячего воздуха от воздушнонагревателя, например, электрокалорифера, в сушильном шкафу или около мощного источника тепла. Приносит пользу сушка на свежем воздухе под лучами солнца летом.

Сушка нагревом обмотки машины током, протекающим в ней, производится при наличии подходящего источника тока, при этом машина не разбирается. Данный метод пригоден при несильной увлажненности изоляции, когда не видно на обмотке капель влаги. При этом при сушке трехфазного двигателя его ротор затормаживается, при фазном роторе кольца ротора соединяются вместе. К обмотке статора подводится трех-

фазный ток такого напряжения, чтобы в обмотке получить ток, равный примерно $0,5I_n$ (I_n — номинальный ток двигателя). Для поддержания такого тока напряжение сушки может быть равным $0,1U_n$ (U_n — номинальное напряжение двигателя). Для сушки могут применяться трехфазные трансформаторы с вторичным напряжением 36 В, изготавливаемые промышленностью, например, типа ТСЗ-2,5/1, с помощью которого может быть высушен двигатель мощностью от 30 кВт. Для сушки двигателей мощностью от 30 до 55 кВт нужно два таких трансформатора, соединенных параллельно.

При отсутствии трехфазного трансформатора сушка двигателя может производиться с помощью сварочного трансформатора. При этом, если двигатель имеет шесть выводных концов, то обмотки его фаз соединяются последовательно. Присоединение однофазного напряжения к трем выводным концам при соединении обмоток двигателя звездой или треугольником дает неравный ток в обмотках двигателя, при этом при соединении звездой нужно соединять вместе два выводных зажима. Поэтому при трех выводных концах обмоток двигателя нужно периодически пересоединять провода к разным зажимам двигателя (рис. 2.35).

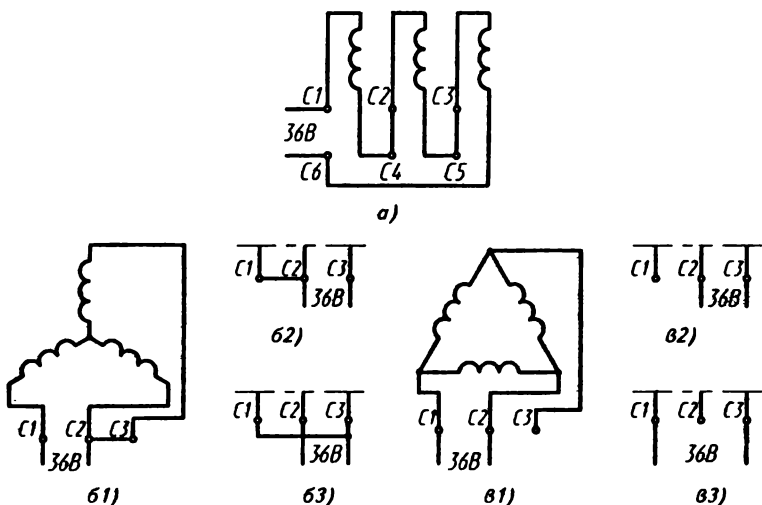


Рис. 2.35. Схема сушки асинхронного электродвигателя от трансформатора 36 В:

а) двигатель имеет шесть выводов обмоток; б) двигатель имеет три вывода и соединен звездой; в) двигатель имеет три вывода и соединен треугольником; б1)–б3), в1)–в3) — последовательность периодических пересоединений при подводе тока.

Обозначение выводов обмоток электрических машин

Для присоединения к сети новых электрических машин или доставленных из ремонта надо знать назначение выводных концов их обмоток. Выводные концы электрических машин маркируются путем выбивания знаков на наконечниках выводных концов обмоток, а если наконечники малы, то на металлических кольцах у наконечников, или надписями на пластмассовых кольцах у наконечников.

Маркировка выводов электрических машин приведена в табл. 2.45 и 2.46.

Т а б л и ц а 2 . 4 5

ОБОЗНАЧЕНИЕ ВЫВОДОВ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Виды обмоток и схема соединения	Число выводов	Название выводов	Обозначения выводов	
			начало	конец
Трехфазные машины: Обмотка статора, открытая схема	6	Фазы		
		первая	С1	С4
		вторая	С2	С5
Звезда	3 или 4	третья	С3	С6
		первая	С1	
		вторая	С2	
		третья	С3	
Треугольник	3	нулевая точка		0
		зажимы:		
		первый	С1	
		второй	С2	
		третий	С3	
Обмотки возбуждения индукторов синхронных машин			И1	И2
Обмотки роторов трехфазных асинхронных двигателей	3 или 4	Фазы:		
		первая	Р1	
		вторая	Р2	
		третья	Р3	
		нулевая точка		0

У многоскоростных машин много выводных концов в коробках зажимов в соответствии с количеством частот вращения

ния, на которые они рассчитаны при соответствующем соединении выводных концов. Нужную частоту вращения можно получить, соединив выводные концы согласно рис. 2.16.

Т а б л и ц а 2 . 4 6

ОБОЗНАЧЕНИЕ ВЫВОДОВ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Название обмотки	Число выводов	Обозначение выводов	
		начало	конец
Обмотки однофазных машин:			
статор синхронных машин	2	С1	С2
индуктор синхронных машин	2	И1	И2
Обмотка статора асинхронных двигателей:			
главная	2	С1	С2
вспомогательная	2	В1	В2
Обмотки машин постоянного тока:			
якоря	2	Я1	Я2
компенсационная		К1	К2
добавочных полюсов		Д1	Д2
последовательная возбуждения		С1	С2
параллельная возбуждения		Ш1	Ш2
пусковая		П1	П2
уравнительный провод и уравнительная обмотка		У1	У2
независимая возбуждения		Н1	Н2

2.11. Осветительные установки

2.11.1. Общие сведения

Осветительной установкой называется электроустановка, состоящая из источника света вместе с арматурой и пуско-регулирующей аппаратурой.

Источник света устанавливается в арматуре, имеющей детали его крепления и защиты от внешней среды, защиты глаз человека от прямых лучей света. Совокупность этих деталей составляет светильник. Он имеет также петли крепления его в нужном месте.

Источниками света являются лампы накаливания и люминесцентные лампы различной конструкции.

Параметрами источников света являются номинальное напряжение, номинальная мощность, световой поток.

2.11.2. Электрические лампы накаливания

Принцип действия лампы накаливания основан на свечении спирали в стеклянной колбе, заполненной инертным газом.

Лампы накаливания изготавливаются на напряжение от единиц до сотен вольт и на мощности от долей ватта до киловатт.

Параметры некоторых ламп накаливания приведены в табл. 2.47.

Таблица 2.47

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Тип	Мощность, Вт	Напряжение, В	Световой поток, лм	Продолжительность горения, ч	Тип цоколя
Лампы накаливания общего назначения					
Б215-225-40	40	215...225	415	1000	E27/27
Б215-225-60	60	215...225	715	1000	E27/27
Б215-225-75	75	215...225	1020	1000	E27/27
Б215-225-100	100	215...225	1350	1000	E27/27
НВ220-235-40	40	220...235	300	2500	P27/25
НВ220-235-60	60	220...235	500	2500	P27/25
НВ220-235-100	100	220...235	1000	2500	P27/25
Лампы накаливания местного освещения					
МО12-15	15	12	200	1000	E27/27
МО12-60	60	12	1000	1000	E27/27
МОД24-60	60	24	950	1000	E27/27
МО24-100	100	24	1740	1000	E27/27
МОД36-60	60	36	760	1000	E27/27
МО36-100	100	36	1590	1000	E27/27
Лампы люминесцентные ртутные, общего назначения					
ЛБ-40	40	103	2400	7500	Ц2Ш-13/35
ЛБ-20	20	57	1200	7500	Ц2Ш-13/35
Лампы люминесцентные ртутные высокого давления					
ДРЛ-125	125	125	4800	10 000	P27/32
ДРЛ-250	250	130	11 000	7500	P40/45
ДРЛ-400	400	135	19 000	7500	P40/45
ДРЛ-700	700	140	35 000	7500	P40/45

Так как температура спирали зависит от напряжения сети, к которой присоединяется лампа, то срок службы лампы в

основном определяется величиной напряжения сети. В сетях, где возможны колебания напряжения, лампы быстро выходят из строя. Более надежными являются лампы на повышенное напряжение до 240 В.

Т а б л и ц а 2.48

НЕКОТОРЫЕ ПУСКО-РЕГУЛИРУЮЩИЕ АППАРАТЫ
ДЛЯ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП

Тип ПРА	Мощность лампы, Вт	Пусковой ток, А	Рабочий ток, А	Минимальная температура окружающего воздуха, °С
Стартерные ПРА				
1УБИ-20К/220-ВП-09	20	0,6	0,35	—
1УБИ-20Ж/220-ВП-20	20	0,6	0,35	—
1УБИ-40/220-ВП-05	40	0,75	0,43	—
1УБЕ-40/220-ВПП-20	40	0,75	0,43	—
1УБИ-80/220-ВП-06	80	1,7	0,86	—
ПРА для ламп ДРЛ				
ДБИ-125ДРЛ/220-В	125	2,4	1,15	-25
ДБИ-250ДРЛ/220-В	250	2,5	2,15	-25
ДБИ-400ДРЛ/220-В	400	7,15	3,25	-25
ДБИ-125ДРЛ/220-Н	125	2,4	1,15	-5
ДБИ-400ДРЛ/220-Н	400	7,25	3,25	0
ДБИ-700ДРЛ/220-Н	700	12	5,45	0

На практике может быть превышено и это напряжение, например, при замыкании на корпус оборудования другой фазы, к которой лампа не присоединена. Так как лампа присоединяется к фазному и нулевому проводу, связанному с корпусом оборудования, то она оказывается включенной кратковременно на две фазы, что приводит ее к перегоранию.

Так же отрицательно действуют плохие зажимы и контакты в цепи лампы, которые приводят к колебаниям тока в лампе. Отрицательно действуют на лампы всякие перенапряжения в сети, частые включения и отключения самих ламп.

Неисправности осветительных установок с лампами накаливания приведены в табл. 2.49.

2.11.3. Люминесцентные лампы низкого давления (ЛЛНД)

Принцип действия ЛЛНД основан на дуговом разряде в парах ртути низкого давления. Получающееся при этом ультрафиолетовое излучение преобразуется в видимое в слое люминофора, покрывающего внутренние стенки лампы. Лампы представляют собой длинные стеклянные трубки, в торцы которых впаяны ножки, несущие по два электрода, между которыми находится катод в виде спирали.

Т а б л и ц а 2 . 4 9

НЕИСПРАВНОСТИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Неисправность	Причина	Устранение
Установки с лампами накаливания		
Освещение не включается	1. Выключается автомат при включении:	
	а) Неисправен автомат	Ремонт или замена автомата
	б) Замыкание в сети освещения или в светильнике	Найти и устранить причину замыкания
	2. Лампа не касается контактов в патроне:	
	а) Контакты отогнулись	Подогнуть контакты
	б) Обгорели или отломались контакты	Заменить патрон
Срабатывает защита	3. Неисправна лампа	Заменить лампу
	4. Неисправен выключатель, включающий одну или несколько ламп	Заменить выключатель
	5. Выскочили из зажимов или обгорели провода в патроне, выключателе, автомате, коробке	Устранить неисправность
	6. Обрыв цепи в автомате	Заменить автомат
	1. Лампа замкнула контакты в патроне своим цоколем	Отогнуть контакты
	2. Касание проводов в месте их присоединения к патрону или в коробке	Устранить неисправность
Загорание пластмассового корпуса светильника	Наличие влаги и агрессивной среды, постепенное развитие замыкания по корпусу светильника, на которое не реагирует защита	Замена светильника

Неисправность	Причина	Устранение
Загорание провода	1. Изоляция провода не соответствует условиям среды 2. Замыкание в светильнике или проводе при отсутствии защиты 3. Провод не соответствует нагрузке	Замена провода на соответствующий условиям среды Применение защиты (предохранители, автоматы) Применить провод большего сечения
Установки с люминесцентными лампами		
Лампа не зажигается или работает с перерывами	1. Слабы или окислились контакты в цепях до светильника, у дросселя, колодок лампы, у стартера, контакты ножек лампы и электродов стартера в гнездах 2. Обрыв в дросселе или в конденсаторе балластного сопротивления 3. Неисправен стартер 4. Неисправна лампа. Целость ее спиралей можно проверить, взглянув на ее торец через стекло баллона. Черный налет по концам говорит о расходовании активного слоя катодов 5. Влияние пониженной температуры воздуха	Проверить зажимы и контакты в проводке до светильника и в светильнике Проверить заменой на новые Заменить Замена лампы
Изменение цвета свечения лампы	Изменение состава люминофора при большом сроке службы лампы	Замена лампы
Гудение светильника	Колебание пластин магнитопровода дросселя	Заменить дроссель
Срабатывание защиты при включении светильника	1. Пробой компенсирующего конденсатора на входе светильника параллельно питающей сети 2. Замыкание в цепях установки	Заменить конденсатор Проверить цепи за автоматом
Нагревгораемых поверхностей, на которых укрепляется светильник	Нагрев дросселя светильника	Асбестовые подкладки под светильник или оставлять воздушный промежуток под светильником

В трубку лампы введены пары ртути и инертный газ, главным образом аргон. Назначением инертных газов является обеспечение надежного загорания лампы и уменьшение распыления катодов. На внутреннюю поверхность трубки нанесен слой люминофора.

Применяются ЛЛНД с различной цветностью, которую можно получить с помощью люминофора — галофосфата кальция в зависимости от цветовой температуры лампы. Цветовой температурой называется температура абсолютно черного тела, при которой цвет его излучения совпадает с цветом излучения самого тела.

ЛД — лампы дневного цвета, имеющие цветовую температуру 6500 К, соответствующую цветовой температуре голубого неба без солнца (К — Кельвин. $T = t + 273$, где T — температура в К, t — температура в °С).

ЛХБ — лампы холодно-белого цвета с цветовой температурой 4800 К, соответствующей цветовой температуре дневного неба, покрытого тонким слоем белых облаков.

ЛБ — лампы белого цвета с цветовой температурой 4200 К, соответствующей цветовой температуре яркого солнечного дня.

ЛТБ — лампы тепло-белого цвета с цветовой температурой 2800 К, соответствующей цветности излучения ламп накаливания.

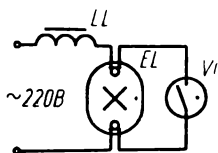
В обозначениях ламп с улучшенной цветностью в конце добавляется буква Ц, например, лампы ЛДЦ.

Пускорегулирующие аппараты со стартерным зажиганием для ламп ЛЛНД

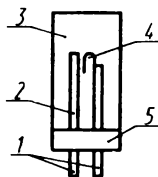
Стартерный пускорегулирующий аппарат (ПРА) состоит из дросселя и стартера, иногда могут применяться компенсирующие конденсаторы. Дроссель служит для стабилизации режима работы лампы.

При зажигании лампы стартер не размыкает свои контакты в течение времени, необходимого для разогрева электродов лампы до температуры термоэлектронной эмиссии, быстро размыкает контакты после разогрева электродов, поддерживает контакты разомкнутыми во время горения лампы.

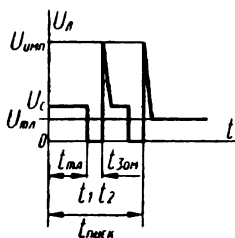
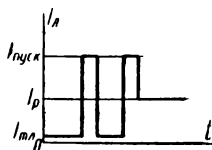
На рис. 2.36, б представлена схема устройства стартера тлеющего разряда. Он представляет собой баллон из стекла, наполненный инертным газом, в котором находятся металлический и биметаллический электроды, выводы которых соединены с выступами в цоколе для контакта со схемой лампы. При включении лампы согласно схемы рис. 2.36, а на электро-



а)



б)



в)

Рис. 2.36. Стартерное зажигание люминесцентной лампы:

а) схема включения: EL — лампа, VL — стартер, LL — дроссель; б) схема стартера 1 — контакты, 2 — металлический электрод, 3 — баллон, 4 — биметаллический электрод, 5 — цоколь; в) диаграмма изменения напряжения на лампе и тока в лампе при зажигании: U_c — напряжение сети, $U_{имп}$ — импульс напряжения, зажигающий лампу, $U_{тл}$ — напряжение тлеющего разряда, $I_{тл}$ — ток тлеющего разряда, $I_{пуск}$ — пусковой ток, $I_{раб}$ — рабочий ток; $t_{тл}$ — период тлеющего разряда, t_1 — момент замыкания контактов стартера, $t_{зам}$ — период замыкания контактов стартера, t_2 — момент появления импульса напряжения на электродах лампы, $t_{пуск}$ — общая длительность пускового режима лампы.

ды лампы и стартера подается напряжение сети U_c , которое достаточно для образования тлеющего разряда между электродами стартера. Поэтому в цепи протекает ток тлеющего разряда стартера $I_{тл} = 0,01...0,04$ А. Тепло, выделяемое при протекании тока через стартер, нагревает биметаллический электрод, который выгибается в сторону другого электрода. Через промежуток времени тлеющего разряда $t_{тл} = 0,2...0,4$ с контакты стартера замыкаются — момент t_1 на рис. 2.36, в, и по цепи начинает течь пусковой ток $I_{пуск}$, величина которого определяется напряжением сети и сопротивлениями дросселя и электродов лампы. Этого тока не достаточно для нагревания электродов стартера, и биметаллический электрод стартера разгибается, разрывая цепь пускового тока. Предварительно пусковой ток разогревает электроды лампы. Благодаря наличию в цепи индуктивности, при размыкании контактов стартера в цепи возникает импульс напряжения в момент времени t_2 , зажигающий лампу. Время разогрева электродов лампы составляет $0,2...0,8$ с что в большинстве случаев недостаточно, и лампа может не загореться с первого раза, и весь процесс

может повториться. Общая длительность пускового режима лампы $t_{\text{пуск}}$ составляет 5...15 с. Длительность пускового импульса при размыкании контактов стартера составляет 1...2 мкс, что недостаточно для надежного зажигания лампы, поэтому параллельно контактам стартера включают конденсатор емкостью 5...10 пФ.

Параметры некоторых ЛЛНД приведены в табл. 2.47, а ПРА — в табл. 2.48. Отказы установок с ЛЛНД перечислены в табл. 2.49. Обозначения типов ПРА расшифровываются следующим образом (табл. 2.50):

Т а б л и ц а 2.50

РАСШИФРОВКА ОБОЗНАЧЕНИЙ ТИПОВ ПРА

Обозначение	Назначение
1-я цифра	Число ламп, включаемых через аппарат
УБ	Стартерное зажигание
АБ	Безстартерное зажигание
И	Индуктивный
Е	Емкостной
К	Компенсированный по $\cos \varphi$
Цифры дробью	Мощность ламп/напряжение сети
А	Антистробоскопический
В	Встроенный в светильник
Н	Независимой установки
П	С пониженным уровнем шума и радиопомех

2.11.4. Дуговые ртутные лампы высокого давления (ДРЛ)

При повышении давления в лампе и плотности тока разряд в ней становится более интенсивным по излучению. Наряду с излучением в видимой области спектра получается излучение в ультрафиолетовой области. При использовании такого разряда в источниках света требуется исправление его цветности путем преобразования ультрафиолетового излучения в красное.

Для получения такого излучения используются трубчатые кварцевые лампы, называемые в данном случае горелками. Горелка представляет собой кварцевую трубку с впаянными по концам катодами на больший ток, чем при разряде низкого

давления. С целью облегчения зажигания впаиваются дополнительные электроды зажигания в один или оба конца трубки, соединенные с противоположным катодом через добавочное сопротивление R — рис. 2.37. Из-за малого расстояния между основным и дополнительным электродами между ними происходит разряд при включении лампы, приводящий к ионизации газа в трубке. Когда сопротивление столба разряда в трубке станет меньше добавочного сопротивления в цепи дополнительного электрода, начинается разряд между основными электродами. Такие горелки применяются в лампах ДРЛ. Так как работа горелки зависит от действия внешней среды, то она размещается внутри колбы лампы, покрытой изнутри люминофором, который поглощает ультрафиолетовое излучение и превращает его в видимое красное. Внешняя колба лампы наполняется инертным газом. Время, в течение которого происходит установление нормального режима работы лампы, называемое временем разгорания, составляет 7...10 мин. Повторное зажигание лампы возможно только после ее остывания.

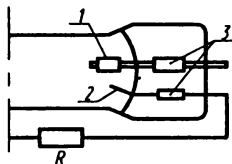


Рис. 2.37. Схема конструкции горелки лампы ДРЛ:
 1 — основной электрод, 2 — электрод зажигания, 3 — вводы,
 R — добавочное сопротивление.

Рассмотренные лампы требуют для своей работы ПРА.

Лампа с горелкой и нитью накала в колбе не требует специальных устройств для включения и может прямо включаться в сеть. Такие лампы называются ртутно-вольфрамовыми.

Параметры ламп ДРЛ приведены в табл. 2.47, а ПРА для них — в табл. 2.48. Неисправности установок с люминесцентными лампами перечислены в табл. 2.49.

2.12. Датчики систем автоматического регулирования

Состояние машин и установок можно контролировать не только человеком, но и специальными устройствами, называемыми

мыми чувствительными элементами или датчиками. Сигнал от датчика подается на устройство сравнения вместе с заданным сигналом, сигнал разности подается на усилитель, и этот усиленный сигнал действует на исполнительный орган, изменяющий состояние регулируемого объекта.

В электроустановках датчик воздействует на электрическую цепь, включая или выключая ее, изменяя электрическое сопротивление или вырабатывая электричество.

Всегда важно выбрать место установки датчика. Например, в системе водяного отопления от электродкотла датчик температуры ставится на выходе ее из котла, чтобы подавать сигнал на включение и отключение нагревательных элементов котла для поддержания температуры воды на выходе котла соответствующей заданной. При установке датчика в других местах котел может не отключиться даже при аварийных режимах работы, например, при отсутствии циркуляции воды и перегреве котла.

Датчики температуры

Термопреобразователи сопротивления (термометры сопротивления) применяются для передачи сигнала о температуре объекта на расстоянии от объекта до показывающего прибора, т. е. для дистанционного измерения температуры. Их принцип работы основан на свойстве металлов изменять удельное сопротивление при изменении температуры. Схема термопреобразователя сопротивления показана на рис. 2.38.

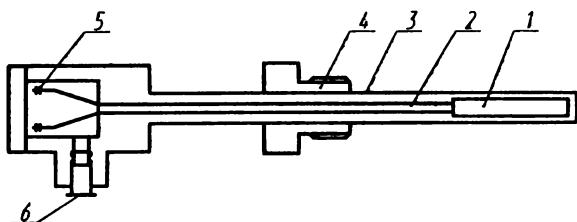


Рис. 2.38. Схема термопреобразователя сопротивления:

1 — чувствительный элемент, 2 — провода, 3 — корпус, 4 — штуцер крепления корпуса, 5 — клеммы, 6 — штуцер для вывода проводов.

Чувствительный элемент термопреобразователя состоит из проволоки, намотанной на каркас. В зависимости от материала проволоки различаются термопреобразователи сопротив-

ления медные (ТСМ) и платиновые (ТСП). Размер каркаса чувствительного элемента от 60 до 100 мм. Каркас вставляется в конец корпуса защитной арматуры, а на другом конце корпуса имеется головка с зажимами для проводов, идущих от чувствительного элемента. На корпусе имеется штуцер для его крепления на технологическом оборудовании.

Термопреобразователи различаются монтажной длиной — расстоянием от штуцера до конца, в котором находится чувствительный элемент, которая может меняться от 80 до 3150 мм.

Пределы измеряемой температуры термопреобразователя от -200 до 600 °С.

Термоэлектрические преобразователи (термопары) служат также для дистанционного измерения температуры. Их принцип действия основан на использовании ЭДС, получаемой от двух спаянных концов разного металла, если их спай и свободные концы находятся при разных температурах.

Термоэлектрические преобразователи обозначаются в зависимости от применяемых сплавов: хромель—копель — ТХК, хромель—алюмель — ТХА, платинородий—платина — ТПП, платинородий (30% родия) — платинородий (6% родия) — ТПР.

Термоэлектрический преобразователь устроен аналогично термопреобразователю сопротивления. Длина его монтажной части до 10 м, пределы измеряемой температуры — от -50 до 1800 °С.

Особенность применения термоэлектрических преобразователей заключается в необходимости компенсации температуры холодных концов спая. Если температура холодных концов, равная температуре окружающего воздуха, будет изменяться, а температура измеряемой среды будет неизменной, то значения термо-ЭДС будут также изменяться. Неизменность показаний прибора достигают электрической компенсацией влияний температуры в месте установки прибора, воспринимающего термо-ЭДС. Для этого термоэлектрический преобразователь присоединяют к вторичному прибору специальными компенсационными проводами (табл. 2.51).

Манометрические термометры применяются для дистанционного измерения температуры. Их принцип действия основан на зависимости между температурой и давлением жидкости или газа при постоянном объеме. Схема манометрического термометра показана на рис. 2.39.

Прибор состоит из термобаллона, соединенного капилляром с вторичным прибором — манометром. В манометре капилляр соединяется с трубчатой пружиной, которая скручивается или раскручивается в зависимости от давления жидкости

или газа в системе манометра, зависящего от температуры измеряемой среды, куда помещен термобаллон. Пружина действует на механизм манометра, воздействующий на показывающие и регулирующие устройства (стрелки, самописцы, контакты).

Т а б л и ц а 2.51

ДАННЫЕ ТЕРМОЭЛЕКТРОДНЫХ ПРОВОДОВ

Обозначение провода	Расцветка изоляции жил	Материал проводов		Тип термоэлектрического преобразователя
		положительного	отрицательного	
М	Красная Коричневая	Медь	Константан	Хромель—алюмель ТХА
П	Красная Зеленая	Медь	Сплав ТП	Платинородий— платина ТПП
ХК	Фиолетовая Желтая	Хромель	Копель	Хромель—копель ТХК

Манометрические термометры могут быть газовые, жидкостные и конденсационные, самопишущие, сигнализирующие и показывающие. К последним относятся газовые типа ТГП-100, конденсационные типа ТКП-100. Пределы измерения различных типов приборов от -50 до 600 °С, длина капилляра от 1,6 до 40 м.

Терморезисторы широко применяются в устройствах автоматики. Они встраиваются в обмотки электродвигателей, если применяется устройство температурной защиты, являются датчиками в регуляторах температуры.

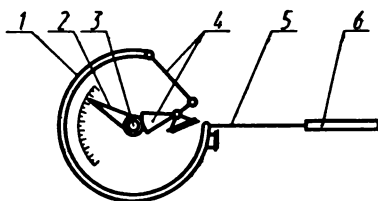


Рис. 2.39. Схема манометрического термометра:

- 1 — пружина манометрическая, 2 — стрелка показывающая, 3 — ось,
4 — механизм передаточный, 5 — капилляр, 6 — термобаллон.

Биметаллические элементы являются датчиками температуры. Их принцип действия основан на свойстве пластинки,

сваренной из двух разных металлов, изгибаться из-за разного удлинения этих металлов при нагревании. Биметаллические элементы применяются в приборах для регулирования температуры различных сред, в защитных тепловых реле, применяемых в бытовых приборах и в промышленных установках.

Датчики давления

Для измерения давления в различных средах широко применяются манометры. Чувствительными элементами манометров являются плоские или гофрированные мембраны, мембранные коробки, сильфоны и различного рода манометрические пружины.

В системах автоматики применяются электроконтактные манометры типов ЭКМ-1У, ЭКМ-2У, ВЭ-16Р6 с пределами измерения от 0,1 до 160 МПа. Схема электроконтактного манометра показана на рис. 2.40.

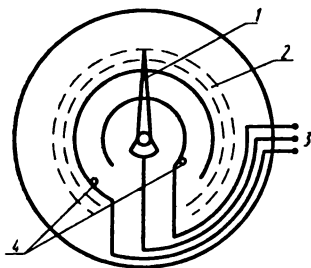


Рис 2.40. Электрическая схема электроконтактного манометра.

1 — стрелка, 2 — шкала, 3 — зажимы выводов, связанные с неподвижными контактами и стрелкой, 4 — контакты подвижные

Датчики уровня

Датчики уровня служат для контроля уровня жидкостей в резервуарах и для подачи сигналов о регулировании этого уровня.

Электродный датчик имеет короткий и длинный электроды, укрепленные в коробке зажимов. Короткий электрод является контактом верхнего уровня, а длинный — нижнего уровня. Датчик соединяется проводами со станцией управления

двигателем насоса. Касание коротким электродом воды приводит к отключению пускателя насоса, понижение уровня воды ниже длинного электрода приводит к включению насоса.

Электродные датчики применяются и в других установках, кроме насосных, например, в системе подкачки воды в парогенераторах.

Поплавковое реле применяется в отопляемых резервуарах. Одна из конструкций этого реле состоит из коромысла, на конце которого подвешены на тросе один над одним два поплавка. Верхний поплавок представляет собой емкость дном вверх, а нижний — емкость дном вниз. Ось коромысла заходит в корпус, где кулачками переключает тумблер, включающий или отключающий двигатель насоса.

При снижении уровня воды конец коромысла опускается под действием веса поплавков и воды в нижнем поплавке, кулачок коромысла включает насос, воздействуя на тумблер.

При повышении уровня воды поплавки поднимаются, коромысло под действием противовеса поднимает конец с тросом и переключает тумблер на остановку насоса.

Электроконтактные манометры также применяются как датчики уровня, так как каждый уровень воды соответствует определенному ее давлению. При этом шкала манометра должна иметь достаточно большие деления, чтобы установить пределы давления на включение и отключение насоса с помощью подвижных контактов на приборе.

Для определения уровня сыпучих материалов в бункерах служат мембранные датчики уровня, которые крепятся в отверстиях стенки бункера. В них мембрана воздействует на контакты, замыкая или размыкая цепь управления загрузочными или разгрузочными устройствами.

Датчики освещенности и пламени

Для включения и отключения уличного освещения применяются фотореле, датчиком освещенности с которыми применяются фотосопротивления ФСК—Г1. Они представляют собой герметические корпуса с окном со стеклом для освещения фотосопротивления, которое находится внутри. Наружу выведены два контакта для припайки проводов.

Для контроля пламени в топках на жидком топливе применяются фотореле — приборы контроля пламени, датчиками которых являются фотоголовки ФСК—6, внутри которых за стеклом находятся два фоторезистора.

Принцип работы датчиков такой же, как кнопочных постов, только переключаются они не вручную, а различными выступающими деталями механизмов, действующими на штоки и педали, несущие подвижные контакты. Широкое распространение имеют конечные выключатели, сигнализирующие о положении различных механизмов, служащие для их остановки или изменения направления движения. Конечные выключатели, имеющие малые габариты, называются микропереключателями.

Бесконтактные датчики перемещения

Пример конструкции датчика показан на рис. 2.41, а, его принципиальная схема — на рис. 2.41, б. Датчик состоит из генератора и усилителя на транзисторах. На генератор воздействует внешняя стальная пластина, связанная с движущейся частью объекта регулирования, например, с цепью транспортера. При введении в зазор корпуса датчика металлической пластины между базовой и коллекторной обмотками трансформатора происходит уменьшение коэффициента обратной связи генератора, вызывающее срыв генерации. В усилителе нормально закрытый выходной транзистор открывается, что дает сигнал на срабатывание реле и блока управления. Детали датчика залиты в компаундную смолу, поэтому он является водозащищенным и выдерживает экстремальные температуры производственных условий.

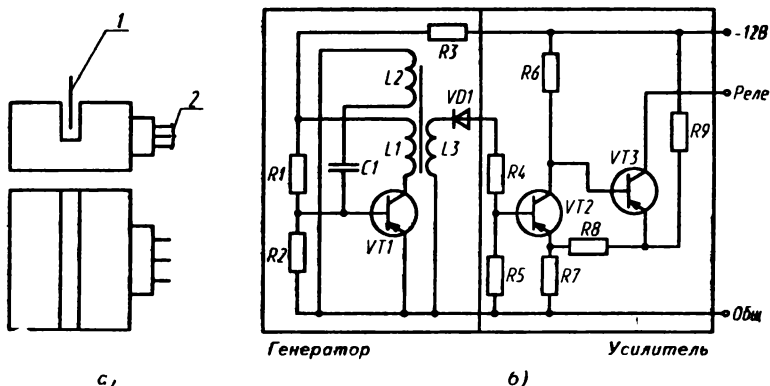


Рис. 2.41. Бесконтактный датчик перемещения типа КВД-6:

а) общий вид: 1 — пластина металлическая на контролируемом механизме, 2 — провода для присоединения к пульту управления; б) принципиальная схема.

При выборе датчиков нужно учитывать соответствие условий внешней среды и напряжения, при которых они будут работать, исполнению датчиков. Датчик также должен иметь запас по измеряемому параметру. Например, если термоэлектрический преобразователь поместить в среду с большей температурой, чем та, которая указана на его корпусе или в его документации, то он выйдет из строя. Следует иметь в виду, что при выходе из строя системы регулирования температуры может быть перегрев объекта регулирования и выход из строя термоэлектрического преобразователя.

Для подключения термоэлектрических преобразователей к измерительным приборам применяют специальные термоэлектродные провода с двумя жилами из специально подобранных металлов и сплавов, которые в интервале температур от 0 до 100 °С развивают такую же термо-ЭДС, как и соответствующий преобразователь. Плюсовая жила провода должна присоединяться к плюсовому термоэлектроду, а минусовая — к минусовому. Данные по термоэлектродным проводам приведены в табл. 2.51.

Неисправности термоэлектрического преобразователя при работе вместе с конечным прибором приведены в табл. 2.52.

В манометрах органом, воспринимающим давление, являются мембраны, коробки, сильфоны и трубки, и надежность манометра зависит от герметичности этих устройств.

В системе регулирования уровня воды с помощью электроконтактных манометров может быть неустойчивая работа и подгорание контактов манометра, промежуточных реле и пускателя. Причина в том, что стрелка манометра, с которой связан подвижный контакт, не сразу устанавливается в положение равновесия при переключении насоса из-за колебаний давления в системе, которое воспринимает стрелка. Колебание стрелки, несущей подвижный контакт, приводят к включению и выключению насоса, что приводит снова к колебаниям, которые могут быть незатухающими, что может вывести из строя двигатель насоса.

Для обеспечения устойчивости могут быть механические и электрические корректирующие устройства.

Механическое корректирующее устройство может быть в виде успокоителя — демпфера в трубке, подводящей воду к манометру, но оно не всегда эффективно.

Если электрическое корректирующее устройство не предусмотрено схемой, то оно может быть сделано в виде цепочки последовательно соединенных конденсатора и резистора, при-

соединенных параллельно контактам манометра. Эти детали можно расположить в любом удобном месте, например, в пульте управления, присоединив к соответствующим точкам схемы. Величины емкости и сопротивления можно подобрать опытным путем.

Т а б л и ц а 2.52

НЕИСПРАВНОСТИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ

Неисправность	Причина	Устранение
Стрелка прибора не отклоняется от начальной отметки	Обрыв или короткое замыкание: а) в блоке термопреобразователя; б) в соединительных проводах; в) внутри прибора	Проверить исправность цепей с помощью омметра, найденные нарушения устранить
Стрелка прибора отклоняется в другую сторону	Перепутана полярность присоединения преобразователя	Изменить полярность присоединения проводов к преобразователю (провода поменять местами)
Неустойчивые показания прибора	Плохой контакт в соединительных проводах	Проверить соединения, переделать зажимы
Неправильные показания прибора	Не подобрано внешнее сопротивление линии между преобразователем и прибором	Подобрать сопротивление с помощью специальной компенсационной катушки, которая входит в комплект прибора, согласно инструкции

Примечание: ремонт всех приборов производится специализированными организациями.

Чтобы полностью исключить влияние неустойчивого включения контактов манометра на работу системы, можно применить задержку их влияния на систему с помощью реле времени. Для этого размыкающий контакт реле времени включается параллельно контактам манометра. Реле времени включается сразу после касания контактов манометра, потом происходит задержка времени включения размыкающего контакта, пока стрелка манометра не успокоится, после чего контакт реле времени размыкается.— рис. 2.42.

Датчики уровня поплавковые, электродные и мембранные при низкой температуре являются неработоспособными. Первые два вмерзают в воду и требуют обогрева, которое не

всегда возможно осуществить. Мембрана датчика уровня для сыпучих материалов при низкой температуре также не работает и выходит из строя, поэтому и хранить их нужно при положительной температуре.

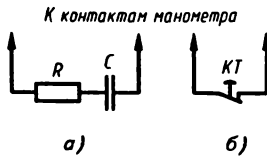


Рис. 2.42. Коррекция системы автоматического управления насосом с электроконтактным манометром:

а) цепь RC, присоединенная параллельно контактам манометра; б) размыкаемые контакты реле времени, присоединенные параллельно контактам манометра.

Если в воде, где применяется электродный датчик, много минеральных частиц, то они осаждаются на электродах и детали крепления электродов, что приводит к нарушению работы системы автоматики, и нужна чистка датчика. При повышенной температуре на электродах осаждается также накипь, что требует более частой чистки.

В корпусах фотосопротивлений и фотоголовок активный элемент защищен стеклом, через которое он освещается. Стекло может загрязняться, а у датчиков пламени топок покрываться сажей, поэтому стекло датчиков нужно периодически чистить.

На датчик может влиять посторонний свет, нарушая работу установки. Например, освещение датчика наружного освещения ночью вызывает отключение наружного освещения. Освещение может быть фарами машин, от близко расположенного светильника, от снежной поверхности. Для защиты от случайного освещения можно применить козырек из жести, влияние снежного покрова можно устранить регулировкой переменного резистора в цепи фотореле.

На работу контактных механических датчиков влияют условия среды. Сырость, агрессивная среда приводят к окислению контактов и всех металлических деталей, так что датчик трудно разобрать для ремонта, и приходится его заменять. При понижении температуры при наличии сырости все подвижные детали смерзаются и заклиниваются, и датчик перестает работать. Запыленность также ведет к отказу датчиков.

Всех этих недостатков лишены бесконтактные датчики перемещения. Они также безопасны, так как электронное устройство имеет малое напряжение питания — 12 В.

2.13. Провода и кабели

Влияния внешней среды

Надежная работа проводов и кабелей зависит от их правильного выбора по условиям внешней среды и току нагрузки. Провода и кабели в электроустановках предназначены для определенных способов прокладки, которые следует учитывать. Как правило, изолированные провода не прокладываются незащищенными и должны прокладываться в трубах, лотках и коробах, под штукатуркой. Кабели в местах, где возможно их механическое повреждение, прокладываются в трубах. Это относится и к бронированным кабелям, потому что броня и герметичные оболочки могут повредиться при различных ударах, например, при задевании перемещаемым грузом. Следует также учитывать, что провода и кабели могут повредиться и в трубах от действия воды и агрессивных жидкостей, действующих на изоляцию. Вода, попавшая в трубы с проводами и кабелями с резиновой изоляцией, ухудшает состояние изоляции, что может привести к замыканию между проводами, жилами кабелей или их замыканию на металл трубы. Обычно выходят из строя провода с резиновой изоляцией в хлопчатобумажной оплетке.

При замерзании воды в трубах лед может разорвать провода и кабели. Для предотвращения попадания воды в трубы с проводами или кабелями все отверстия в трубах нужно заделывать водонепроницаемой мастикой.

Кроме воды, на резиновую изоляцию влияют нефтепродукты, например, печное топливо, смазочные масла, что приводит к разбуханию резиновой изоляции и утрате ею всех необходимых свойств. Поэтому при возможности действия этих продуктов лучше применять кабели или провода с пластмассовой изоляцией.

Отрицательная температура приводит к отвердеванию изоляции, особенно пластмассовой, что приводит к ее растрескиванию и отколу при изгибе проводов. Это нужно учитывать при монтаже проводов и кабелей и при выборе кабелей для передвижных механизмов.

Перегрузка током проводов и кабелей приводит прежде всего к обгоранию изоляции у мест присоединения проводов к аппаратам или к электроприемникам. Возможно не только обгорание изоляции проводов, но и деталей корпусов, к которым крепятся токоведущие части, что приводит к выходу из строя аппаратов и панелей коробок зажимов электроприемни-

ков. Устранить это явление можно только заменой проводов или кабелей.

При перегрузке током могут загореться и сами провода и кабели.

Выбор проводов и кабелей

При выборе проводов и кабелей надо учитывать условия внешней среды в месте их прокладки, напряжение, при котором они будут работать, и ток нагрузки.

При выборе проводов и кабелей по длительно допустимому току его величину можно приблизительно определить по величине тока на 1 кВт мощности электродвигателя.

Как известно, номинальная мощность двигателя, кВт,

$$P_H = \sqrt{3} U_H I_H \cos \varphi_H \eta_H 10^{-3},$$

откуда номинальный ток двигателя, А,

$$I_H = \frac{P_H 10^3}{\sqrt{3} U_H \cos \varphi_H \eta_H} = \frac{P_H 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85 \cdot 0,9} \approx 2 P_H,$$

где значения величин приняты следующими:

$U_H = 380$ В — номинальное напряжение сети;

$\cos \varphi_H = 0,85$ — среднее значение номинального коэффициента мощности двигателя;

$\eta_H = 0,9$ — среднее значение номинального коэффициента полезного действия двигателя.

При трехфазной симметричной нагрузке от нагревателей и ламп накаливания, с учетом того, что $\cos \varphi_H = \eta_H = 1$, ток нагрузки, А,

$$I_H \approx 1,5 P_H.$$

При однофазной нагрузке от нагревателей и ламп накаливания ток нагрузки, А,

$$I_H = \frac{P_H 10^3}{220} \approx 4,5 P_H.$$

Эти приблизительные значения тока нагрузки можно принять, так как нельзя подобрать кабель или провод, имеющий точно такой длительно допускаемый ток, какой получается при точном расчете, и сечение проводов и кабелей выбирается с запасом.

Провода и кабели выбираются по известному току нагрузки по таблицам длительно допустимого тока нагрузки. При этом учитывается также допустимый способ прокладки проводов и кабелей.

Длительно допустимые токи нагрузки для некоторых распространенных в применении проводов и кабелей приведены в табл. 2.53 и 2.54, способы прокладки проводов и кабелей — в табл. 2.55.

Т а б л и ц а 2 . 5 3

ДОПУСТИМЫЕ ДЛИТЕЛЬНЫЕ ТОКИ*

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для проводов, проложенных											
	открыто		в одной трубе									
			двух одножильных		трех одножильных		четырёх одножильных		одного двухжильного		одного трехжильного	
	А	М	А	М	А	М	А	М	А	М	А	М
2,5	24	30	20	27	19	25	19	25	19	25	16	21
4	32	41	28	38	28	35	23	30	25	32	21	27
6	39	50	36	46	32	42	30	40	31	40	38	34
10	60	80	50	70	47	60	39	50	42	55	38	50
16	75	100	60	85	60	80	55	75	60	80	55	70
25	105	140	85	115	80	100	70	90	75	100	65	85
35	130	170	100	135	95	125	85	115	95	125	75	100
50	165	215	140	185	130	170	120	150	125	160	105	135
70	210	270	175	225	165	210	140	185	150	195	135	175

* Для проводов и шнуров с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми (А) и медными (М) жилами.

Принятое сечение жил проводов и кабелей должно быть не менее значений, приведенных в табл. 2.56.

Отказы проводов и кабелей

Надежность проводов и кабелей обусловлена их надежностью после изготовления, монтажа и условиями окружающей среды при эксплуатации. Во время монтажа кабели могут быть повреждены при неосторожном обращении. При изготов-

лении кабели и провода наматываются на барабаны или укладываются в бухты. При отматывании кабели с жесткой изоляцией собираются в кольца, и если их растянуть, не расправляя, то будет перегиб кабеля или излом. Кабель в этом месте будет ненадежным, поэтому его применять нельзя. Могут быть и другие повреждения изоляции и токоведущих жил при монтаже, некоторые уменьшают надежность при эксплуатации.

Т а б л и ц а 2.54

ДОПУСТИМЫЕ ДЛИТЕЛЬНЫЕ ТОКИ*

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для проводов и кабелей									
	одножильных		двухжильных				трехжильных			
	при прокладке									
	в воздухе		в воздухе		в земле		в воздухе		в земле	
	А	М	А	М	А	М	А	М	А	М
1,5		23		19		33		19		27
2,5	23	30	21	27	34	44	19	25	29	38
4	31	41	29	38	42	55	27	35	38	49
6	38	50	38	50	55	70	32	42	46	60
10	60	80	55	70	80	105	42	55	70	90
16	75	100	70	90	105	135	60	75	90	115
25	105	140	90	115	135	175	75	95	115	150
35	130	170	105	140	160	210	90	120	140	180
50	165	215	135	175	205	265	110	145	175	225
70	210	270	165	215	245	320	140	180	210	275

* Для кабелей с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных и небронированных (А), и для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках и кабелей с медными жилами с резиновой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной, найритовой или резиновой оболочке бронированных и небронированных (М).

Через поврежденную изоляцию к токоведущим жилам может проникать влага, содержащая агрессивные примеси, или воздух с агрессивными газами, приводящие к коррозии металла провода. В таких условиях особенно сильно происходит коррозия алюминия, что может привести к полному обрыву жилы. В таких случаях лучше всего заменить провод или кабель, а если он большой длины, то приходится вставлять новый участок провода или кабеля. Если провод или кабель

СПОСОБЫ ПРОКЛАДКИ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ

Способ прокладки	Характеристики проводов и кабелей	Условия окружающей среды	Примечание
Открытые электропроводки			
На изоляторах	Провода незащищенные однопровольные	В помещениях всех видов и в наружных установках	
Непосредственно на поверхности стен, потолков и на струнах, других несущих конструкциях	Кабели в неметаллической и металлической оболочках	В наружных установках	Кабели с горючей оболочкой по сгораемым поверхностям прокладываются на изоляторах или негорючих подкладках
	Провода незащищенные и защищенные, те же кабели	В помещениях всех видов	То же для проводов и кабелей
На лотках и в коробах с открываемыми крышками	Провода незащищенные и защищенные, те же кабели	В помещениях всех видов и наружных установках	Сгораемые короба и трубы запрещены
На тросах	Специальные провода с несущим тросом, другие провода и кабели	В помещениях всех видов. В наружных установках — только специальные провода с несущим тросом для наружных установок и кабели	
Открытые и скрытые электропроводки			
В металлических гибких рукавах. В стальных трубах и глухих стальных коробах. В неметаллических трубах и коробах из трудносгораемых материалов. В трубах изоляционных с металлической оболочкой	Провода незащищенные и защищенные. Кабели в неметаллической оболочке	В помещениях всех видов и наружных установках	В сырых, особо сырых помещениях и наружных установках запрещается применение изоляционных труб с металлической оболочкой и стальных труб и коробов с толщиной стенок 2 мм и менее

Способ прокладки	Характеристики проводов и кабелей	Условия окружающей среды	Примечание
Скрытые электропроводки			
В неметаллических трубах из сгораемых материалов (несамозатухающий полиэтилен и т. п.). В замкнутых каналах строительных конструкций. Под штукатуркой	Провода незащищенные и защищенные. Кабели в неметаллической оболочке	В помещениях всех видов и наружных установках	То же. Запрещается применение сгораемых труб на сгораемых поверхностях
Проводка, замоноличенная в строительных конструкциях при изготовлении	Провода незащищенные	В сухих, влажных и сырых помещениях	

недоступен для замены, то он отсоединяется, а новый прокладывается в доступном месте.

Для соединения кабелей с приемниками электроэнергии, аппаратами и с другими кабелями производится разделка их концов. При этом производится отделение жил кабелей от общей изоляции и изолирование их отдельно с помощью изолирующих полихлорвиниловых лент, клеев и других составов или заливка мест разделки кабелей с помощью специальных муфт и воронок разогретой массой или холодной затвердевающей массой. При этом разделку кабелей с пластмассовой изоляцией нельзя производить заливкой разогретой массой так как при высокой температуре может повредиться изоляция.

Как показывает практика, места разделки кабелей являются слабыми по надежности, так как в этих местах происходит замыкание с перегоранием жил. Происходит это тогда, когда применен не соответствующий материал или разделка произведена небрежно. Места разделки кабелей должны быть под наблюдением и защищены от различных вредных воздействий.

Следует учитывать возможность повреждения проводов и кабелей грызунами, которые повреждают любую изоляцию. Например, крысы сгрызают изоляцию до металла провода.

Насекомые также не все безобидны. Осы хотя и не повреждают изоляцию, но выют гнезда в ящиках и шкафах, при открывании которых электриком они могут помешать ему в ответственный момент.

НАИМЕНЬШИЕ СЕЧЕНИЯ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ЖИЛ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

Проводники	Сечение жил, мм ²	
	медных	алюминиевых
Шнуры для присоединения бытовых электроприемников	0,35	—
Кабели для присоединения переносных и передвижных электроприемников в промышленных установках	0,75	—
Незащищенные изолированные провода для стационарной прокладки внутри помещений:		
непосредственно по основаниям, на роликах, клицах и тросах;	1	2,5
на лотках, в коробах (кроме глухих)	1	2,5
Для жил, присоединяемых к винтовым зажимам	1	2,5
Для жил, присоединяемых пайкой:		
однопроволочных;	0,5	—
многопроволочных;	0,35	—
на изоляторах	1,5	4
Незащищенные изолированные провода в наружных электропроводах:		
по стенам, конструкциям или опорам на изоляторах; вводы от воздушной линии:	2,5	4
под навесами на роликах	1,5	2,5
Изолированные провода и кабели в трубах, металлических рукавах и глухих коробах	1	2,5
Кабели и защищенные изолированные провода для стационарной прокладки (для труб, рукавов):		
для жил, присоединяемых к винтовым зажимам;	1	2,5
для жил, присоединяемых пайкой:		
однопроволочных;	0,5	—
многопроволочных	0,35	—
Провода и кабели в замкнутых каналах или замоноличенно в строительных конструкциях	1	2,5

Мухи, забираясь между контактами и в зазоры, могут нарушать работу аппаратов.

При возможности повреждения изоляции грызунами провода и кабели должны прокладываться в трубах, коробах и каналах с заделкой мест их ввода различными мастиками и растворами, например, цементным.

При наличии насекомых места ввода проводов и кабелей в корпуса аппаратов и шкафы нужно уплотнять заводскими уплотнениями или замазывать различными составами.

3. ТОКИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Основные понятия

Коротким замыканием (КЗ) называется соединение токоведущих частей разных фаз или потенциалов между собой или на корпус оборудования, соединенный с землей, в сетях электроснабжения или в электроприемниках. КЗ может быть по разным причинам: ухудшение сопротивления изоляции во влажной или химически активной среде, при недопустимом перегреве изоляции, механические воздействия, ошибочные воздействия персонала при обслуживании и ремонте и т. д.

Как видно из самого названия процесса, при КЗ путь тока укорачивается, т. е. он идет, минуя сопротивление нагрузки, поэтому он может увеличиться до недопустимых величин, если напряжение не отключится под действием защиты.

Но напряжение может не отключиться и при наличии защиты, если КЗ случилось в удаленной точке, и из-за большого сопротивления до места КЗ ток недостаточен для срабатывания защиты. Но этот ток может быть достаточным для загорания проводов, что может привести к пожару.

Отсюда возникает необходимость расчета тока короткого замыкания — ТКЗ. Величина ТКЗ может меняться, если к сети электроснабжения присоединяются другие электроприемники в более удаленных местах. В таких случаях снова производится расчет ТКЗ в месте установки новых электроприемников.

ТКЗ производит также электродинамическое действие на аппараты и проводники, когда их детали могут деформироваться под действием механических сил, возникающих при больших токах.

Термическое действие ТКЗ заключается в перегреве аппаратов и проводов. Поэтому при выборе аппаратов их нужно проверять по условиям КЗ, с тем чтобы они выдержали ТКЗ в месте их установки.

Как известно, наряду с сетями с глухозаземленной нейтралью существуют сети с изолированной нейтралью. Рассмотрим характерные отличия этих сетей при КЗ.

На практике в большинстве случаев происходят однофазные короткие замыкания. В сетях с изолированной нейтралью при соединении одной фазы с землей режим не является коротким замыканием и бесперебойность электроснабжения не

нарушается, но он должен быть отключен, так как соответствует аварийному состоянию. При замыкании одной фазы на землю в данной сети напряжения на двух других фазах повышаются в 1,73 раза, а напряжение на нулевой точке становится равным фазному напряжению относительно земли. (рис. 4.2, в).

В сетях с глухозаземленной нейтралью при соединении провода с землей сгорает предохранитель или срабатывает автоматический выключатель, при этом электроснабжение нарушается, а при сгорании предохранителя могут повредиться обмотки двигателей при работе на двух фазах.

Расчет тока короткого замыкания

Для расчета тока короткого замыкания можно пользоваться формулой

$$I_K = \frac{U_{\Phi}}{Z_{\Pi} + Z_T},$$

где I_K — ток КЗ, А, U_{Φ} — фазное напряжение сети, В, Z_{Π} — сопротивление петли фаза—ноль, которое можно определить по формуле

$$Z_{\Pi} = \sqrt{R_{\Pi}^2 + X_{\Pi}^2},$$

где R_{Π} — активное сопротивление одного провода цепи КЗ, равное произведению удельного сопротивления провода на его длину (удельное сопротивление проводов в Ом/км приводится в справочниках), X_{Π} — то же индуктивное сопротивление, рассчитывается по удельному индуктивному сопротивлению, которое принимается равным 0,6 Ом/км;

Z_T — полное сопротивление фазной обмотки трансформатора на стороне низкого напряжения, которое можно определить по формуле

$$U_K \% = \frac{\sqrt{3} I_N Z_T}{U_N} 100,$$

где $U_K \%$ — напряжение короткого замыкания трансформатора, приводится в справочниках, I_N , U_N — номинальные ток и напряжение трансформатора, даются в справочниках.

Отсюда полное сопротивление фазной обмотки трансформатора, Ом,

$$Z_T = \frac{U_K \% U_N}{\sqrt{3} I_N 100}.$$

4. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

4.1. Системы с изолированной и заземленной нейтралью источника напряжения или трансформатора и опасность при касании человеком токоведущей части

Электроустановки могут входить в системы с глухозаземленной или изолированной нейтралью генератора или трансформатора. Нейтраль представляет собой общую точку соединенных обмоток генератора или трансформатора, потенциал которой в нормальных условиях нагрузки равен нулю, поэтому она также называется нулевой точкой.

Глухозаземленная нейтраль получается тогда, когда она соединяется с землей системой проводников и электродов, находящихся в земле около места установки генератора или трансформатора. От нейтрали идет провод, называемый нулевым, который соединяется с корпусом каждого приемника энергии. Системы с глухозаземленной нейтралью применяются для питания большинства производственных и бытовых электроприемников.

В системах с изолированной нейтралью нулевая точка не заземляется. На рис. 4.1 представлена схема сети трехфазного тока с изолированной нейтралью при касании человеком фазного провода. Изоляция каждого провода не является идеальной и имеет утечку на землю с сопротивлениями r_1, r_2, r_3 и емкость относительно земли с емкостными сопротивлениями x_{c1}, x_{c2}, x_{c3} . Эти сопротивления можно представить в виде звезд с нейтральными точками, замкнутыми на землю, и они также составляют полные сопротивления фаз сети, которым соответствуют полные проводимости. Проводимости создают замкнутые через землю цепи, связывающие между собой провода сети. Сопротивление тела человека частично замещает сопротивление фазы, которой он касается, в случае рис. 4.1 — r_1 и x_{c1} , и через тело человека проходит ток, нарушающий симметрию сопротивлений утечек и емкостей.

Представим фазные напряжения в виде звезды с лучами OA, OB, OC, тогда линейные напряжения образуют треугольник со сторонами AB, BC, CA, соответствующими линейным напряжениям (рис. 4.2, а).

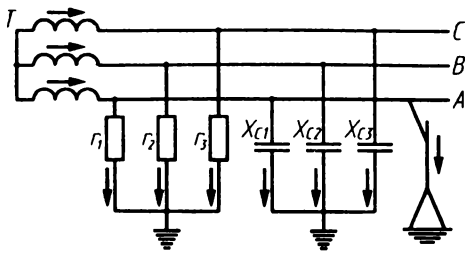


Рис. 4.1. Схема сети трехфазного тока с изолированной нейтралью при касании человеком токоведущей части:

r_1, r_2, r_3 — активные сопротивления изоляции проводов относительно земли,
 x_{c1}, x_{c2}, x_{c3} — емкостные сопротивления изоляции проводов относительно земли.

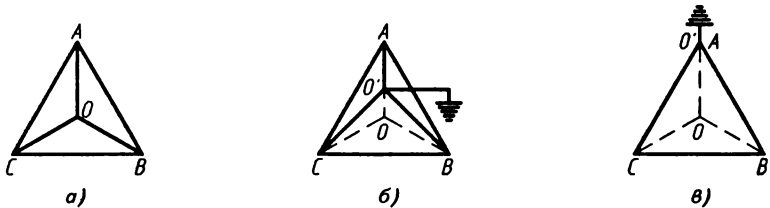


Рис. 4.2. Векторные диаграммы напряжений сети трехфазного тока с изолированной нейтралью:

а) активные и емкостные сопротивления проводов сети одинаковы; б) ухудшение сопротивления изоляции фазы А; в) замыкание на землю фазы А.

При равенстве $r_1 = r_2 = r_3$ и $x_{c1} = x_{c2} = x_{c3}$ равны по величине и фазные напряжения (рис. 4.2, а). Напряжения фаз сети по отношению к земле (точка O) равны фазным напряжениям.

При увеличении проводимости одной из фаз, например, фазы А, симметрия системы нарушается, напряжение фазы А по отношению к земле (точка O') снижается, а напряжения других фаз возрастают (рис. 4.2, б).

При полном нарушении изоляции фазы А относительно земли (глухое заземление) эта фаза приобретает потенциал земли или близкий к нему, напряжения других фаз по отношению к земле ($O'B$ и $O'C$) возрастают до линейных напряжений (AC и AB), т. е. увеличиваются в $\sqrt{3}$ раз, а напряжение нулевой точки по отношению к земле возрастает до фазного ($OO' = OA$).

Если напряжение фазы А по отношению к земле становится равным нулю, можно принять, что пути токов утечки и емкости этой фазы на землю шунтируются через место замыкания фазы А на землю током замыкания. Через место

замыкания на землю фазы *A* будет проходить ток, равный геометрической сумме токов утечки и емкостных других фаз (рис. 4.3).

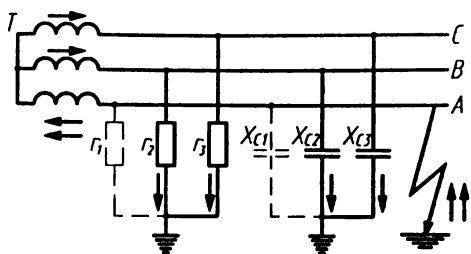


Рис. 4.3. Трехфазная сеть с изолированной нейтралью с замыканием на землю одной фазы.

Как следует из диаграмм рис. 4.2, линейные напряжения во всех рассмотренных случаях остаются неизменными, и замыкание на землю одной фазы не влияет на работу электроприемников.

Чем больше проводимость изоляции утечки и емкостная по отношению к земле, тем большую опасность представляет прикосновение человека к токоведущей части. Если одна фаза имеет замыкание на землю, то прикосновение человека к другим фазам представляет наибольшую опасность, так как при этом человек оказывается под линейным напряжением (рис. 4.4).

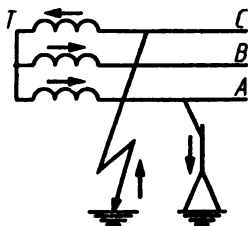


Рис. 4.4. Касание человеком токоведущей части в сети с изолированной нейтралью при коротком замыкании другой фазы.

Если нейтраль заземлена, фазные напряжения по отношению к земле остаются постоянными и равными фазному напряжению. При нарушении изоляции одной из фаз по отношению к земле нейтраль может получить незначительное смещение.

Прикосновение человека к одной из фаз создает цепь тока: проводник—тело человека—земля—заземленный нулевой провод—общая точка обмоток (рис. 4.5). Напряжение прикосновения человека будет частью фазного напряжения, и ток, проходящий через человека, не зависит от токов утечки и емкостных токов других фаз, так как цепь замыкания через сопротивление нейтрали имеет меньшее сопротивление, чем сопротивления утечки и емкостные сопротивления этих фаз, т. е. эти сопротивления оказываются зашунтированными.

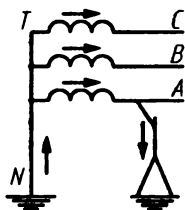


Рис. 4.5. Касание человеком токоведущей части в трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью.

Прикосновение человека к токоведущей части может быть замыканием на заземленную часть электроустановки — замыканием на корпус, или замыканием непосредственно на землю. Здесь имеется различие, так как в последнем случае имеет значение большое переходное сопротивление в месте контакта человека с землей.

В системе с заземленной нейтралью при замыкании провода на землю создается путь тока от места замыкания через землю и нулевую точку к обмоткам других фаз генератора или трансформатора, и защита срабатывает. В случае касания провода человеком он оказывается под фазным напряжением и не может оказаться под линейным напряжением.

С точки зрения опасности прикосновения человека к токоведущей части система с изолированной нейтралью представляется более опасной по величине напряжения, под которым может оказаться человек, если не надежно работают устройства защиты.

4.2. Действие электрического тока на человека

В зависимости от условий, при которых человек подвергается действию электрического тока, последствия этого дейст-

вия могут быть различны. Но всегда нужно ожидать его действия на нервную систему, которое наиболее опасно. Как известно, работа сердца регулируется нервными импульсами, исходящими от нервной системы, под действием которых происходит его сокращение в определенном ритме. Дыхание также управляется нервной системой. Действие электрического тока нарушает воздействия нервной системы на работу сердца и дыхания, что может привести к беспорядочному сокращению мышц сердца, называемому фибрилляцией, что равносильно его остановке, и к остановке дыхания, что ведет к смерти.

Воздействия тока на нервную систему выражаются в виде электрического удара и шока.

Электрический удар в зависимости от последствий можно условно разделить на пять степеней:

1 — едва ощутимое сокращение мышц;

2 — судорожное сокращение мышц с сильными болями, без потери сознания, при этом могут быть механические травмы под действием сокращения мышц;

3 — судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранившейся работой сердца и дыхания;

4 — потеря сознания с нарушением работы сердца и дыхания;

5 — клиническая смерть, когда человек не дышит и у него не работает сердце и отсутствуют другие признаки жизни.

При своевременной помощи человека можно вернуть к жизни.

Электрический шок имеет фазы возбуждения и торможения.

Фаза возбуждения характеризуется сохранением активности и работоспособности, но потом она переходит в фазу торможения, которая характеризуется понижением давления, учащением пульса, ослаблением дыхания, возникает угнетенное состояние, потом клиническая смерть, которая без оказания помощи может перейти в биологическую.

Возможны и другие воздействия тока на человека.

Тепловое воздействие характеризуется различными ожогами, химическое воздействие сопровождается электролизом крови и других растворов в организме, нарушением их химического состава и функций в организме. Механическое воздействие приводит к различным травмам частей тела под действием произвольного сокращения мышц.

Основное значение при действии на человека имеет величина проходящего через его тело тока, но влияет и род тока, его частота, путь тока через тело человека, продолжитель-

ность действия тока и индивидуальные особенности пострадавшего.

Различные величины тока частотой 50 Гц действуют следующим образом:

5...10 мА — боль в мышцах, судорожные их сокращения, руки с трудом можно оторвать от электродов;

10...20 мА — боли, руки невозможно оторвать от электродов;

25...50 мА — боль в руках и груди, дыхание затруднено, возможен паралич дыхания и потеря сознания;

50...80 мА — при длительном действии возможна клиническая смерть;

100 мА и более — при длительности более 3 с возможна клиническая смерть.

На рис. 4.6 показана эквивалентная схема сопротивления тела человека при его касании проводников так, что ток идет через тело. Сопротивление тела человека Z_T зависит от активного сопротивления кожи R_K , емкости наружных слоев кожи C_K и внутреннего сопротивления тела человека R_T .

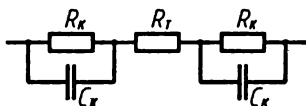


Рис. 4.6. Эквивалентная схема замещения сопротивления тела человека при напряжении прикосновения менее 50 В.

При постоянном токе, а также при малых напряжениях прикосновения (до 42 В) переменного тока частотой 50 Гц полное сопротивление тела человека может быть вычислено по формуле

$$Z_T = 2R_K + R_T$$

и составляет 6...100 кОм.

При напряжении прикосновения более 50 В происходит электрический пробой кожи, при этом полное сопротивление тела человека уменьшается и становится равным $Z_T = R_T$.

При расчетах сопротивление тела человека принимается равным 1 кОм при напряжении прикосновения 50 В и более и 6 кОм при напряжении прикосновения до 42 В.

Предельно допустимые величины напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека, нормируются в зависимости от режима работы электроустановки — нор-

мального или аварийного, вида установок — бытовых или производственных, длительности воздействия тока.

В аварийном режиме бытовых электроустановок при длительности воздействия более 1 с допустимые величины напряжения 12 В и тока 2 мА.

В аварийных режимах производственных электроустановок допустимые величины напряжения прикосновения и тока, проходящего через человека:

переменный ток	50 Гц	36 В	6 мА
	400 Гц	36 В	8 мА
постоянный ток		40 В	15 мА

при длительности воздействия более 1 с.

4.3. Первая помощь пострадавшему от электрического тока

Оказывающий помощь должен знать признаки нарушения жизнедеятельности человека и уметь оказывать первую помощь пострадавшему.

Первая помощь пострадавшему от тока заключается в освобождении его от действия электрического тока, определении степени поражения и последовательности мероприятий по спасению пострадавшего, проведении мероприятий по спасению и поддержанию его жизненных функций, вызове медицинского работника или доставке пострадавшего в лечебное учреждение.

Освобождение пострадавшего от действия электрического тока может быть осуществлено или отключением тока, или отделением пострадавшего от токоведущих частей, или отделением пострадавшего от земли. Отключение тока может быть произведено ближайшим выключателем, снятием предохранителей, рассоединением штепсельного разъема, перерубанием или перекусыванием инструментом проводов с учетом имеющегося в них напряжения. Если пострадавший находится на высоте, то нужно принять меры против его падения при выключении тока. при искусственном освещении нужно быть готовым к отсутствию освещения при выключении тока.

Отделение пострадавшего от токоведущих частей можно производить отбрасыванием провода от пострадавшего или оттаскиванием пострадавшего от провода.

Отбрасывание провода можно производить любым предметом из непроводящего материала, рукой в диэлектрической перчатке или обмотанной тканью.

Отгаскивание пострадавшего можно производить за его сухую одежду, а если нет такой возможности, то освобождающий оттягивает пострадавшего руками, защищенными от электрического тока.

Отделить пострадавшего от земли можно, оттянув его ноги изолированным предметом или одеждой и положив под ноги изолирующий предмет.

Степень поражения и последовательность мероприятий по спасению пострадавшего определяют по состоянию сознания, цвету кожи и губ, характеру дыхания и пульса.

Если у пострадавшего отсутствуют дыхание и пульс, то немедленно нужно приступить к его оживлению путем искусственного дыхания и наружного массажа сердца;

пострадавший дышит редко и судорожно, но у него прощупывается пульс — начать делать искусственное дыхание;

пострадавший в сознании с устойчивым дыханием и пульсом — нужно его уложить на одежду или другую подстилку, расстегнуть одежду, стесняющую дыхание, дать приток свежего воздуха, согреть при охлаждении и дать прохладу в жару;

пострадавший находится в бессознательном состоянии при наличии дыхания и пульса — наблюдать за его дыханием; в случае нарушения дыхания при западении языка выдвинуть нижнюю челюсть вперед и поддерживать ее в таком состоянии до прекращения западения языка.

Нельзя давать пострадавшему двигаться даже при нормальном состоянии.

Наиболее эффективным способом искусственного дыхания является способ «изо рта в рот» или «изо рта в нос».

При проведении искусственного дыхания нужно уложить пострадавшего на спину, расстегнуть стесняющую дыхание одежду, восстановить проходимость верхних дыхательных путей, которые могут быть закрыты запавшим языком, для чего:

встать на колени сбоку от пострадавшего, одну руку положить под шею пострадавшему, а ладонью другой руки нажимать на его лоб, запрокидывая голову, при этом корень языка поднимается и рот открывается, освобождая путь прохождению воздуха, после этого под шею пострадавшему можно подложить валик из одежды или другой предмет;

наклониться к лицу пострадавшего, сделать глубокий вдох открытым ртом, охватить губами рот пострадавшего, закрыв его нос своей щекой или двумя пальцами руки, находящейся на его лбу, сделать выдох, вдувая воздух в его рот;

при поднятии грудной клетки пострадавшего, что говорит о входе воздуха, отвернуть лицо для вдоха, при этом интервал между искусственными вдохами должен составлять 5 с.

Если при вдувании воздуха грудная клетка не поднимается, что говорит о препятствии для входа воздуха, необходимо выдвинуть вперед нижнюю челюсть пострадавшего. Для этого пальцами обеих рук захватывается нижняя челюсть сзади за углы, большие пальцы упираются в край челюсти ниже рта, челюсть выдвигается вперед так, чтобы нижние зубы были впереди верхних.

Показателем эффективности искусственного дыхания, кроме подъема грудной клетки, является порозовение кожных покровов, появление сознания и дыхания у пострадавшего.

Искусственное дыхание «изо рта в нос» производится при невозможности открыть его рот при стиснутых зубах.

Наружный массаж сердца делается при проведении искусственного дыхания при отсутствии пульса, бледности кожных покровов.

После подготовительных мероприятий, приведенных выше, делается два вдувания воздуха по одному из указанных выше способов,

потом оказывающий помощь приподнимается, кладет ладонь одной руки на нижнюю половину грудины, приподняв пальцы, ладонь второй руки кладет на первую и надавливает на руки, помогая весом своего тела, при этом руки должны быть выпрямлены. Надавливание должно производиться быстрыми толчками, так чтобы грудина смещалась на 4...5 см. Продолжительность надавливания и интервал между надавливаниями по 0,5 с, количество надавливаний — 12—15 на каждые два вдувания.

Если помощь оказывают два человека, то вдувания и надавливания производятся попеременно, при этом на одно вдувание можно производить 5 надавливаний в том же темпе.

После восстановления сердечной деятельности массаж сердца прекращается, при слабом дыхании продолжается проведение искусственного дыхания до восстановления полноценного дыхания.

При неэффективности мероприятий по оживлению они прекращаются через 30 мин.

4.4. Способы защиты от поражения электрическим током в электроустановках

4.4.1. Общие сведения

Существуют следующие способы защиты, применяемые отдельно или в сочетании друг с другом: защитное заземле-

ние, зануление, защитное отключение, электрическое разделение сетей разного напряжения, применение малого напряжения, изоляция токоведущих частей, выравнивание потенциалов.

В электроустановках (ЭУ) напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и в ЭУ постоянного тока с изолированной средней точкой применяют защитное заземление в сочетании с контролем изоляции или защитное отключение.

В этих электроустановках сеть напряжением до 1000 В, связанную с сетью напряжением выше 1000 В через трансформатор, защищают от появления в этой сети высокого напряжения при повреждении изоляции между обмотками низшего и высшего напряжения пробивным предохранителем, который может быть установлен в каждой фазе на стороне низшего напряжения трансформатора.

В электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью или заземленной средней точкой в ЭУ постоянного тока применяется зануление или защитное отключение. В этих ЭУ заземление корпусов электроприемников без их заземления запрещается.

Защитное отключение применяется в качестве основного или дополнительного способа защиты в случае, если не может быть обеспечена безопасность применением защитного заземления или зануления или их применение вызывает трудности.

При невозможности применения защитного заземления зануления или защитного отключения допускается обслуживание ЭУ с изолирующих площадок.

Защитное заземление

Заземлением (рис. 4.7) называется соединение с землей нетоковедущих металлических частей электрооборудования через металлические детали, закладываемые в землю и называемые заземлителями, и детали, прокладываемые между заземлителями и корпусами электрооборудования, называемые заземляющими проводниками. Проводники и заземлители обычно делаются из низкоуглеродистой стали, называемой в просторечии железом.

Заземлители в виде штырей, вбиваемых в землю, называются электродами, и могут быть одиночными или групповыми. Заземлитель имеет характеристики, обусловленные стеканием по нему тока в землю. К характеристикам заземлителя относятся:

напряжение на заземлителе;

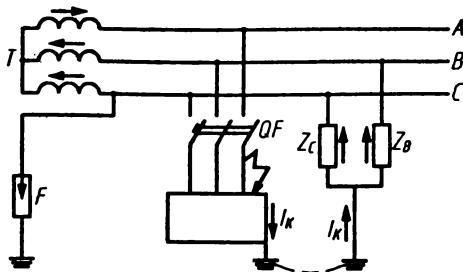


Рис. 4.7. Схема заземления в сети с изолированной нейтралью при наличии короткого замыкания:

Z_c, Z_b — полные сопротивления проводов сети относительно земли, I_k — ток короткого замыкания, F — разрядник.

изменение потенциалов точек в земле вокруг заземлителя в зависимости от их расстояния от заземлителя в зоне растекания тока — вид потенциальной кривой;

вид линий равного потенциала — эквипотенциальных линий на поверхности земли;

сопротивление заземляющего устройства;

напряжения прикосновения и шага.

На рис. 4.8 показана схема простого заземлителя в виде стержня или трубы, забиваемых в землю и вид потенциальных кривых и эквипотенциальных линий.

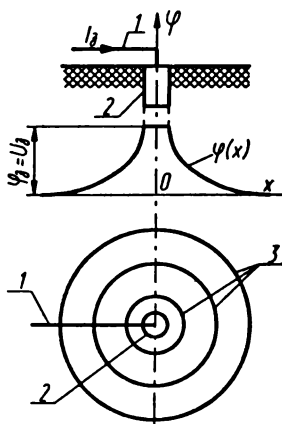


Рис. 4.8. Распределение потенциалов у поверхности земли в зоне растекания одиночного заземлителя:

1 — заземляющий проводник, 2 — заземлитель, 3 — эквипотенциальные линии, 0φ — ось величин потенциала, $0x$ — ось расстояний от заземлителя, $\varphi(x)$ — потенциальная кривая, I_3 — ток в заземлителе, $\varphi_3 = U_3$ — напряжение на заземлителе.

При расстоянии менее 40 м между одиночными заземлителями в групповом заземлителе их зоны растекания накладываются друг на друга, и получается одна зона растекания группового заземлителя, которой соответствует своя потенциальная кривая.

Напряжение прикосновения

Напряжением прикосновения называется напряжение на корпусе электрооборудования с поврежденной изоляцией, к которому может прикоснуться человек. Это напряжение зависит от состояния заземления, расстояния между человеком и заземлителем, сопротивления основания, на котором стоит человек.

На рис. 4.9, а показано влияние положения человека относительно заземлителя при одиночном заземлителе на величину напряжения прикосновения. Напряжение прикосновения максимально в положении 1 человека, когда он стоит в зоне нулевого потенциала и касается заземленного оборудования; равняется нулю в положении 2, когда человек стоит на заземлителе или его проекции на поверхность земли, в некотором промежуточном положении человека напряжение прикосновения имеет промежуточное значение, которое меняется от 0 до U_3 .

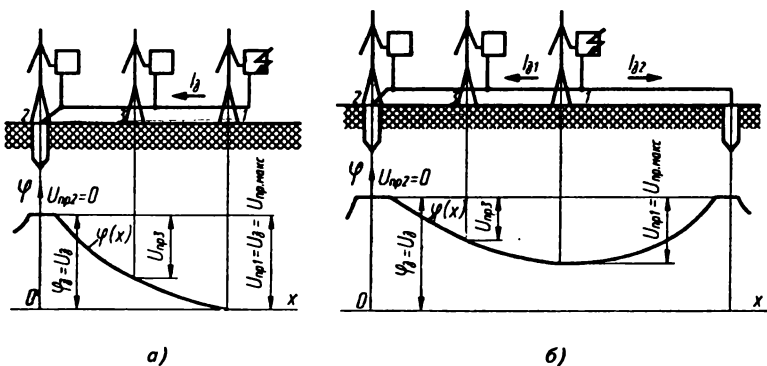


Рис. 4.9. Зависимость напряжения прикосновения от расстояния между человеком и заземлителем при а) одиночном и б) групповом заземлителях:

$U_{пр}$ — напряжение прикосновения.

На рис. 4.9, б показана зависимость напряжения прикосновения от положения человека при групповом заземлителе. В

этом случае $U_{\text{пр}}$ имеет наибольшее значение в положении 1 человека, когда он находится между электродами заземлителя, наименьшее значение в положении 2, когда он стоит на заземлителе или его проекции на поверхность земли, в любом промежуточном положении $U_{\text{пр}}$ изменяется от 0 до максимального значения.

При одиночном и групповом заземлителях напряжение прикосновения

$$U_{\text{пр}} = U_3 \alpha_1 \alpha_2,$$

где U_3 — напряжение на заземлителе, В, α_1 — коэффициент прикосновения, максимальное значение которого равно 1, α_2 — коэффициент напряжения прикосновения, учитывающий падение напряжения на сопротивлении основания, на котором стоит человек. Максимальное значение этого коэффициента

$$\alpha_2'_{\text{макс}} = \frac{R_T}{R_T + 1,5\rho},$$

где R_T — сопротивление тела человека, Ом, ρ — удельное сопротивление земли, где стоит человек, Ом · м (табл. 4.1).

Т а б л и ц а 4 . 1

ПРЕДЕЛЫ УДЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ГРУНТА

Грунт	ρ , Ом · м	Грунт	ρ , Ом · м
Глина	8...70	Суглинок	40...150
Чернозем	9...53	Супесь	150...400
Торф	10...30	Песок	400...700
Садовая земля	30...60	Каменистый	500...800

Напряжение шага

Напряжение шага возникает между ногами человека, стоящего на земле, из-за разности потенциалов на поверхности земли при растекании в земле тока замыкания на землю. Напряжение шага отсутствует, если человек стоит или на линии равного потенциала или вне зоны растекания тока, т. е. на расстоянии более 20 м от заземлителя.

На рис. 4.10 показана зависимость величины напряжения шага от расстояния между человеком и одиночным заземлите-

лем. Напряжение шага наибольшее в положении 1 человека, когда он стоит одной ногой на заземлителе. В положении человека между заземлителем и зоной нулевого потенциала, когда шаг направлен по радиусу к заземлителю, напряжение шага имеет промежуточное значение.

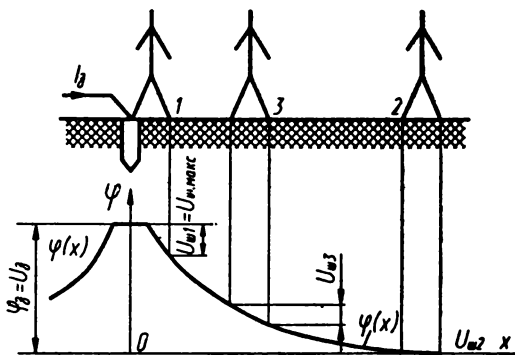


Рис. 4.10. Величина напряжения шага в зависимости от расстояния между человеком и заземлителем:

$U_{ш}$ — напряжение шага.

Напряжение шага при одиночном и групповом заземлителях

$$U_{ш} = U_3 \beta_1 \beta_2,$$

где U_3 — напряжение на заземлителе, β_1 — коэффициент напряжения шага, зависит от вида заземлителя ($\beta_1 < 1$ и для группового заземлителя из вертикальных электродов $\beta_1 = 0,6$), β_2 — коэффициент напряжения шага, учитывающий падение напряжения шага на сопротивлении основания, на котором стоит человек. Максимальное значение этого коэффициента

$$\beta_{2 \text{ макс}} = \frac{R_T}{R_T + 6\rho},$$

где R_T — сопротивление тела человека, Ом, ρ — удельное сопротивление земли, где стоит человек, Ом·м (табл. 4.1).

Заземление предназначается для устранения опасности поражения человека электрическим током во время прикосновения к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением. Это достигается путем снижения до безопасных пределов напряжения прикосновения и шага за счет малого сопротивления заземлителя. Областью применения защитного заземления

являются сети переменного и постоянного тока с изолированной нейтралью источника напряжения или трансформатора.

Не требуют защитного заземления электроустановки переменного тока напряжением до 42 В и постоянного тока до 110 В.

Величина сопротивления заземляющего устройства нормируется «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ). Эта величина для электроустановок до 1000 В с изолированной нейтралью должна быть не более 4 Ом, а если мощность питающих сеть генераторов или трансформаторов, или их суммарная мощность не более 100 кВА, то сопротивление должно быть не более 10 Ом.

Для заземления могут быть использованы детали уже существующих сооружений, которые называются естественными заземлителями:

- металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей;
- металлические трубопроводы, проложенные в земле, за исключением трубопроводов горючих жидкостей и газов;
- свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле;
- обсадные трубы скважин и т. д.

Наименьшие размеры электродов искусственных заземлителей:

диаметр круглых электродов, мм	
неоцинкованных	10
оцинкованных	6
сечение прямоугольных электродов, мм ² . . .	48
толщина прямоугольных электродов, мм . . .	4
толщина полок угловой стали, мм	4

В качестве заземляющих и нулевых (см. ниже) проводников, соединяющих корпуса оборудования с заземлителями, могут применяться:

- специальные проводники;
- металлические конструкции оборудования и зданий;
- стальные трубы электропроводок, алюминиевые оболочки кабелей;

металлические открыто расположенные трубопроводы всех назначений, за исключением трубопроводов для горючих жидкостей и газов, канализации и центрального отопления.

Запрещается использовать в качестве заземляющих и нулевых проводников алюминиевые провода для прокладки в земле, металлические оболочки трубчатых проводов, несущие тросы тросовой проводки, металлорукава, броню и свинцовые оболочки проводов и кабелей.

Минимальные размеры заземляющих и нулевых проводников показаны в табл. 4.2.

Т а б л и ц а 4.2

МИНИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ И НУЛЕВЫХ ПРОВОДНИКОВ

Проводник	Медь	Алюминий	Сталь		
			в зданиях	в наружных установках	в земле
Неизолированный:					
сечение, мм ²	4	6			
диаметр, мм			5	6	10
Изолированный:					
сечение, мм ²	1,5	2,5			
Заземляющие и нулевые жилы кабелей, сечение, мм ²	1	2,5			
Угловая сталь с толщиной полки, мм			2	2,5	4
Полосовая сталь:					
сечение, мм ²			24	48	48
толщина, мм			3	4	4

Проводники присоединяют к корпусам оборудования сваркой или болтовым соединением с обеспечением доступности для контроля или переделки при ухудшении контакта. Последовательное включение в цепь заземления или зануления отдельных корпусов оборудования запрещается.

При монтаже заземляющих устройств монтажной организацией контроль за работами производится со стороны заказчика. При этом отдельно принимаются работы, которые впоследствии будут скрыты, и в это время, а не после, подписываются акты на скрытые работы.

Монтажные организации сдают заказчику всю документацию на заземляющие устройства. На каждое устройство заводится паспорт, в котором отмечаются все изменения, результаты осмотров и измерений.

При проверке состояния заземления периодически проводятся осмотр видимой части, проверка цепи между заземлителем и заземляемыми элементами, измерение сопротивления заземляющего устройства, выборочное вскрытие грунта для осмотра элементов, находящихся в земле.

Измерение сопротивления заземляющего устройства

Измерения обычно производят с помощью специального прибора — измерителя заземлений, например, М-416, работающего на принципе амперметра—вольтметра. При измерении сопротивления сложного контура (рис. 4.11, а), имеющего наибольшую диагональ D , токовый электрод E_T располагают на расстоянии $l_1 = 2D$ от края данного контура, а потенциальный электрод E_P — поочередно на расстояниях $0,4, 0,6, 0,5l_1$, фиксируя показания прибора. Если сопротивления, полученные при установке E_P на расстояниях, $0,4$ и $0,6l_1$, отличаются не более 10% , то принимают значение сопротивления, полученное в положении потенциального электрода на расстоянии $0,5l_1$, а если различие больше 10% , то или повторяют измерения при увеличении расстояния до E_T в $1,5...2$ раза, или производят измерения при изменении направления токового электрода.

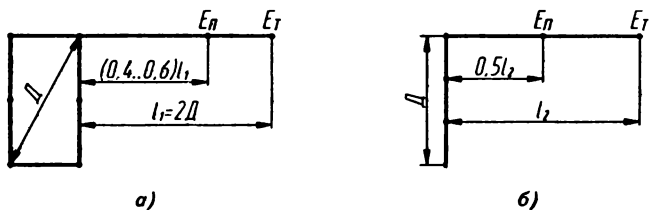


Рис. 4.11. Схема измерения сопротивления заземляющего устройства: а) заземлители расположены по контуру; б) заземлители расположены в линию.
 E_P — электрод потенциальный, E_T — электрод токовый.

Для вертикальных электродов, расположенных в ряд и соединенных полосой или для заземлителя, состоящего из полосы, длину полосы принимают за величину D .

Токовый электрод (рис. 4.11, б) располагают на расстоянии от края испытываемого заземлителя:

при $D > 40$ м	$l_2 = 2D$,
при $10 \text{ м} < D \leq 40$ м	$l_2 \geq 80$ м,
при $D \leq 10$ м	$l_2 = 40$ м.

Потенциальный электрод располагается на расстоянии $0,5l_2$.

Измерение сопротивления заземления производится, когда оно имеет наибольшие значения: для северных районов и средней полосы — зимой при наибольшем промерзании почвы, для южных районов — когда почва наиболее сухая.

Во время приемо-сдаточных испытаний измеренные значения сопротивлений умножают на коэффициент сезонности, который берется из таблицы.

4.4.2. Зануление

Зануление (рис. 4.12) предусматривает глухое заземление нейтрали источника или трансформатора трехфазного тока, одного вывода источника однофазного тока, наличие нулевого провода и его повторного заземления.

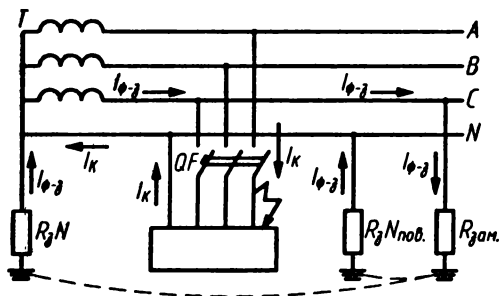


Рис. 4.12. Схема зануления при наличии короткого замыкания фазы А на корпус и замыкания фазы С на землю:

N — нулевой проводник, $I_{\phi-3}$ — ток замыкания на землю, I_k — ток короткого замыкания, $R_{зN}$ — сопротивление заземления нулевого провода, $R_{зNпов}$ — то же повторное, $R_{зам}$ — сопротивление замыканий фазы на землю.

Заземление нейтрали источника тока имеет целью понизить напряжение на корпусах оборудования и на нулевом проводе, с которым эти корпуса соединены, до безопасного значения при замыкании фазного проводника на землю, при этом создается путь для тока $I_{\phi-3}$ (рис. 4.12).

Нулевой защитный проводник предназначен для увеличения тока короткого замыкания I_k с целью воздействия этого тока на защиту. Увеличение I_k происходит за счет уменьшения сопротивления току при наличии нулевого провода по сравнению с тем, если бы ток шел через землю.

Повторное заземление нулевого провода предназначено для снижения напряжения на корпусах оборудования при замыкании фазы на корпус как при исправном, так и при оборванном нулевом проводе.

Зануление в электроустановках до 1000 В применяется в 4-проводных сетях с глухозаземленной нейтралью трансфор-

матора или генератора, в сетях с заземленным выводом источника однофазного тока, в сетях с заземленной средней точкой источника постоянного тока. Зануление выполняется в тех же случаях, что и защитное заземление.

Предельные величины сопротивлений заземляющих устройств в системе зануления приведены в табл. 4.3.

Т а б л и ц а 4.3

**ПРЕДЕЛЬНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ СОПРОТИВЛЕНИЙ
ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ В СИСТЕМЕ ЗАНУЛЕНИЯ**

Напряжение сети, В		Сопротивление, Ом			
линейное 3-фазного тока	однофазного тока	заземляющего устройства ней- тралли транс- форматора или генератора	заземлителя, расположен- ного у ней- тралли	общее всех повторных заземлений нулевого провода	каждого повторного заземления нулевого провода
660	380	2	15	5	15
380	220	4	30	10	30
220	127	8	60	20	60

В качестве нулевых защитных проводников используются нулевые рабочие проводники, за исключением проводников в передвижным электроприемникам. В цепи нулевых защитных проводников не должно быть аппаратов, разъединяющих эти проводники, в том числе предохранителей.

Проверка зануления на соответствие требованиям ПУЭ производится во время монтажа, при сдаче после монтажа и при эксплуатации.

Проверяют следующие параметры:

сопротивление заземлений нейтрали и повторных;

отношение тока однофазного КЗ на корпус и номинального тока плавкой вставки предохранителя или тока уставки автомата на контролируемом участке сети, причем это отношение должно быть не менее 3, а для автоматов только с электромагнитными расцепителями на номинальный ток до 100 А кратность должна быть не менее 1,4 и для автоматов на ток более 100 А — 1,25.

4.4.3. Защитное отключение

Устройство защитного отключения (УЗО) состоит из чувствительного элемента, реагирующего на изменение контроли-

руемой величины, и исполнительного органа, отключающего соответствующий участок сети.

Чувствительный элемент может реагировать на потенциал корпуса, ток замыкания на землю, напряжение и ток нулевой последовательности, оперативный ток. В качестве выключателей могут применяться контакторы, магнитные пускатели, автоматические выключатели с независимым расцепителем, специальные выключатели для УЗО.

Назначение УЗО — защита от поражения электрическим током путем отключения ЭУ при появлении опасности замыкания на корпус оборудования или непосредственно при касании токоведущих частей человеком.

УЗО применяется в ЭУ напряжением до 1000 В с изолированной или глухозаземленной нейтралью в качестве основного или дополнительного технического способа защиты, если безопасность не может быть обеспечена путем применения заземления или зануления или если заземление или зануление не могут быть выполнены по некоторым причинам.

УЗО обязательно для контроля изоляции и отключения ЭУ при снижении сопротивления изоляции в ЭУ специального назначения, например, в подземных горных выработках (реле утечки).

Примером УЗО является защитно-отключающее устройство типа ЗОУП—25, предназначенное для отключения и включения силовых трехфазных цепей при напряжении 380 В и токе 25 А в системах с глухозаземленной нейтралью, а также для защиты людей при касании токоведущих частей или корпусов оборудования, оказавшихся под напряжением.

4.4.4. Электрическое разделение сетей

Электрическое разделение сетей осуществляется через специальный разделительный трансформатор, который отделяет сеть с изолированной или глухозаземленной нейтралью от участка сети, питающего электроприемник. При этом связь между питающей сетью и сетью приемника осуществляется через магнитные поля, участок сети приемника и сам приемник не связываются с землей. Разделительный трансформатор представляет собой специальный трансформатор с коэффициентом трансформации, равном единице, напряжением не более 380 В, с повышенной надежностью конструкции и изоляции. От трансформатора разрешается питание не более одного приемника с током не более 15 А. В качестве разделительных трансформаторов могут быть использованы трансфор-

маторы понижающие со вторичным напряжением не более 42 В, если они удовлетворяют требованиям к разделительному трансформатору.

4.4.5. Использование малого напряжения

Малое напряжение (не более 42 В между фазами и по отношению к земле) применяется для ручного инструмента, переносного и местного освещения в любых помещениях и вне их. Оно применяется также в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных для питания светильников местного стационарного освещения, если они расположены на высоте менее 2,5 м. Распространено в применении напряжение 36 В, а в замкнутых металлических емкостях должно применяться напряжение не более 12 В.

4.4.6. Выравнивание потенциалов

Как известно, напряжение прикосновения или шага получается тогда, когда есть разность потенциалов между основанием, на котором стоит человек, и корпусами оборудования, которых он может коснуться, или между ногами. Если соединить посредством дополнительных электродов и проводников места возможного касания телом человека, то не будет разности потенциалов и связанной с ней опасности.

Выравнивание потенциалов корпусов электрооборудования и связанных с ним конструкций и основания осуществляется устройством контурного заземлителя, электроды которого располагаются вокруг здания или сооружения с заземленным или зануленным оборудованием. Внутри контурного заземлителя под полом помещения или площадки прокладываются горизонтальные продольные и поперечные электроды, соединенные сваркой с электродами контура. При наличии зануления контур присоединяется к нулевому проводу.

Выравнивание потенциалов корпусов оборудования и конструкций осуществляется присоединением конструкций и всех корпусов к сети зануления или заземления.

Выравнивание потенциалов применяется как дополнительный технический способ защиты при наличии зануления или заземления в помещениях с повышенной опасностью или особо опасных.

Применение выравнивания потенциалов обязательно в животноводческих помещениях.

Устройство выравнивания потенциалов осуществляется по проекту.

4.5. Организация эксплуатации электрооборудования

Персонал для работы в электроустановках готовится специально. К работе могут быть допущены лица, достигшие 18-летнего возраста, прошедшие медицинскую комиссию и имеющие удостоверение на право производства работ. В удостоверении указывается группа по технике безопасности, соответствующая тем работам, которые могут быть доверены данному лицу. Характеристики групп приведены в табл. 4.4.

Для персонала, непосредственно работающего в электроустановках, производится повторная проверка знаний раз в год.

Для безопасности работ в электроустановках осуществляются организационные и технические мероприятия.

Организационными мероприятиями являются:

оформление работы нарядом или распоряжением;

допуск к работе, надзор во время работы, оформление перерывов в работе, переводов на другое рабочее место, окончания работы.

Работы в электроустановках до 1000 В могут производиться по распоряжению устному или письменному, а работы со снятием напряжения специально закрепленным персоналом могут производиться единолично, причем работы на высоте более 2,5 м должны производиться в присутствии второго лица.

К техническим мероприятиям относятся:

производство необходимых отключений и принятие мер, препятствующих ошибочному или самопроизвольному включению;

вывешивание плакатов и при необходимости установка ограждений, присоединение к заземленным частям переносных заземлений, проверка отсутствия напряжения на токоведущих частях, к которым должно быть присоединено переносное заземление;

наложение заземлений.

Если работа выполняется без применения переносного заземления, то должны быть приняты дополнительные меры по предотвращению ошибочного включения, например, запирающие приводы аппаратов, снятие рукояток рубильников и автоматов, снятие предохранителей, установка накладок между

ножами и контактными стойками рубильников. При невозможности осуществить эти меры должны быть отсоединены провода, по которым может быть ошибочно подано напряжение.

Проверка отсутствия напряжения должна быть произведена между каждой фазой и остальными фазами и заземленными частями установки с помощью указателя напряжения. Непосредственно перед проверкой отсутствия напряжения указатель должен быть проверен на ближайших токоведущих частях при наличии напряжения.

В наружных установках в сырую погоду допускается проверка отсутствия напряжения путем прослеживания разрыва токоведущих частей.

При ремонте аппаратуры, содержащей конденсаторы, в том числе и бытовой, нужно принять меры для разрядки этих конденсаторов.

4.6. Электробезопасность и надежность

Электробезопасность электрооборудования прямо связана с его надежностью, но нужно особо отметить некоторые факторы надежности.

Как известно, электрическая опасность связана с возможностью прикосновения к токоведущим частям или корпусам электрооборудования, находящимся под напряжением. Прикосновение к токоведущим частям возможно при открытых дверках шкафов, крышках щитков, коробок зажимов и т. д. Дверки бывают на шарнирах и закрываются, удерживаясь от открывания специальным запором. При ненадежности запора дверки трудно удержать в закрытом состоянии, что представляет опасность. Поэтому ненадежный запор нужно заменять или просто делать петли для замка.

Крышки обычно удерживаются винтами, которые иногда ввертываются не в резьбу в корпусе, а в гайки, которые могут прокручиваться при плохом закреплении, поэтому гайки лучше сначала приварить.

Винты, которые ввинчиваются, могут теряться даже при наличии стопора против их выпадения. Поэтому предпочтительнее крышки укреплять, одевая на шпильки и закрепляя гайками.

Дверки и крышки устройств, предназначенных для помещений сырых или пыльных, имеют прокладки, которые часто отваливаются, так как плохо приклеены, поэтому лучше их приклеивать заранее.

Нужно учитывать, что при проворачивающихся гайках вин-

КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ГРУППЫ ПЕРСОНАЛА ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Группа	Профессия, должность	Стаж работы на ЭУ	Возраст, год	Характеристика группы
1	<p>Электротехнический персонал, не прошедший проверку знаний по Правилам</p> <p>Персонал, обслуживающий ЭУ (электропечи, электродойки и т. п.)</p> <p>Водители автотранспорта</p> <p>Уборщики помещений ЭУ</p>	Не нормируется	18	Лица без специальной электротехнической подготовки, но имеющие представление об опасности электрического тока и мерах безопасности при работе на обслуживаемом участке. Должны иметь практическое знакомство с правилами оказания первой помощи
2	<p>Практиканты институтов и училищ</p> <p>Электромонтеры, электрослесари, связисты, мотористы электродвигателей</p> <p>Машинисты электротранспорта, кранов, электросварщики</p> <p>Практики-электрики</p>	<p>Не нормируется</p> <p>Не менее 1 мес</p> <p>Не менее 1 мес</p> <p>Не менее 6 мес</p>	<p>Не нормируется</p> <p>18</p> <p>.</p> <p>18</p>	<p>Должны иметь:</p> <p>а) элементарное техническое знакомство с ЭУ;</p> <p>б) представление об опасности электрического тока и приближения к токоведущим частям;</p> <p>в) знание мер предосторожности при работе в ЭУ;</p> <p>г) практическое знакомство с правилами оказания первой помощи</p>
3	<p>Электромонтеры, электрослесари, связисты, оперативный персонал подстанций, оперативно-ремонтный персонал ЭУ</p> <p>Практиканты институтов и средних технических учебных заведений</p>	<p>Не менее 6 мес. Для лиц с образованием 8 классов и выше, прошедших специальное обучение, а также окончивших училища, стаж работы не менее 3 мес</p> <p>Не менее 1 мес в предыдущей группе</p>	<p>18</p> <p>18</p> <p>18</p> <p>18</p>	<p>Должны иметь:</p> <p>а) элементарные познания в электротехнике и знакомство с устройством и обслуживанием ЭУ;</p> <p>б) отчетливое представление об опасностях при работах в ЭУ;</p> <p>в) знания общих правил техники безопасности (ПТБ) и правил допуска к работам в ЭУ;</p> <p>г) знания специальных ПТБ по тем видам работ, которые входят в обязанности;</p> <p>д) умение вести надзор за работающими в ЭУ;</p>

<p>4</p> <p>Начинающие инженеры и окончившие средние технические учебные заведения</p> <p>Электромонтеры, электрослесари, связисты, оперативный персонал подстанций, оперативно-ремонтный персонал цеховых ЭУ</p>	<p>Не менее 1 мес в предыдущей группе</p> <p>Общий стаж не менее 1 года в предыдущей группе. Для лиц с образованием 8 классов и выше, прошедших специальное обучение, для окончивших технические училища, стаж работы не менее 6 мес</p> <p>Стаж работы не менее 2 мес в предыдущей группе</p>	<p>18</p>	<p>е) знания правил оказания первой помощи и умение практически оказать первую помощь (приемы искусственного дыхания и т. п.)</p> <p>Должны иметь:</p> <p>а) познания в электротехнике в объеме специализированного профтехучилища;</p> <p>б) полное представление об опасности при работах в ЭУ;</p> <p>в) знания полностью Правил [30], а также «Правил пользования и испытания защитных средств, применяемых в ЭУ»;</p> <p>г) знания ЭУ настолько, чтобы свободно разбираться, какие элементы должны быть отключены для производства работ, находить в натуре все эти элементы и проверять выполнение необходимых мероприятий по безопасности;</p> <p>д) умение организовывать безопасное выполнение работ в ЭУ до 1000 В и вести надзор за ними;</p> <p>е) знания правил оказания первой помощи и умение практически оказать первую помощь (приемы искусственного дыхания и т. п.)</p>	<p>18</p>	<p>е) знания правил оказания первой помощи и умение практически оказать первую помощь (приемы искусственного дыхания и т. п.)</p> <p>Должны иметь:</p> <p>а) знания схем и оборудования своего участка;</p> <p>б) твердые знания Правил [30] как в общей, так и в специальной частях, «Правил пользования и испытания защитных средств, применяемых в ЭУ»;</p> <p>в) ясное представление о том, чем вызвано требование того или иного пункта правил;</p> <p>г) умение организовывать безопасное производство работ и вести надзор за ними в ЭУ любого напряжения;</p> <p>д) знания правил оказания первой помощи и умение практически оказать первую помощь (приемы искусственного дыхания и т. п.);</p> <p>е) умение обучить персонал других групп ПТБ и оказанию первой помощи</p>	<p>23</p>	<p>18</p>	<p>е) знания правил оказания первой помощи и умение практически оказать первую помощь (приемы искусственного дыхания и т. п.)</p> <p>Должны иметь:</p> <p>а) познания в электротехнике в объеме специализированного профтехучилища;</p> <p>б) полное представление об опасности при работах в ЭУ;</p> <p>в) знания полностью Правил [30], а также «Правил пользования и испытания защитных средств, применяемых в ЭУ»;</p> <p>г) знания ЭУ настолько, чтобы свободно разбираться, какие элементы должны быть отключены для производства работ, находить в натуре все эти элементы и проверять выполнение необходимых мероприятий по безопасности;</p> <p>д) умение организовывать безопасное выполнение работ в ЭУ до 1000 В и вести надзор за ними;</p> <p>е) знания правил оказания первой помощи и умение практически оказать первую помощь (приемы искусственного дыхания и т. п.)</p>
<p>5</p> <p>Электромонтеры, электрослесари, мастера, инженеры-практики</p> <p>Мастера, техники, инженеры</p>	<p>Общий стаж не менее 5 лет. Для лиц с образованием 8 классов и выше, прошедших специальное обучение, а также для лиц, окончивших технические училища, общий стаж не менее 3 лет</p> <p>Общий стаж не менее 6 мес</p>	<p>21</p>	<p>е) знания правил оказания первой помощи и умение практически оказать первую помощь (приемы искусственного дыхания и т. п.)</p> <p>Должны иметь:</p> <p>а) познания в электротехнике в объеме специализированного профтехучилища;</p> <p>б) полное представление об опасности при работах в ЭУ;</p> <p>в) знания полностью Правил [30], а также «Правил пользования и испытания защитных средств, применяемых в ЭУ»;</p> <p>г) знания ЭУ настолько, чтобы свободно разбираться, какие элементы должны быть отключены для производства работ, находить в натуре все эти элементы и проверять выполнение необходимых мероприятий по безопасности;</p> <p>д) умение организовывать безопасное выполнение работ в ЭУ до 1000 В и вести надзор за ними;</p> <p>е) знания правил оказания первой помощи и умение практически оказать первую помощь (приемы искусственного дыхания и т. п.)</p>	<p>19</p>	<p>е) знания правил оказания первой помощи и умение практически оказать первую помощь (приемы искусственного дыхания и т. п.);</p> <p>е) умение обучить персонал других групп ПТБ и оказанию первой помощи</p>	<p>21</p>	<p>19</p>	<p>е) знания правил оказания первой помощи и умение практически оказать первую помощь (приемы искусственного дыхания и т. п.);</p> <p>е) умение обучить персонал других групп ПТБ и оказанию первой помощи</p>

тов, которые в них закручены, их нельзя открутить и открыть крышки, то же происходит и при коррозии винтового соединения. Часто выход может быть только в применении зубила. Для предотвращения этих явлений нужно смазывать вазелином резьбовые соединения. а также поверхности гаек, винтов и болтов.

Сопротивление в цепях зануления или заземления должно быть возможно меньше, но оно может увеличиваться при коррозии в зажимах присоединения заземляющих проводников к корпусам электрооборудования. Поэтому эти зажимы должны быть расположены в местах, удобных для их осмотра и переделки. Иногда винты присоединения заземления или зануления располагаются близко к задней стенке аппарата, что затрудняет доступ к ним, если аппараты укрепляются на стене или конструкции. При этом винты бывают малого диаметра и длины, закреплены в гайках, которые проворачиваются. Поэтому сразу до монтажа лучше приварить новый болт в качестве шпильки в нужном месте и нужного размера. Для защиты от коррозии резьбовые соединения в цепи заземлителей нужно покрывать вазелином.

Как показывает практика, поддержание надежности на уровне электробезопасности возможно только при грамотном обслуживании электрооборудования.

4.7. Случаи действия электрического тока на человека и животных

На практике при нормальном состоянии электрооборудования и при обычных обстоятельствах не бывает ударов током по отношению к человеку. Может ощущаться слабое действие напряжения при касании металлических частей оборудования, что называется «щипает током», в таких особо опасных помещениях, как животноводческие помещения и мастерские. Это действие зависит от величины напряжения на оборудовании и чувствительности человека, которая зависит от его одежды, обуви и состояния.

Величина напряжения на корпусах оборудования в системах с глухозаземленной нейтралью зависит от степени несимметрии нагрузки на данном объекте. Несимметрия создается неравным количеством лампочек в разных фазах или разной их мощностью в системах освещении, неравной мощностью ТЭН в разных фазах в нагревательных установках из-за выхода из строя некоторых ТЭН, влиянием бытовой нагрузки. Несимметрия ведет к появлению некоторого напряжения на ну-

левом проводе, несмотря на то, что он заземлен. Этого напряжения бы не было, если бы сопротивление заземления нулевого провода было равно нулю. Но этого добиться трудно, поэтому на нулевом проводе и связанных с ним корпусах оборудования всегда есть некоторое напряжение.

В аварийных случаях, например, в коровнике в момент пробоя ТЭН водонагревателя в воду или на корпус, при включении без проверки отсыревшего двигателя были удары током человека и животных.

В таких случаях при ненадежном состоянии зануления животные могут погибнуть.

Получают удары током и электрики. Это может быть в стрессовом состоянии, когда в поисках неисправности электрик часто отключает и включает напряжение и, забыв, что оно включено, может коснуться токоведущих частей. К тому же при этом выключатель может быть далеко, и выключает его другой человек, сообщая об этом по телефону или криком. В таком случае недопустима доверчивость, и прежде всего нужно выполнять технические мероприятия по безопасности.

На практике в таких случаях бывали смертельные исходы.

Наконец, можно попасть под напряжение, жестикулируя перед токоведущими частями и случайно коснувшись рукой этих частей.

4.8. Электрозашитные средства и предохранительные приспособления

Общие сведения

Согласно Правилам [30], защитными средствами называются приборы, аппараты, переносные и перевозимые приспособления и устройства, а также отдельные части устройств, приспособлений и аппаратов, служащие для защиты персонала, работающего на электроустановках, от поражения электрическим током.

Все защитные средства делятся на основные и дополнительные.

Основными защитными средствами называются такие, которые надежно выдерживают рабочее напряжение электроустановки и при помощи которых допускается касаться токоведущих частей, находящихся под напряжением.

Дополнительными защитными средствами являются такие, которые сами не могут обеспечить безопасность при касании токоведущих частей.

К основным защитным средствам, применяемым в электроустановках до 1000 В, относятся:

- а) диэлектрические перчатки;
- б) инструмент с изолированными рукоятками;
- в) указатели напряжения, изолирующие клещи.

К дополнительным защитным средствам, применяемым в электроустановках до 1000 В, относятся:

- а) диэлектрические галоши;
- б) диэлектрические резиновые коврики;
- в) изолирующие подставки.

Основные защитные средства

Резиновые перчатки выпускаются со швом и бесшовные. Основные технические данные перчаток приведены в табл. 4.5.

Т а б л и ц а 4.5

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЕРЧАТКИ

Показатели	Со швом	Без шва
Номинальное напряжение электроустановки, кВ	1	1
Габаритные размеры, мм:		
длина	350	350
ширина запястья	135 120 130	140 155
толщина	1,2	1,3

Наиболее употребительные инструменты с изолированными рукоятками представлены в табл. 4.6. При этом отверток должно быть несколько в соответствии с размерами отвертываемых винтов.

Выпускаются также комплекты слесарно-монтажных инструментов с изолирующими рукоятками, которые могут содержать ключи гаечные, молоток, зубило.

Изолирующие клещи предназначены для замены предохранителей ПР-1, ПР-2, НПН на токи 15...60 А. Примером являются клещи К-1000 со следующими техническими данными: общая длина — 210 мм, длина рукоятки — 110 мм, диаметр предохранителей — 13...29 мм, масса — 0,1 кг.

Для предохранителей типа ПН2 изготавливается специальная скоба в виде рукоятки с прорезьями, в которые входят выступы предохранителя, и таким образом он может сниматься или ставиться.

Т а б л и ц а 4.6

ИНСТРУМЕНТ С ИЗОЛИРОВАННЫМИ РУКОЯТКАМИ

Наименование	Габаритные размеры, мм	Диаметр откусываемой проволоки, мм	Наибольший диаметр зажимаемого изделия, мм	Масса, кг
Плоскогубцы комбинированные	205×55×16	2	7	0,3
Кусачки боковые	155×54×15	2	—	0,17
Круглогубцы	165×54×15	2,5	—	0,18
Отвертка диэлектрическая				0,03
Ширина х толщина лезвия	4×0,6			
Длина отвертки	160			

Изолирующие клещи и рукоятки входят в комплект устройств, содержащих предохранители.

Данные об указателях напряжения приведены в табл. 4.7.

Однополюсный указатель напряжения выполнен в виде отвертки, на рабочем конце которой находится штырь или отвертка, а на другом конце — металлический контакт для касания пальцем. Недостатком однополюсных указателей напряжения является то, что они могут показать напряжение в проводе, когда его там нет, из-за наводки от соседних проводов.

Часто в электроустановках появляются признаки несимметрии трехфазного напряжения — отсутствия или уменьшения напряжения в одной из фаз. Такими признаками являются неустойчивая работа электродвигателей или их остановка, разная яркость свечения групп ламп, присоединенных к разным фазам. В таком случае найти неисправность с помощью однополюсного индикатора трудно, так как он показывает напряжение во всех трех фазах. лучше измерить разность напряжений между фазами или фазой и корпусом оборудования с помощью двухполюсного указателя — рис. 4.13.

Двухполюсный указатель напряжения состоит из двух корпусов, соединенных проводом с повышенной изоляцией. Недостатком некоторых двухполюсных указателей является малая прочность корпусов и мест заделки провода.

УКАЗАТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ

Тип	Номинальное напряжение электроустановки, В		Напряжение зажигания, В	Габаритные размеры, мм			Масса, г
	переменное	постоянное		в развернутом виде	диаметр	длина	
Однополюсные указатели напряжения							
ИН	110...380	—	90		18	129	25
ИН-90	90...380		90		19	126	25
УНН-1	120...500		120		15	141	40
Двухполюсные указатели напряжения							
Без индикации значения напряжения							
УНН-10	110...500	110...500	90	610	25		80
МИН-1	110...500	110...500	90	880	25		100
ПИН-90	65...750	75...750	50	1115	25		300
УННУ-1	110...700	110...700	90	1260	20		80
Для ВЛ до 1000 В							
УННЛ-1	127...700	127...700	90		20	электрод 500 провод 1100	200
С индикацией значения напряжения							
УН-1	110...500		90	960	35		200
ИН-92	0...100	0...250		корпус 160×60×25 наконечник 14×120 провод 1000			300

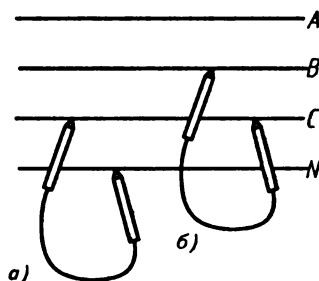


Рис. 4.13. Схема применения двухполюсного индикатора напряжения для определения наличия напряжения:

а) фазного; б) линейного.

Переносные заземления

Переносные заземления предназначены для защиты людей, работающих на отключенных токоведущих частях, от поражения электрическим током от ошибочно поданного или наведенного напряжения. Заземления соединяют отключенные части электроустановки с землей на время работы на них людей.

Данные переносных заземлений представлены в табл. 4.8.

Т а б л и ц а 4 . 8

ПЕРЕНОСНЫЕ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Технические данные	Для РУ* до 1000 В	Для ВЛ** до 1000 В
Номинальное напряжение электроустановки, кВ	до 1	до 1
Трехсекундный ток термической устойчивости, кА	2,5	2,5
Длина соединительного провода между зажимами, мм	1500	800
Длина заземляющего провода, мм	2000	9000
Общая длина провода, мм	5000	12200
Площадь сечения провода, мм ²	16	16
Длина штанги с зажимом, мм	1100	420
Масса комплекта, кг	1,82	5,3

* РУ — распределительное устройство.

** ВЛ — воздушная линия.

Предохранительные приспособления

Предохранительные пояса. Пояса предназначены для удержания работающего на высоте путем прикрепления его тела к опоре или другой конструкции с помощью стропа. Пояс состоит из широкого кушака, более узкого ремня с пряжкой и отверстиями для закрепления пояса на теле, стропа, карабина для быстрого закрепления стропа.

Применяются пояса различных видов. В табл. 4.9 приведены данные предохранительного монтерского пояса. Он изготовляется нескольких типов:

I — с одним стропом;

II — с двумя стропами;

III — с одним стропом и двумя карабинами;

IV — с одним стропом и удлинителем с тремя ушками.

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ МОНТЕРСКИЕ ПОЯСА ДЛЯ ВЛ

Номер пояса	1	2	3	4	5	6
Длина пояса, мм	1060	1160	1260	1210	1310	1410
Длина кушака, мм	800	800	800	950	950	950
Тип пояса			I	II	III	IV
Масса с капроновым стропом, кг	1,7			2,3	2,2	2,2
Масса со стропом из цепи, кг	2,6			4,1	3,1	3,1

Пояса выполняются шести номеров с карабинами трех видов: малым, средним и большим.

Кушак изготавливается из двухслойного полукапронового ремня, ремень для застегивания — из двух слоев кожи и слоя капроновой ленты.

Строп изготавливается из капроновой ленты или из цепи.

Монтерские когти предназначены для залезания и работы на деревянных опорах воздушных линий электропередачи с железобетонными приставками, а лазы — для залезания и работы на линиях с железобетонными опорами.

Когти состоят из серповидных силовых элементов с шипами и грузовых площадок с ремнями крепления к ногам.

Лазы состоят из Г-образных силовых элементов с шипами и грузовых площадок с ремнями.

Данные монтерских когтей и лазов приведены в табл. 4.10.

Т а б л и ц а 4.10

МОНТЕРСКИЕ КОГТИ И ЛАЗЫ

Номер когтей	1	2	3
Диаметр опоры, мм	140...245	220...315	300...415
Раствор когтя, мм	245	315	415
Подъем, мм	128	160	185
Размер подножки, мм:			
малой	230×115	230×115	230×115
большой	250×125	250×125	250×125
Масса, кг	3	3,2	3,6
Габаритные размеры лаза, мм		130×506×178	
Масса лаза, кг		3,78	

5. ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Измерительные приборы применяются тогда, когда нужно знать точное значение напряжения, тока или сопротивления, в основном при наладке и поисках неисправностей. Удобны для этих целей комбинированные приборы, которые являются малогабаритными и легкими и позволяют измерять величины напряжения, тока или сопротивления постоянному току (последнего с помощью встроенного элемента питания). Данные о нескольких таких приборах приведены в табл. 5.1.

Т а б л и ц а 5 . 1

ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Тип прибора	Пределы измерения					Габаритные размеры, мм	Основная погрешность, %	Масса, г
	напряжения, В		тока, мА		сопротивления			
	переменного	постоянного	переменного	постоянного				
Ц4352	0...900	0...900	1,5... 6000	1,5... 6000	0...200 Ом 0...300кОм	215× 115×9С	1,5	1500
ТЛ-4М	1...1000	1...1000	3...3000	0,1... 3000	0...300 Ом 0...300кОм	160× 114×60	4	850
Клещи токоизмерительные								
Ц4501	30...600		10...500А		2 кОм	230× 85×37	4	600

О других приборах см. [27]

Для примера рассмотрим комбинированный прибор Ц4352 применительно к его использованию в практической работе электрика. Рабочие климатические условия применения прибора: температура окружающего воздуха от +10 до +35 °С, относительная влажность воздуха до 80% при температуре +25 °С. Внутри корпуса прибора находятся элементы его электрической схемы. Слева на лицевой стороне корпуса находятся шкалы:

«V, A: ~0...30 -0...30»,

«кΩ, МΩ 0...3...∞», и стрелка.

Справа сверху находятся зажимы (гнезда) для наконечников проводов, входящих в комплект прибора:

общий «*», «-Ω», «-кΩ, -МΩ»,

внизу — клавиши переключателя рода работ: «~», «Ω», «кΩ», «МΩ», «-».

Справа в центре находится вращающийся переключатель диапазонов измерений: «V 0,3...900», «A 0,15...6», «mA 1,5...60», «Ω», «кΩ ×1, ×10, ×100», «МΩ».

Имеются кнопки проверки и выключения автоматической защиты прибора, рукоятки установки стрелки на нуль.


Подготовка прибора к работе и порядок работы


Для получения правильных результатов измерений и предупреждения выхода прибора из строя необходимо соблюдать правила:

1) выдерживать прибор не менее 2 ч в рабочих климатических условиях применения, если прибор длительное время находился в других условиях (например, принесен зимой из неотопляемого помещения);

2) проверить наличие элементов питания в камере прибора;

3) прибор установить в горизонтальное положение, а стрелку корректором на отметку «0»;

4) нажатием на кнопку «» включается автоматическая защита;

5) проконтролировать исправность элемента питания и работоспособность устройства защиты — при нажатии на кнопку «» должно сработать устройство автоматической защиты, после чего включить автоматическую защиту.

Схемы включения прибора при различных измерениях указаны на тыльной стороне прибора на крышке элементов питания.

В зависимости от вида измеряемой величины включается одна из клавиш переключателя рода работы «-», «~», «Ω», «кΩ», «МΩ».

Переключатель диапазонов измерений установить в одно из фиксированных положений, соответствующих предполагаемому значению измеряемой величины. Например, при измерении напряжения в сети освещения на приборе включается клавиша «~», переключатель диапазонов ставится в положение «300 В», так как предыдущее положение только «150 В». Провода с наконечниками, входящие в комплект прибора, присоединяются к зажимам «*» и «V, A, -кΩ, -МΩ» короткими наконечниками, а длинными наконечниками производится касание проводов цепи или гнезд розетки. На верхней шкале стрелка должна показать число 22. В любом случае предварительно нужно определить цену деления шкалы делением чи-

сла, на котором стоит указатель переключателя диапазонов, на полное число делений шкалы. В данном случае цена деления шкалы

$$300 \text{ В} : 30 = 10 \text{ В},$$

где 300 В — положение указателя переключателя диапазонов, 30 — полное число делений шкалы отсчета измеряемой величины.

Показание прибора

$$22 \times 10 \text{ В} = 220 \text{ В}.$$

Перед измерениями сопротивлений в диапазоне « Ω » ручкой с обозначением « Ω , $k\Omega$, $M\Omega$ » стрелка устанавливается на отметку «0» шкалы « Ω », а в диапазоне « $k\Omega$, $M\Omega$ » — на отметку «0» шкалы « $k\Omega$, $M\Omega$ », предварительно закоротив наконечники проводов, присоединенных к соответствующим зажимам прибора.

На рис. 5.1 показаны схемы присоединения приборов при измерении напряжения и тока.

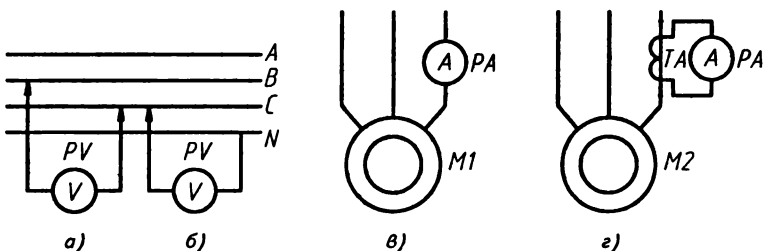


Рис. 5.1. Схемы присоединения приборов для измерения напряжения и тока.
Измерение напряжения:

- а) между линейными проводами — линейного; б) между проводами линейным и нулевым — фазного.

Измерение силы тока в проводе, подходящем к двигателю — силы линейного тока двигателя:

- в) непосредственным присоединением амперметра; г) присоединением амперметра с помощью трансформатора тока.

Если величина тока, измеряемого в цепи, больше предела измерения амперметра, то для измерения тока применяется трансформатор тока (рис. 5.1, г). В этом случае измеряемый ток

$$I_{\text{изм}} = I_{\text{п}} k_{\text{ТТ}},$$

где $I_{\text{изм}}$ — измеряемый ток, А, $I_{\text{п}}$ — ток, показанный амперметром, А, $k_{\text{ТТ}}$ — коэффициент трансформации трансформатора тока.

Согласно ПУЭ [31], вторичная обмотка трансформатора тока должна быть заземлена, а при рассоединении ее внешней цепи выводы обмотки должны быть замкнуты между собой, так как напряжение на выводах обмотки может быть опасно для человека.

Данные некоторых приборов для измерения сопротивления показаны в табл. 5.2.

Т а б л и ц а 5 . 2

П Р И Б О Р Ы Д Л Я И З М Е Р Е Н И Я С О П Р О Т И В Л Е Н И Я

Наименование прибора	Диапазон измерений		Выходное напряжение, В	Размеры, мм (независимо от модификации)	Вес, кг
	кОм	МОм			
Модификации мегаомметра:				без крышек 200×155×140	3,5
M4100/1	0...200	0...20	100 + 10	с крышками	
M4100/2	0...500	0...50	250 + 25	220×200×140	4,5
M4100/3	0...1000	0...100	500 + 50	с футлярами	
M4100/4	0...1000	0...200	1000 + 100	215×213×166	4,9
Омметр M57	0...5000 Ом		4,5	170×70×35	—

О других приборах см. [27]

Мегаомметр состоит из генератора постоянного тока с ручным приводом и измерительного прибора, заключенных в один корпус. Он применяется для измерения сопротивления постоянному току изоляции электрооборудования, проводов и кабелей.

Омметр работает на основе встроенного элемента питания и служит для измерения сравнительно небольших сопротивлений в омах. Он может применяться для проверки целости электрических цепей.

Для проверки цепей также может применяться щуп или пробник, состоящий из корпуса, в который помещается батарейка и лампочка. Для касания точек цепей прибор имеет штырь и провод.

Все измерения сопротивления производятся при снятом напряжении. Щуп также применяется при снятом напряжении.

Присоединив проводок щупа к нужной точке цепи и касаясь штырем других ее точек, можно проверить целость участков цепи.

Следует не забывать, что измерения сопротивлений в электроустановке нужно производить, сделав необходимые отклю-

чения напряжения, проверив его отсутствия перед присоединением прибора.

Схема измерения мегаомметром сопротивления изоляции электродвигателя показана на рис. 5.2, а. В данном случае применен мегаомметр М4100/3. На корпусе мегаомметра изображена схема присоединения проводов при измерении в мегаомах и килоомах. В случае измерения в килоомах между двумя левыми зажимами ставится перемычка, входящая в комплект проводов, один провод присоединяется к этой перемычке, а другой — к правому зажиму, и другие концы проводов присоединяются к измеряемому объекту.

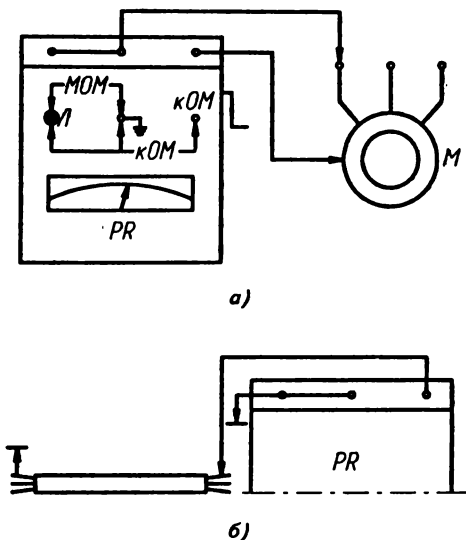


Рис. 5.2. Схема применения мегаомметра М4100/3:

- а) измерение сопротивления изоляции двигателя относительно его корпуса
- б) определение концов жилы кабеля.

При измерении в мегаомах провода присоединяются к двум левым зажимам.

В данном случае измерение производится в килоомах, электродвигатель отсоединен от сети. Его можно и не отсоединять, а только отключить выключатель. Обычно бывает удобней измерять сопротивление изоляции двигателя со стороны включающего устройства через кабель питания двигателя. Но в этом случае прибор учтет и сопротивление изоляции кабеля, а измеренное сопротивление изоляции будет меньше, чем со-

противление изоляции двигателя. Если оно не ниже допустимого, (500 кОм), то кабель можно не отсоединять, а если ниже, то электродвигатель нужно проверить отдельно.

С помощью мегаомметра можно проверить цельность каждой фазной обмотки двигателя и места их соединения, измерив сопротивление между началами фаз, если обмотки двигателя соединены в звезду. При соединении их треугольником концы и начала обмоток для этой проверки нужно рассоединять.

Так как на выходе мегаомметра при измерении высокое напряжение, то в это время нельзя прикасаться к неизолированным частям объекта измерения и проводов прибора.

Измеряемая сеть может зарядиться от мегаомметра во время измерения, поэтому после измерения ее нужно разряжать соединением проводником с зануленными (заземленными) частями электроустановки, соблюдая предосторожности.

На рис. 5.2, б показано определение концов жилы кабеля, в случае отсутствия расцветки, с помощью мегаомметра. Дальний конец жилы кабеля и один зажим прибора присоединяются к заземленным частям конструкций, а с помощью провода от другого зажима прибора производится поиск второго конца жилы кабеля.

Следует отметить еще некоторые особенности при работе с мегаомметром.

Мегаомметр вырабатывает высокое напряжение, и если в установке, где производится измерение, есть элементы, которые могут быть повреждены этим напряжением, например, конденсаторы, полупроводниковые приборы, то они должны быть отсоединены или закорочены проводом.

Не допускается пользование прибором загрязненным и покрытым влагой, так как это может исказить показания.

Перед измерением прибор должен быть проверен соединением концов его проводов при вращении рукоятки, при этом стрелка прибора должна показать «нуль», а при рассоединении проводов — «бесконечность».

Чтобы прибор дал нужное напряжение, его рукоятку нужно вращать с частотой не меньшей, чем указана на щитке со шкалой.

При измерении в разветвленной сети прибор может сначала показать малое сопротивление изоляции, пока сеть не зарядится от напряжения, вырабатываемого им, так как изоляция сети имеет емкость.

6. ИНСТРУМЕНТ ЭЛЕКТРИКА

Кроме инструмента с изолированными рукоятками, который относится к защитным средствам и должен быть с электриком всегда, электрику необходимо иметь другой инструмент, предназначенный для разных видов работ. Некоторые инструменты, которые могут потребоваться электрику при различных работах, приведены в табл. 6.1.

Т а б л и ц а 6 . 1

ИНСТРУМЕНТ ЭЛЕКТРИКА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ РАБОТ

Вид инструмента	Назначение инструмента	Литература
Нож монтерский складной НМ-3 или другого типа	Освобождение от изоляции концов проводов и зачистки их от пленки окислов, разделка концов кабелей и другие работы	—
Молоток слесарный	Забивание деталей крепления аппаратов, проводов и кабелей в нетвердые основания, для пробивания гнезд и отверстий с помощью других инструментов, работы с зубилом и т. д.	[25]
Зубило	Срубание гаек и винтов, не поддающихся откручиванию, пробивание борозд	[25]
Напильники	Обработка металлических поверхностей	[25]
Рашпили	Обработка деталей из пластмасс и твердой резины	[25]
Надфили	Чистка контактов аппаратов	[25]
Пробойники	Пробивка отверстий под дюбели при креплении аппаратов к бетонным и кирпичным стенам, пробивка отверстий в деталях из листового железа	
Шлямбуры	Пробивка отверстий под деревянные пробки, в которые могут ввинчиваться винты или вбиваться гвозди для крепления аппаратов и кабелей к стенам из кирпича и бетона, для пробивания сквозных отверстий в стенах из того же материала	
Сверла по дереву	Сверление отверстий в дереве и сходных по твердости материалах	

Инструменты для снятия изоляции с проводов и жил кабелей, для опрессования наконечников на концах проводов и жил кабелей представлены в табл. 6.2.

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОНЦОВ ПРОВОДОВ

Наименование инструмента	Площадь сечения проводов, мм ²	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Клещи ККСИ для снятия изоляции	0,75; 1; 1,5; 2,5	172×120×35	0,2
Клещи КК-1М для снятия изоляции, изгиба в кольцо и откусывания проводов	0,75; 1; 1,5	150×55×10	0,18
Инструменты для снятия изоляции:			
МБ-1МУ1	0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6	165×120×35	0,24
М-1У1	0,25; 0,35; 0,75; 1; 1,5	140×65×12	0,12
Ручной механический пресс РПМ-7м для опрессовывания наконечников:			
при однозубом вдавливании	95...240	650×120×75	5,3
при двузубом вдавливании	16...120		

Обработка труб требуется при ремонте и монтаже трубной проводки. Технические данные труборезов и трубогибов представлены в табл. 6.3.

Т а б л и ц а 6.3

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТРУБ

Наименование инструмента	Диаметр труб, мм	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Труборезы			
Для стальных труб	15...50	150×100×45	2,6
	6...22	160×50×28	0,4
Для медных труб	8 10 12	176×57×42	0,27
Трубогибы			
Универсальный	8 10 14	720×155×120	4,3
Рычажный ТРР-3	15 20 25	620×200×210	51,8
ТРТ-24	18 24	470×407×155	38,5

Поршневой монтажный пистолет ПЦ-84 предназначен для крепления к стенам различных конструкций и аппаратов. С его

помощью в различные кирпичные, бетонные и металлические основания забивают специальные крепежные гвозди — дюбели. В пистолете во время его работы пороховые газы из патрона, расширяясь, действуют на поршень, который разгоняется и ударяет в дюбель, находящийся в направителе, и дюбель забивается в основание. Число выстрелов пистолета в час 50, габаритные размеры — 385×65×132 мм, масса 3,6 кг. Пистолет исключает рикошет дюбеля и сквозной прострел основания, имеет низкий уровень звука выстрела. Он имеет блокировки, исключающие выстрел в воздух, выстрел при запертом пистолете, при деформации амортизаторов, при падении пистолета с высоты до 1,5 м. В пистолете используются специальные беспульные патроны с бездымным порохом.

Ручные сверлильные машины используются для сверления отверстий в металле, бетоне, кирпиче и камне, дереве и других материалах. Характеристики сверлильных машин приведены в табл. 6.4.

Т а б л и ц а 6 . 4

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ РУЧНЫХ СВЕРЛИЛЬНЫХ МАШИН

Тип машины	Диаметр сверления, мм	Частота вращения шпинделя, об/с	Мощность двигателя, кВт	Масса, кг
Машины II класса защиты с двойной изоляцией, 220 В, 50 Гц				
ИЭ-1020	6	43	0,12	1,85
ИЭ-1019А	9	17	0,34	2
ИЭ-1202	9/6	16/33	0,42	1,85
ИЭ-1022В	14	12	0,4	2,8
Машины III класса защиты с повышенной частотой тока, 36 В, 200 Гц				
ИЭ-1025А	6	21	0,21	1,6
ИЭ-1203	14/9	9/13	0,365	4
ИЭ-1009А	9	50	0,12	1,6
ИЭ-1029	25	63	1,07	6,7

Электроперфораторы применяются для вырубки борозд и пробивки отверстий в кирпиче и бетоне, забивки дюбелей, сверления отверстий, закручивания винтов и шурупов и могут работать в режимах: ударном, ударно-вращательном, вращательном — табл. 6.5.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
РУЧНЫХ ЭЛЕКТРОПЕРФОРАТОРОВ

Показатели	ИЭ-4712	ИЭ-4713
Напряжение, В	220	220
Мощность электродвигателя, Вт	350	350
Частота ударов за 1 с	40	40
Энергия удара, Дж	2	1
Диаметр бурения, мм	16	12
Глубина бурения, мм	150	100
Размеры габаритные, мм	520×195×75	420×155×75
Масса, кг	4,5	3,5

7. ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЩИТНЫМИ СРЕДСТВАМИ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ И ИНСТРУМЕНТАМИ

Защитные средства при хранении, перевозке и переноске должны быть защищены от механических повреждений, увлажнения и загрязнения. Защитные средства из резины должны храниться в специальных закрытых местах, например, шкафах, отдельно от инструментов. Они должны быть защищены от разрушительного воздействия масел, бензина и других веществ, от солнечных лучей и нагревательных приборов, температура в месте хранения должна быть в пределах $0...+2$ °С.

Указатели напряжения и измерительные приборы должны храниться в футлярах.

Все защитные средства при приемке в эксплуатацию должны быть испытаны независимо от заводского испытания, должны подвергаться периодическим контрольным осмотрам, электрическим и механическим испытаниям в сроки и по нормам, предусмотренным Правилами [30].

На защитные средства, прошедшие испытания, кроме инструмента с изолированными рукоятками, должен ставиться штамп, где указывается напряжение, в пределах которого данное средство годно, срок годности до следующего испытания, название лаборатории.

На защитных средствах, которые признаны негодными, штамп перечеркивается крест накрест красной краской.

Все защитные средства рассчитаны на использование их в закрытом помещении или в наружных установках в сухую погоду, поэтому использование их в сырую погоду запрещается.

Перед каждым использованием защитным средством необходимо проверить его исправность, обтереть от пыли, резиновые перчатки должны быть проверены на отсутствие прокола.

Пользование защитными средствами, срок испытания которых истек, запрещается.

Измерения переносными приборами должны производиться двумя лицами, причем одно из них должно иметь квалификационную группу не ниже 4, другое — не ниже 3.

Измерения на опорах ВЛ до 1000 В может производить одно лицо при наличии другого лица внизу, стоя на когтях

(лазах) и привязавшись к опоре стропом пояса. Производить измерения на ВЛ, стоя на лестнице, запрещается.

Проведение измерений на ВЛ с опор, имеющих заземляющие спуски, запрещается.

Электроинструмент должен быстро включаться и отключаться от сети, быть безопасным в работе.

Напряжение электроинструмента должно быть:

не выше 220 В в помещениях без повышенной опасности;

не выше 36 В в помещениях с повышенной опасностью и вне помещений.

При этом допускается применение электроинструмента до 220 В при наличии устройства защитного отключения или заземления корпуса инструмента с обязательным использованием защитных средств (диэлектрических перчаток, галош, ковриков).

В особо опасных помещениях и в стесненных условиях (котлах, баках) разрешается применение электроинструмента на напряжение не выше 36 В с обязательным применением защитных средств.

Корпус электроинструмента на напряжение выше 36 В должен иметь специальный зажим для присоединения заземляющего провода с отличительным знаком «Земля».

Электроинструмент с двойной изоляцией заземления не требует.

8. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

При обслуживании и ремонте электрооборудования применяются различные материалы. Материалом, который должен быть у электрика всегда, является изоляционная лента.

Познакомимся с некоторыми изоляционными лентами.

Лента изоляционная поливинилхлоридная липкая марки ПВХ, изготавливается на основе светотермостойкого изоляционного пластиката, на одну сторону которого нанесен липкий состав. Выпускается лента в основном светло-синего цвета, но может выпускаться и других цветов.

До появления лент марки ЛЭТСАР она являлась основной изоляционной лентой.

ЛЭТСАР — лента электроизоляционная термостойкая самослипающаяся резиновая. Выпускается двух марок и двух сечений, марки различаются цветом и термостойкостью, марка К — красного цвета, марка Б — белого цвета. Между слоями ленты в ролике проложена полиэтиленовая лента марки Нт для предотвращения самослипания слоев ленты ЛЭТСАР. Лента имеет хорошую электрическую прочность, тепло-, влаго-, и водостойка, стойка к действию озона и ультрафиолетовых лучей, масел и химических реактивов. Лента способна слипаться в монолит без предварительного подогрева.

Лента электроизоляционная прорезиненная липкая представляет собой хлопчатобумажную ткань, на поверхность которой нанесена липкая резиновая смесь.

Лента марки ЛХМ-105 электроизоляционная лакотканевая — лакоткань хлопчатобумажная, пропитанная масляным лаком, для длительной работы при температуре 105 °С.

Лента хлопчатобумажная для электропромышленности изготавливается из хлопчатобумажной пряжи или полиэфирных нитей. Для электромонтажных работ применяется в основном киперная лента из хлопчатобумажной пряжи с обозначением К.

Сведения о некоторых лентах приведены в табл. 8.1.

Полихлорвиниловые трубки могут заменять изоляционную ленту для защиты отдельных проводов или жгутов проводов при их вводе в корпуса аппаратов, двигателей, в металлические трубы.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ЛЕНТ

Лента	Толщина, мм	Ширина, мм	Наружный диаметр ролика, мм	Длина ленты в ролике, м	Электрическая прочность при 50 Гц, кВ/мм	Температура при эксплуатации в статическом состоянии, °С	Горючесть
ПВХ	0,2	15; 20; 30; 40	100	4	13	-50...+50	Самозатухает
	0,3	20; 30; 50					
	0,4	30					
ЛЭТСАР	0,1; 0,2	26; 29; 38; 48	150	4,5	20	-50...+250	Горит
ЛХМ-10	0,15; 0,17; 0,2	25; 30	40	1	7,5	-40...+105	Горит

Размеры некоторых трубок приведены в табл. 8.2.

Т а б л и ц а 8.2

РАЗМЕРЫ ПОЛИХЛОРВИНИЛОВЫХ ТРУБОК

Тип	Внутренний диаметр, мм	Вес 1 пог. м, кг	Тип	Внутренний диаметр, мм	Вес 1 пог. м, кг
ХВТ-5	5	0,021	ХВТ-14	14	0,072
ХВТ-6	6	0,025	ХВТ-16	16	0,076
ХВТ-8	8	0,036	ХВТ-18	18	0,084
ХВТ-10	10	0,050	ХВТ-20	20	0,090
ХВТ-12	12	0,062			

Клеи могут потребоваться при ремонте разбитых пластмассовых корпусов аппаратов и приборов, для приклеивания выпавших стекол в измерительных приборах и в других случаях.

Сведения о клеях приведены в табл. 8.3.

В табл. 8.4 и 8.5 представлены сведения о припоях и флюсах для пайки.

Для подшипников электродвигателей необходим запас тугоплавкой смазки, например 1-13 (универсальная тугоплавкая водостойкая УТВ), ЦИАТИМ-203.

НАЗНАЧЕНИЕ КЛЕЕВ

Клей	Склеиваемые материалы								
	Пласт-масса	Стекло	Кера-мика	Металл	Дерево	Картон	Кожа	Резина	Ткань
ПВА	-	+	-	-	+	+	+	-	+
«Момент»	-	+	+	+	+	-	+	+	-
Эпоксидный	-	+	+	+	+	-	-	-	-
БФ-2, БФ-4	+	+	+	+	+	-	+	-	-
БФ-6	-	-	-	-	-	-	-	-	+
88Н	Резина и металл								
«Марс»	-	-	+	-	+	+	+	-	-

Примечание: знак «+» означает, что клей склеивает данный материал.

ЛЕГКОПЛАВКИЕ ПРИПОИ

Марка	Температура плавления, °С	Область применения
ПОС61	190	Пайка тонких (0,05...0,08 мм) обмоточных проводов, выводов обмоток, радиоэлементов, монтажных проводов в полихлорвиниловой изоляции, и в тех случаях, когда требуется повышенная механическая прочность и электропроводность
ПОС50	222	То же, но когда допускается более высокий нагрев
ПОС40	235	Лужение и пайка токопроводящих деталей, наконечников, соединений проводов с лепестками выводов
ПОС30	256	Лужение и пайка механических деталей из меди и стали
ПОС18	277	То же, пайка при пониженных требованиях к прочности шва
ПОСК50	145	Пайка полупроводниковых приборов
ПОСВ33	130	Пайка плавких предохранителей

НЕАКТИВНЫЕ ФЛЮСЫ

Состав, %	Область применения	Способ удаления остатков
Канифоль (100)	Пайка меди, латуни, бронзы легкоплавкими припоями	Промывка тампоном, смоченным в ацетоне
Канифоль (15), спирт этиловый (85)	То же и пайка в труднодоступных местах	
Канифоль (6), глицерин (14), спирт этиловый или денатурированный (80)	То же, при повышенных требованиях к герметичности паяного соединения	

9. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Классы пожароопасных зон и степени защиты применяемого в них электрооборудования приведены в гл. 1.

Загорания в пожароопасных зонах возможны при нарушении приведенных там рекомендаций, а также в процессе эксплуатации при различных нарушениях правил и небрежности.

При эксплуатации оборудования его надежность может ухудшаться, что приводит к снижению пожарной безопасности. Ухудшение надежности электрооборудования возможно из-за механических воздействий на него и увеличения нагрева токоведущих частей и корпусов.

Кроме механических нарушений корпусов электрооборудования, возможно нарушение его степени защиты из-за действий персонала по неграмотности и небрежности. Например, оставленный без крышки аппарат или электродвигатель без крышки на коробке зажимов не являются пожаробезопасными, если они были такими до этого.

Первоначальной причиной нагрева токоведущих частей или корпусов электрооборудования является большой ток или повышение сопротивления в цепях. Большой ток может быть вызван коротким замыканием в цепях за данным аппаратом или увеличением тока нагрузки. Неотключенный ток короткого замыкания может вызвать перегорание токоведущих частей внутри аппарата, замыкание между фазами и на корпус аппарата, что может вызвать большой нагрев корпуса аппарата или его выгорание с опасностью пожара. Ток нагрузки для данного аппарата может быть большим тогда, когда он выбран неправильно для данного тока.

Ток короткого замыкания, проходящий через заземляющие проводники, может вызвать искрение в ненадежных зажимах или перегорание проводников, что также является пожарной опасностью.

Источником нагрева могут быть слабые зажимы в токоведущих частях или заземляющих проводниках. Детали слабого зажима нагреваются и окисляются, что еще больше увеличивает сопротивление и нагрев.

Если не принять мер, то зажим может перегореть, что может вызвать замыкание между фазами и на корпус аппарата и может привести к выгоранию корпуса.

Нагрев присоединительных зажимов аппарата может быть

из-за того, что применены провода меньшего сечения, чем нужно, которые, нагреваясь, нагревают сам зажим. Причина может быть также в неправильно или небрежно выполненном зажиме. О правильном выполнении зажимов сказано в п. 2.9.9. Нагрев концов проводов может быть также в месте контакта провода с наконечником и при нормальной величине тока. В таком случае опрессовка наконечника не помогает, и наконечник нужно отрезать от провода и ставить другой, а если его нет, то временно провод можно присоединять без наконечника, согнув кольцом, что будет надежнее, чем с нагревающимся наконечником.

Увеличение сопротивления в зажимах заземляющих проводников ведет не только к повышению напряжения прикосновения, но и к пожарной опасности из-за нагрева зажима и его искрения.

Следует учитывать возможность перегрева аппаратов и от нагрева рабочих контактов и мест их крепления из-за повышения сопротивления в месте касания контактов. Это сопротивление может быть повышено при неплотном касании контактов и, как следствие, от их окисления (п. 2.9.9).

От нагрева может быть перегорание и замыкание не только токоведущих частей, но частичное или полное сгорание пластмассовых деталей и корпусов аппаратов, что может привести к пожару.

Обеспечить надежность электрооборудования и связанную с ней пожарную безопасность можно только при грамотном обслуживании электрооборудования.

Как правило, после пожара его причиной считается электрооборудование и электропроводка. Исходя из вышеизложенного, вероятность такой причины есть, но после пожара бывает трудно найти доказательства. Их приходится искать инспектору пожарного надзора в присутствии лица, ответственного за электрохозяйство, и персонала, обслуживающего данную электроустановку.

Есть и бесспорные случаи загорания в электроустановках и проводке помещений.

Загораются провода в пульте управления теплогенератора, если этот пульт близко расположен к топке. Причиной является перегрев проводов, особенно при наличии утечек топлива. Загоранию может способствовать и розжиг с помощью факела, когда не работает автоматических розжиг топки.

Может быть загорание у электрокалорифера, если случайно перекрыт доступ воздуха к ТЭНам или при отказе вентилятора, прогоняющего этот воздух через калорифер, когда ТЭНы не отключились, например, при сваривании контактов пускателя.

Бывают загорания в сельских деревянных домах. Причина в том, что проводка бывает сделана малограмотными людьми и при отсутствии нужных материалов. При этом могут быть скрутки проводов в отверстиях стен, за щитком счетчика и в других скрытых местах, и эти скрутки со временем загораются. Проводка вообще может быть закрыта плитами утеплителя, которые прижимаются вплотную к щитку счетчика, розеткам, что затрудняет теплоотвод и увеличивает вероятность загорания.

В любых квартирах может быть загорание от перегреющихся розеток, электронагревательных приборов, расположенных у сгораемых предметов, от загорания оставленных без присмотра телевизоров и т. д.

10. УЧЕТ И ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Общие сведения

Учет электроэнергии имеет несколько назначений:

1) расчет за электроэнергию с энергоснабжающей организацией;

2) контроль расхода активной энергии в отдельных цехах и на объектах;

3) определение количества реактивной мощности, полученной потребителем от энергоснабжающей организации, когда по этим данным производятся расчеты или контроль соблюдения заданного режима работы компенсационных устройств предприятия (имеются в виду устройства, улучшающие коэффициент мощности);

4) составление электробалансов по предприятиям и по наиболее энергоемким установкам и цехам для анализа использования электроэнергии;

5) расчет с потребителями, получающими электроэнергию от подстанций предприятия.

Расчетный учет осуществляется расчетными счетчиками и применяется для денежных расчетов за электроэнергию.

Технический учет — учет электроэнергии по цехам и отдельным установкам для составления энергобаланса, расчета удельного расхода электроэнергии на производимую продукцию.

Оплата электроэнергии может производиться по одноставочному и двуставочному тарифу.

По одноставочному тарифу оплачивается электроэнергия, расходуемая промышленными и приравненными к ним предприятиями с присоединенной мощностью до 750 кВА, по двуставочному тарифу — потребителями с присоединенной мощностью 750 кВА и более.

Одноставочный тариф состоит из платы за 1 кВт·ч отпущенной активной энергии, учтенной счетчиками, двуставочный — из годовой платы за 1 кВт·ч заявленной потребителем максимальной мощности, участвующей в максимальной нагрузке энергосистемы, и платы за 1 кВт·ч отпущенной потребителю активной энергии, учтенной счетчиками.

Надбавка или скидка к тарифу на электроэнергию для

потребителей с присоединенной мощностью 750 кВА и выше состоит из двух составляющих:

1) надбавка за повышение потребителем реактивной мощности по сравнению с заданной энергоснабжающей организацией в часы максимума активной нагрузки энергосистемы;

2) скидка или надбавка за отклонение режима работы компенсирующих устройств от заданного, оцениваемое отклонением фактически потребляемой реактивной мощности от заданного энергоснабжающей организацией оптимального значения в часы минимума активной нагрузки энергосистемы.

Счетчики

Для учета энергии служат счетчики активной энергии и для учета реактивной мощности — счетчики реактивной мощности.

Счетчики могут предназначаться для двухпроводных однофазных сетей, трехпроводных трехфазных сетей без нулевого провода и четырехпроводных трехфазных сетей с нулевым проводом.

Данные некоторых счетчиков приведены в табл. 10.1.

Т а б л и ц а 10.1

ДАННЫЕ НЕКОТОРЫХ СЧЕТЧИКОВ

Тип счетчика	Класс точности	Подключение	Номинальный ток, А	Номинальное напряжение, В
Счетчики активной энергии однофазные				
СО-И446	2,5	Непосредственно	10...30	127...220
СО-5У	2,5	Непосредственно	10...30	220
Счетчики активной энергии трехфазные				
СА3-И681	1	Через трансформатор тока	Первичный 10...10 000 Вторичный 5	220, 380
СА4-И682	1	Через трансформатор тока	Первичный 10...10 000 Вторичный 5	220, 380
СА4-И672Д	2	Непосредственно	5, 10	220, 380
		Через трансформатор тока	Первичный 20...1500 Вторичный 5	220, 380
Счетчики реактивной мощности				
СР-И673Д	3	Непосредственно	5, 10	220, 380
	2	Через трансформатор тока	Первичный 20...2000 Вторичный 1,5; 5	220, 380

Счетчики для однофазных сетей, или однофазные счетчики применяются в основном на вводах в индивидуальные дома или в квартиры в многоквартирных домах. Схема счетчика показана на рис. 10.1.

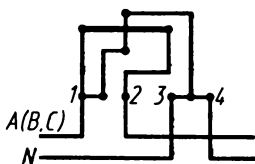


Рис. 10.1. Схема включения однофазного счетчика.

Измерительная система счетчика содержит токовую обмотку, показанную толстой линией, и обмотку напряжения, показанную тонкой линией. По токовой обмотке проходит потребляемый ток, а обмотка напряжения подключается на напряжение между проводами сети. На счетчике имеются зажимы для присоединения проводов, идущих от сети питания, и проводов в сеть потребителя. Обычно фазный провод присоединяется к зажиму 1, тогда нулевой должен присоединяться только к зажиму 3 (или 4), а не 2, потому что в последнем случае токовая обмотка окажется под напряжением, на которое она не рассчитана, и выйдет из строя. Тогда получается назначение зажимов: вход — 1 и 3, выход — 2 и 4. На счетчике под стеклом на панели имеется прорезь для цифр счетного механизма и надписи о данных счетчика, например, счетчик однофазный СО-И446, 220 В, 5...17 А, год изготовления, заводской номер.

Трехфазные счетчики применяются в электроустановках, где используется трехфазный ток, а также на вводе установок, где используется однофазный ток, но подводятся три фазы, например, в жилых домах и учреждениях. Обычно трехфазные счетчики не могут пропустить ток, потребляемый установкой, поэтому они применяются с трансформаторами тока. На рис. 10.2 показана схема счетчика, предназначенного для включения с трансформаторами тока в четырехпроводную сеть. Как видно из схемы, токовые обмотки счетчика присоединяются ко вторичным обмоткам трансформатора тока через зажимы 1 и 3, 4 и 6, 7 и 9. Зажимы 1, 4, 7 присоединяются к фазам и к первым концам обмоток напряжения, вторые концы которых соединены вместе и присоединяются к нулевому проводу.

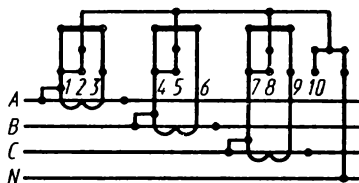


Рис. 10.2. Схема включения трехфазного счетчика.

Могут быть трехфазные счетчики для непосредственного включения, а также счетчики для включения с трансформаторами напряжения. Счетчики непосредственного включения изготавливаются на ток 5, 10, 20, 30, 50 А, а счетчики с трансформаторами тока, у которых первичный ток может быть различной величины в пределах от 10 до 10 000 А, вторичный ток — 5 А, изготавливаются на ток 5 А.

Определение расхода электроэнергии за данный промежуток времени производится при счетчиках без трансформаторов тока вычитанием начального показания счетчика из конечного показания за данный промежуток времени;

при счетчиках с трансформаторами тока — умножением этой разницы на коэффициент трансформации трансформатора тока, что можно представить формулами:

$$\mathcal{E} = \Pi_K - \Pi_H$$

и

$$\mathcal{E} = (\Pi_K - \Pi_H) \cdot K_T,$$

где \mathcal{E} — расход энергии, кВт · ч, Π_K , Π_H — конечное и начальное показание счетчика, K_T — коэффициент трансформации трансформатора тока.

Однофазные счетчики для квартир устанавливаются на специальных квартирных щитках, содержащих устройства защиты — предохранители или автоматические выключатели. Они выполняют роль защиты счетчиков и отходящих цепей и роль отключающих устройств для счетчиков на случай их ремонта или замены, как требует ПУЭ. Следует учитывать, что на практике устройства защиты бывают установлены за счетчиками, если смотреть по ходу энергии, чтобы ограничить доступ к счетчикам.

В многоквартирных домах счетчики могут устанавливаться в общих запираемых этажных щитах на лестничных площадках.

Условия надежной работы счетчиков

Устройства, содержащие счетчики, должны устанавливаться в сухих помещениях, не содержащих агрессивных примесей в воздухе, с температурой в зимнее время не ниже 0 °С. Счетчики не разрешается устанавливать в помещения, где температура часто может быть выше +40 °С. В зимнее время разрешается подогрев счетчиков электрическими нагревателями, но так, чтобы температура у счетчиков была не выше +20 °С.

Осмотр и ремонт счетчиков допускается производить лицам и организациям, уполномоченным на это. Некоторые отказы счетчиков приведены в табл. 10.2.

Т а б л и ц а 10.2

ОТКАЗЫ СЧЕТЧИКОВ

Отказ	Причина	Устранение
Не вращается счетный механизм	1. Диск зажимается выдавленным стеклом счетчика 2. Нарушение контактов в зажимах присоединения счетчика	Приклеить стекло, сняв крышку корпуса Переделать зажимы
Механизм вращается при отсутствии нагрузки — самоход счетчика	Неисправности внутри счетчика	Счетчик сдать в ремонт
Диск вращается с перерывами, треск внутри счетчика	Окисление слабых зажимов присоединения проводов к счетчику	Зачистить зажимы на счетчике или переделать зажимы, откусив плоскогубцами окисленные концы проводов
Сгорание изоляции катушек счетчика	1. Перегрузка счетчика 2. Неправильное присоединение проводов к счетчику 3. Перенапряжения, в том числе грозовые	Счетчик сдается в ремонт

Основные направления экономии электроэнергии

Электроэнергия используется во всех областях жизнедеятельности человека, и ее экономия возможна во всех этих областях.

Простейшие мероприятия по экономии электроэнергии

должны подсказываться сознанием человека там, где он находится, например, выключить освещение или другие приемники энергии, где их работа в данное время не нужна.

Возможна экономия не прямым воздействием на приемники энергии, а косвенными мерами. Большое значение для экономии топлива и электроэнергии имеет утепление жилищ и мест работы человека, так как при этом экономится расход тепла, а значит, и топлива, которое используется для выработки большей части электроэнергии, и экономится электроэнергия непосредственно, так как при понижении температуры стараются применить разные электронагреватели. Как известно, для поддержания нормальной температуры в помещении не обязательно его отапливать, а достаточно ограничить теплоотвод так, чтобы сохранялось тепло, выделяемое различными электрическими приборами, например, лампочками, холодильниками, телевизорами и т. д. и телом человека. Утепление помещений должно начинаться при строительстве путем уплотнения стыков панелей и установки теплоизолирующих прокладок в стенах, уплотнения окон и дверей, и продолжаться людьми, живущими в помещениях. Результаты в этом деле получаются всегда ощутимые, например, в мире имеются дома, не требующие специального отопления в условиях Севера.

Большое количество электроэнергии используется для освещения производственных помещений и улиц. В данном случае экономии энергии способствует побелка или покраска в светлые тона помещений и наружных стен домов. Светлые поверхности, отражая свет, выполняет роль светильников, и того же эффекта освещения можно достичь при меньшей мощности светильников.

Часто можно видеть, как уличное освещение включено днем, закипевшая вода в электронагревателе продолжает кипеть, когда это не нужно. В таких случаях нужно применять простейшие схемы автоматизации, которые будут способствовать экономии энергии и увеличению срока службы ламп, нагревательных элементов и других приборов.

Экономии энергии служит технологическая революция, потому что ее задачей является уменьшение материалоемкости и энергоемкости продукции при ее производстве, хранении, транспортировке и использовании на основе научно-технического прогресса. Основным направлением научно-технического прогресса является применение ЭВМ при проектировании, производстве продукции, контроле качества, хранении и сбыте.

11. ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Общие сведения

После наладки и пуска в работу начинается период эксплуатации электрооборудования. В этот период на каждое изделие начинаются воздействия, связанные с его работой в системе элементов и устройств, с которыми оно взаимодействует. Степень воздействий зависит от качества напряжения питания, от качества других элементов, с которыми данное изделие связано электрически или механически. Например, электродвигатель могут вывести из строя несимметричное трехфазное напряжение питания, заклиненная машина, которая им приводится во вращение, и т. д. Неблагоприятные условия внешней среды влияют на состояние изоляции, состояние токоведущих частей и несущих деталей.

Могут быть различные механические воздействия, нарушающие надежность электрооборудования.

Для сохранения надежности работающего электрооборудования необходимо его обязательное обслуживание специальным персоналом. Обслуживание включает технические осмотры, технические уходы, различные виды ремонтов. Для всех этих мероприятий составляются графики их проведения. Но недостатком графиков является то, что они могут быть только на бумаге, потому что различные непредвиденные ситуации при обслуживании оборудования могут нарушить график.

Действенным методом для сохранения надежности электрооборудования является получение информации о его работе в любой момент и действия в соответствии с этой информацией. Средством получения информации является осмотр электрооборудования.

Осмотр электрооборудования

Большое значение в предупреждении отказов оборудования имеет осмотр его грамотным специалистом с целью выявления необходимости ремонта. Осмотр при отказе оборудования производится с учетом имеющихся признаков. Например, при появлении признаков ненормальной работы электродвига-

теля — нагрев, ненормальный шум — нужно проверить всю цепь питания, включая его зажимы, и если все исправно, то проверить механические детали двигателя и приводимой им машины.

При нечеткой работе автоматики нужно проверить всю систему автоматического регулирования данного объекта.

Осмотр цепи питания оборудования производится после присоединения к этой цепи новых электроприемников, после коротких замыканий и загораний и т. д.

Осмотр обязателен после длительных перерывов в работе электрооборудования, перед его включением в работу.

При осмотре записываются сведения о необходимой замене аппаратов или их деталей, о необходимости сушки электродвигателей, при этом осмотр сопровождается измерением сопротивления изоляции.

После осмотра подготавливается все необходимое для замены и ремонта электрооборудования и производится его ремонт.

Устранение видимых неисправностей

Отказы могут быть обусловлены видимыми и невидимыми неисправностями. Видимые неисправности выявляются во время осмотра электрооборудования. Такими неисправностями обычно являются нагрев зажимов аппаратов и зажимов присоединения электрических машин, нагрев мест касания ножей и контактных стоек в рубильниках, нагрев контактов аппаратов. Этот нагрев может сопровождаться обугливанием пластмассовых корпусов и изоляции проводов, пробоем изоляции.

В электронных устройствах обычно сгорают детали из-за малой их надежности или большого тока в цепи.

Видимые неисправности устранить не сложно, но нужно выяснить их причины, так как эти причины могут привести к неисправностям и отказам и после ремонта.

При устранении нагрева зажимов обычно не приносит пользы подтягивание их гаек, так как нагрев происходит из-за большого сопротивления при окислении деталей. Зажим нужно разбирать и производить чистку от окислов его деталей. Причем, если зажим находится на болте или шпильке, то окисляется и другой конец болта или шпильки, и если на другом конце есть соединение с токоведущей частью, то нужно разбирать все соединения на болте или шпильке.

При нагреве зажима в рубильнике обычно окисляется нож

и контактная стойка, и переделка зажима не поможет, поэтому нужно менять все окисленные детали.

То же может быть и при окислении контактных групп и в аппаратах другой конструкции.

При нагреве зажимов или неподвижных контактов в автомате обычно выгорают места крепления деталей в пластмассе, поэтому автомат нужно менять. Если у автомата выгорела одна фаза, то его можно использовать в двухфазных цепях.

Поиск и устранение невидимых неисправностей

Часто причины неисправностей различных устройств и систем являются невидимыми, и нужно начинать с их поиска. Поиск причин можно начать с разборки устройств и проверки всех деталей, соединительных линий и т. д., но это потребует затраты большого количества времени и сил, и может быть бесполезно. Поэтому в таких случаях применяется логический подход в поиске неисправностей, основанный на рассуждениях. Этот подход требует определенной квалификации персонала. Квалификацию нужно понимать в широком смысле, учитывая общую культуру человека, его психическую устойчивость, знания в технике и по специальности, опыт предыдущей работы. Необходимы знания устройства и принципа работы установки или системы.

Так как нельзя держать в уме сведения о работе всех установок и устройств, то нужно пользоваться инструкциями по их эксплуатации.

О взаимосвязи различных устройств в установке, различных элементов в устройстве дают представление различные схемы, прилагаемые к инструкции. Может быть несколько схем одной и той же установки. Чтобы знать, какой схемой пользоваться данным случае, рассмотрим, какие схемы существуют.

По виду применяемой энергии в установке, которую отображает схема, схемы могут быть электрические, пневматические, гидравлические, смешанные и другие. Мы будем рассматривать только электрические схемы.

Типы электрических схем

Приведем некоторые понятия для определения составных частей изделий и установок.

Элемент — часть изделия, которая не может быть разде-

лена на части, имеющие определенное функциональное значение (резистор, конденсатор, микросхема, катушка, контакт и т. д.).

Устройство — совокупность элементов, представляющих единую конструкцию (плата, блок, шкаф и т. д.).

Функциональная группа — совокупность элементов, не объединенных в единую конструкцию, но выполняющих в изделии определенную функцию (цепи управления, цепи автоматики).

Функциональная часть — любая из рассмотренных частей, если она выполняет в изделии определенные функции.

Структурная схема содержит самые общие сведения об изделии, где показаны его функциональные части, их назначение и взаимосвязь. Структурная схема применяется при проектировании изделия, а также может применяться для уяснения принципа действия устройства.

Примером структурной схемы может служить схема лабораторного термостата для воды на рис. 11.1, принципиальная схема которого показана на рис. 11.2.

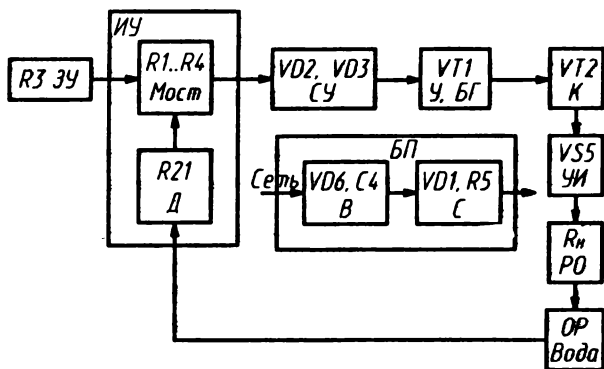


Рис. 11.1. Структурная схема лабораторного термостата:

ЗУ — задающее устройство, Д — датчик, ИУ — измерительное устройство, СУ — суммирующее устройство, У, БГ — усилитель и блокинг-генератор, К — ключ, УИ — устройство исполнительное, РО — рабочий орган, ОР — объект регулирования, БП — блок питания, В — выпрямитель, С — стабилизатор.

Функциональные части изделия показаны прямоугольниками, внутри которых указаны названия этих частей. Прямоугольники расположены в порядке передачи сигнала между частями, направление сигнала показано стрелками. Источник

питания, состоящий из выпрямителя и стабилизатора, показан отдельно.

Принципиальная схема содержит все элементы устройства и все связи между ними. Элементы обозначены согласно принятым условным обозначениям (прил. 1). Принципиальные схемы используются при детальном изучении устройства, при его настройке, наладке и поисках неисправностей. Но принципиальные схемы не всегда удобны для изучения работы сложного устройства, потому что не дают возможности выделить отдельные функциональные группы и связь между ними, т. е. они являются излишне подробными.

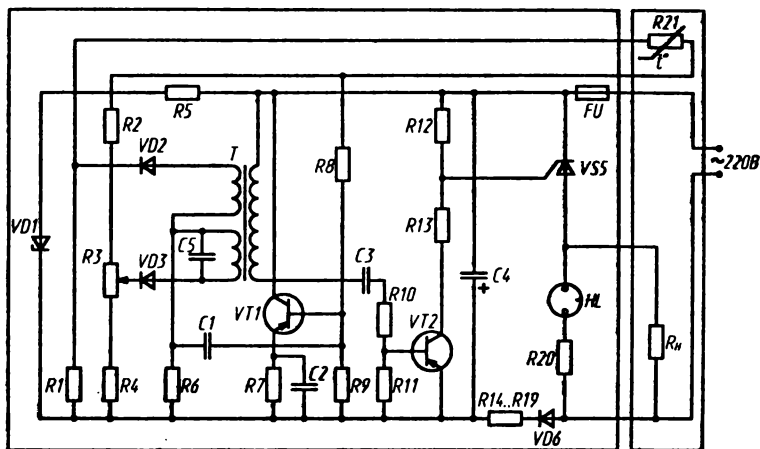


Рис. 11.2. Принципиальная схема лабораторного термостата (типономиналы элементов схемы приведены в прил. 5).

Функциональные схемы занимают промежуточное положение между структурными и принципиальными схемами и совмещают в себе их особенности. В этих схемах части устройств, которые можно рассматривать как единое целое, обозначают прямоугольниками, а усилители могут изображаться в виде треугольников. Элементы, необходимые для уяснения работы схемы, изображаются как на принципиальной схеме.

Примером функциональной схемы является схема системы управления серии САУНА погружными насосами для воды, показанная на рис. 11.3, а, принципиальная схема этой системы показана на рис. 11.3, б.

Блок логики получает сигнал при местном включении на-

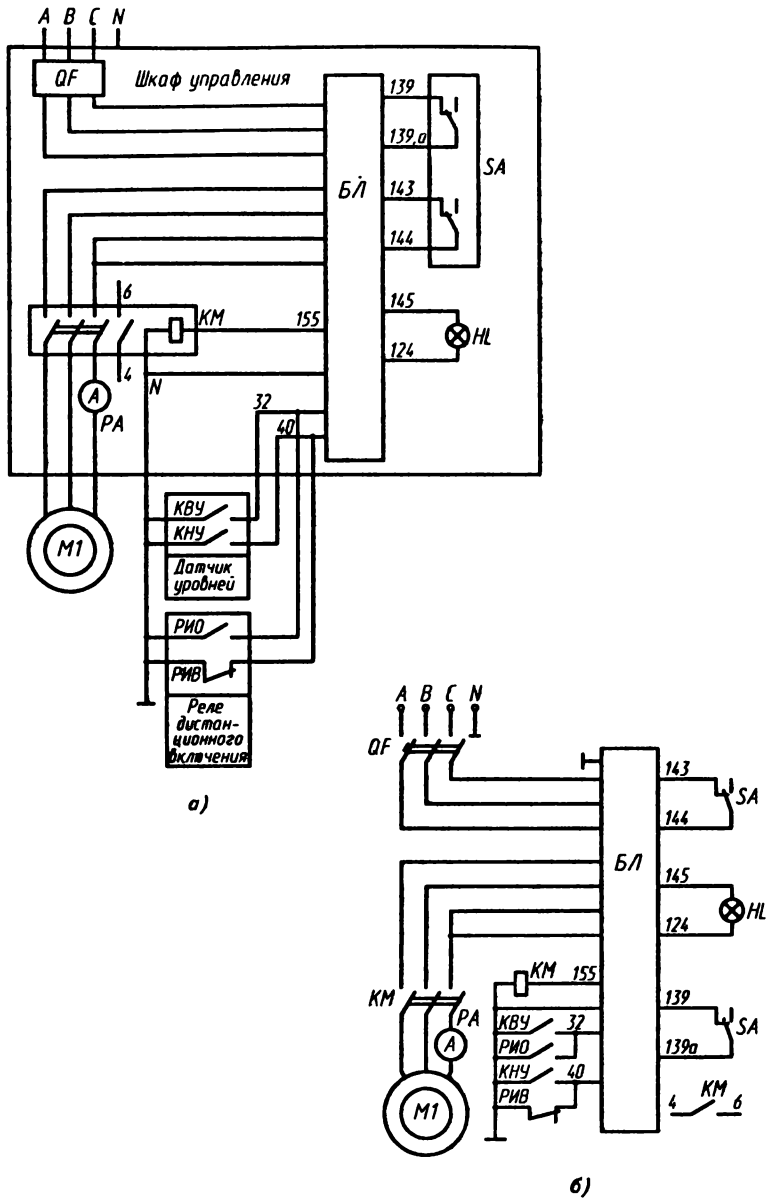


Рис. 11.3. Схемы системы управления погружным насосом:
 а) функциональная; б) принципиальная (перечень элементов схемы
 приведен в прил. 5).

C. 313

соса от тумблера, при автоматическом включении насоса — от датчика уровня, при дистанционном включении — от реле РИВ и РИО.

В данном случае для понимания принципа работы системы не нужно знать принципиальную схему блока логики и автоматического выключателя, поэтому они обозначены прямоугольниками. Кроме того, как функциональные части системы в прямоугольники заключены пускатель *КМ*, тумблер *SA*, датчик уровней, блок реле дистанционного включения, шкаф управления.

Схема соединений представляет собой чертёж, показывающий примерное расположение функциональных частей, провода, подходящие к частям, и их маркировку. Чтобы не загромождать чертёж, провода показаны не полностью, а только их концы. На рис. 11.4 показана схема соединений станции управления системой САУНА. Прямоугольниками показаны места расположения функциональных частей станции, в том числе колодок зажимов. Данные схемы могут применяться при отыскании неисправностей и при замене элементов во время ремонта, так как по маркировке легко проследить провода и назначение зажимов.

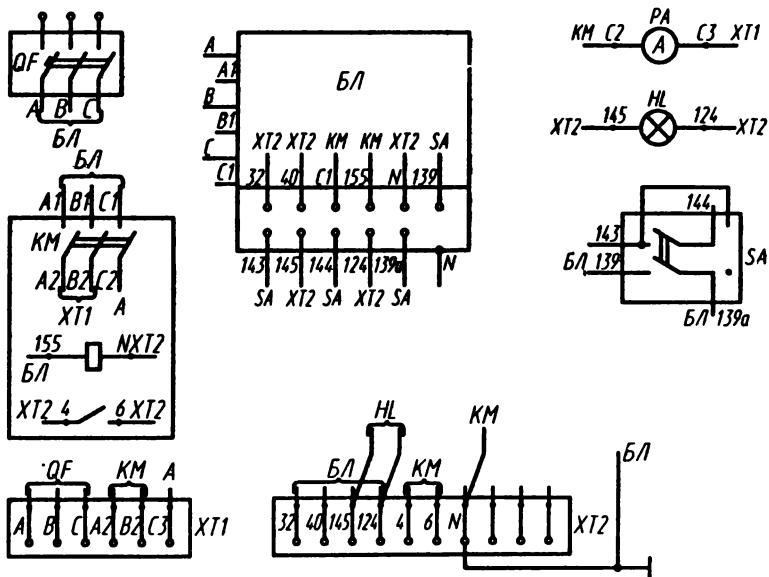


Рис. 11.4. Схема соединений станции управления погружным насосом.

Схема внешних соединений показывает все части системы и провода, их соединяющие, с маркировкой мест присоединения — рис. 11.5. Схема полезна при монтаже системы на месте установки, при замене частей системы во время ремонта.

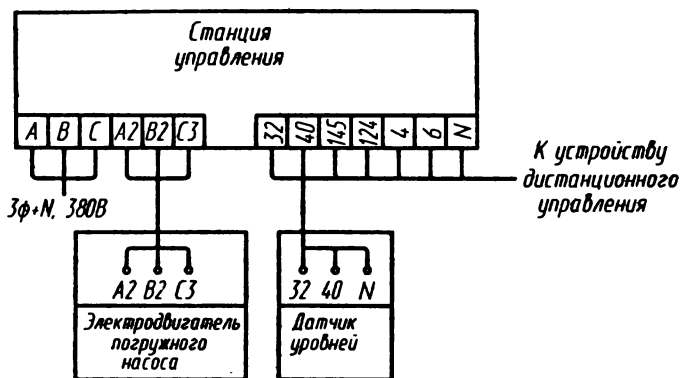


Рис. 11.5. Схема внешних соединений станции управления погружным насосом.

Электромонтажные схемы применяются при производстве электронных устройств. На схемах обозначаются все детали, провода, кабели, жгуты, приводятся все данные, необходимые для монтажа устройства.

При монтаже проводки и электрооборудования в производственных, общественных и жилых помещениях применяются схемы проводок на планах этих помещений. На схемах условными обозначениями показываются различные устройства и установочные изделия и связывающие их провода и кабели. На рис. 11.6 показана простейшая схема проводки в комнате на плане этой комнаты. Условные обозначения проводок на планах приведены в прил. 1.

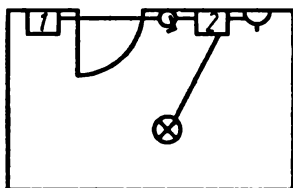


Рис. 11.6. Схема проводки на плане комнаты.

1 — щиток со счетчиком и защитой, 2 — коробка ответвительная.

В однофазной проводке соединения проводов, идущих к отдельным установочным изделиям, производятся в соединительных коробках. Если эти соединения произведены неправильно, то при включении приемников энергии они могут не работать, или работать при самовключении, в патроне светильника всегда может быть фаза и т. д. Это затрудняет и поиски неисправности. Поэтому важно знать принцип соединения проводов в коробках при однофазной проводке, что показано на рис. 11.7.

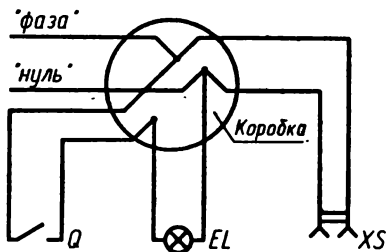


Рис. 11.7. Схема соединений при однофазной проводке.

Фазный провод из коробки идет через выключатель на патрон светильника к его центральному контакту. Нулевой провод идет минуя выключатель на другой контакт патрона. К розетке идут фазный и нулевой провода. Если для защиты используются резьбовые предохранители, то подходящие к ним провода подходят к центральным зажимам, а отходящие провода присоединяются к зажимам резьбы. При защите автоматами подходящие провода присоединяются к неподвижным контактам автоматов. Соединение проводов в коробках необходимо производить винтовыми зажимами. Как показывает практика, соединения скрутками могут нагреваться, что приводит к нагреву проводов, подходящих к коробке, и обугливанию их изоляции в месте ввода в коробку, загоранию материалов отделки стен, если они горючие. Также нужно заранее проверять плотность затяжки винтов в установочных изделиях, зажимов присоединения проводов, плотность вхождения вилок в розетки, потому что при любых слабых соединениях может быть нагрев изоляции, материала корпусов изделий и их загорание.

Пример поиска неисправности в электроустановке

Поиск неисправности произведем на основе части принципиальной схемы, относящейся к одному двигателю (рис. 11.8).

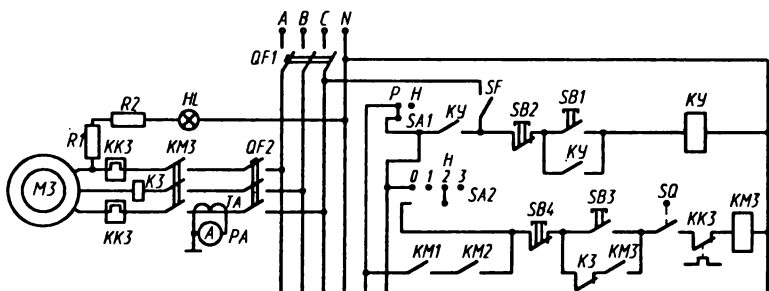


Рис. 11.8. Часть принципиальной схемы электроустановки (перечень элементов схемы приведен в прил. 5).

Схема содержит силовую цепь и цепь управления. В силовой цепи показаны автоматические выключатели $QF1$ — общий и $QF2$ в цепи двигателя, пускатель $KM3$, двигатель $M3$, реле тепловые $KK3$, реле максимального тока $K3$.

В цепи управления используется напряжение 220 В, защита осуществляется автоматическим выключателем SF . Напряжение в цепь управления подается контактом реле управления KY , которое включается кнопкой $SB1$ и выключается кнопкой $SB2$. Далее цепь управления разветвляется: один провод идет к выключателю $SA1$, который имеет два положения — «Работа» и «Наладка», при работе он включен, а при наладке отключен, что показано на схеме. Второй провод идет к выключателю $SA2$, который имеет четыре положения, и для данного двигателя выключатель включен в положении 2, т. е. при наладке.

Показана цепь катушки пускателя $KM3$, который включается кнопкой $SB3$, отключается кнопкой $SB4$, после включения кнопка шунтируется блок-контактом пускателя $KM3$. Для защиты двигателя в цепи катушки имеется контакт $KK3$ реле теплового, контакт $K3$ реле максимального тока и контакт SQ конечного выключателя для защиты двигателя при аварийном режиме. В рабочем режиме ток катушки пускателя идет через блок-контакты пускателей $KM1$ и $KM2$, которые должны быть включены первыми по условиям технологического процесса.

Допустим, оператор сообщил, что не включается двига-

тель *M3*. Сначала нужно лично убедиться в этом, нажав на кнопку *SB3*. Если двигатель не включается, то нужно проверить, включено ли реле управления *KY*, проверить положение переключателя *SA1*, который должен быть в положении «Наладка». То же относится и к переключателю *SA2*, так как в данном случае идет опробование одного двигателя. Если двигатель не включается при включении реле *KY* и правильном положении переключателей, то проверка продолжается, что представлено для наглядности логической схемой на рис. 11.9.

Далее нужно проверить, работает ли пускатель. При работающем пускателе нужно проследить прохождение напряжения с выхода пускателя до двигателя. Сначала нужно проверить наличие напряжения на выходе пускателя между фазами двухполюсным индикатором. Однополюсный индикатор может показать напряжение и при отсутствии его в одном или двух проводах, так как напряжение может появиться, пройдя обмотки двигателя и возвратившись к пускателю, если оно есть только в одном проводе. Поэтому при проверке однополюсным индикатором нужно отсоединить провода на выходе пускателя.

Если есть напряжение на выходе пускателя, то нужно проверять напряжение на входе двигателя, т. е. на его зажимах, двухполюсным индикатором, а при отсутствии двухполюсного индикатора — однополюсным в каждом проводе при его отсоединении от двигателя.

Если напряжение на зажимах двигателя есть, а он не реагирует, то двигатель вышел из строя.

Если на выходе пускателя нет напряжения в одном или нескольких проводах, то нужно проверить силовую цепь до пускателя. При наличии напряжения на входе пускателя нужно проверить сам пускатель.

При наличии напряжения на выходе пускателя и его отсутствии на зажимах двигателя нужно проверить кабель или провода от пускателя до двигателя.

Если при нажатии кнопки *SB3* пускатель не работает, то нужно проверить напряжение на катушке при нажатой кнопке. Напряжение на катушке лучше проверять двухполюсным индикатором, но можно и однополюсным, при этом при напряжении на катушке 380 В проверку нужно производить после отсоединения от катушки одного провода.

При наличии напряжения на катушке нужно проверить исправность катушки. Если катушка исправна, а пускатель не включается, то неисправен пускатель.

Если нет напряжения на катушке, то нужно проверить наличие напряжения на участках цепи управления, при этом пред-

толагается, что все выключатели и реле в цепи управления находятся в рабочем и исправном положении. Сначала можно проверить наличие напряжения на выходе выключателя *SA2*, потом на кнопках *SB4* и *SB3*, на реле тепловом *KK3*, конечном выключателе *SQ*, или наоборот, проверять наличие напряжения, двигаясь от катушки пускателя. Если на входе какого-то элемента, например, кнопки *SB4*, напряжение есть, а на выходе нет, то неисправен этот элемент. Контакты этого элемента обычно или не плотно касаются, или окислились, загрязнились, или между контактами попал мусор, могут быть и поломки деталей крепления контактов.

Вместо проверки напряжения на участках цепи управления можно проверять целость цепи измерением сопротивления мегаомметром, омметром. При целости цепи прибор покажет сопротивление, равное нулю, а при нарушении цепи — сопротивление, большее нуля, и при обрыве цепи — сопротивление, соответствующее наибольшему сопротивлению по шкале прибора.

Целость цепи можно также проверить щупом — двухполюсным прибором, содержащим источник автономного питания (элементы, батарейка) и лампочку. При включении прибора последовательно с участком цепи лампочка загорается при исправном участке этой цепи.

Измерение сопротивлений и проверка щупом производятся при снятом напряжении.

При отсутствии приборов целость участков цепи можно проверить перемычками из провода, присоединяемыми параллельно участкам цепи или контактам приборов или аппаратов. Для безопасности перемычки надо присоединять при отсутствии напряжения. Если участок цепи в других местах исправен, то при наличии перемычки на неисправном месте пускатель включится. После этого перемычка снимается, неисправные прибор или провод заменяются, причем если провод находится в жгуте, то его можно не вынимать из жгута, а отсоединить и вместо него присоединить другой.

Поиск неисправности в электронном устройстве

Поиск неисправности рассмотрим на примере термостата с помощью его структурной и принципиальной схем, которые были представлены ранее (рис. 11.1, 11.2). Поиск причины отказа в электронном устройстве начинается с логических рассуждений при рассмотрении сначала структурной схемы.

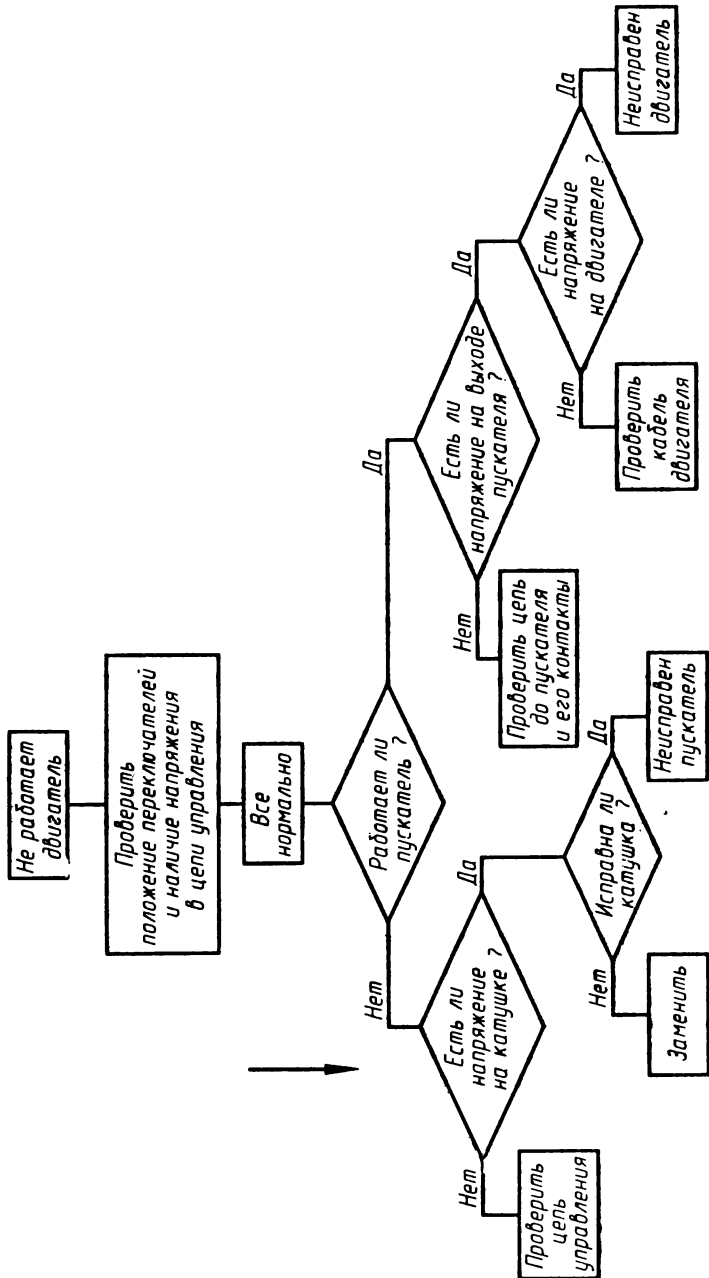


Рис. 11.9 Схема поиска неисправности при неработающем двигателе.

На структурной схеме определяются функциональные группы, обозначенные прямоугольниками, которые могут быть причиной отказа. Потом эти группы определяются на принципиальной схеме, где они представлены элементами. Элементы, отказ которых может привести к данному отказу устройства, находятся на платах, в блоках и модулях, которые являются конструктивными частями устройства. При наличии запасных блоков и модулей неисправные могут быть заменены ими, с тем чтобы произвести позднее ремонт отказавших. В данном случае в состав устройства входит только плата, на которой можно проверить все элементы.

Допустим, что отказ заключается в том, что вода не нагревается. Из структурной схемы устройства видно, что все его функциональные группы включены последовательно, значит, отказ любой группы, обозначенной прямоугольником, может привести к отказу устройства.

Начать проверку устройства лучше с проверки наличия напряжения в сети, целости предохранителя, элементов блока питания. Для проверки данного устройства можно применить тестер, содержащий омметр.

При наличии напряжения на выходе блока питания нужно проверить нагревательный элемент и тиристор. При их исправности нужно последовательно проверять систему управления тиристором, схему сравнения, чувствительный элемент, трансформатор.

Неисправность устройства может заключаться в том, что не устанавливается требуемая температура воды или нагрев не отключается. В данном случае нужно проверить и при необходимости заменить переменный резистор $R3$ или датчик температуры $R21$.

Отказы при работе некоторых электроустановок

В табл. 11.1 приведены неисправности и отказы некоторых электроустановок. Для понимания принципа работы электроустановок приведены их структурные схемы и краткое описание.

Теплогенераторы

Рассматриваемые теплогенераторы представляют собой устройства для сжигания жидкого топлива с целью подогрева

ОТКАЗЫ ПРИ РАБОТЕ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Отказ	Причина	Устранение
<p>Не поступает топливо в форсунку</p> <p>Не работает система зажигания</p>	<p style="text-align: center;">Теплогенераторы</p> <p>1. Нет топлива в трубопроводе:</p> <p>а) отсутствует топливо в емкости</p> <p>б) закрыт вентиль на трубопроводе</p> <p>в) в систему подачи попал воздух</p> <p>2. Топливо не пропускает электромагнитный вентиль:</p> <p>а) отсутствует напряжение в цепи катушки вентиля</p> <p>б) неисправность цепи катушки вентиля</p> <p>в) сгорела изоляция катушки вентиля</p> <p>г) засорение вентиля, заклинивание золотника</p> <p>3. Не работает топливный насос или вращается в другую сторону</p> <p>1. Нет напряжения в цепи зажигания</p> <p>2. Сместились электроды зажигания</p> <p>3. Обгорели провода зажигания, ухудшилась их изоляция, и при касании ими корпуса происходит утечка высокого напряжения</p> <p>4. Электроды отсырели или залиты топливом</p>	<p>Проверить наличие топлива</p> <p>Проверить положение вентиля</p> <p>Выгнать воздух из системы, рассоединив трубопровод на конце и открыв вентиль топлива</p> <p>Проверить наличие напряжения при включенном положении системы</p> <p>Проверить целость цепи</p> <p>Заменить катушку</p> <p>Разобрать вентиль и прочистить</p> <p>Проверить работу насоса</p> <p>Проверить напряжение</p> <p>Поправить и закрепить электроды</p> <p>Заменить провода зажигания</p> <p>Прочистить и просушить электроды</p>

Отказ	Причина	Устранение
5. Не работает реле времени зажигания, если оно имеется	5. Не работает реле времени зажигания, если оно имеется	Проверить цепь питания реле времени и его работу
Топливо не зажигается	6. Сгорел трансформатор зажигания	Заменить трансформатор
Пламя появляется и гаснет	1. Плохое распыление топлива 2. Плохое качество топлива	Прочистить или заменить форсунку Заменить топливо
	1. Закоптело стекло фотодатчика	Прочистить стекло
	2. Фотоспротивление не освещается пламенем при нагаре на конце горелки	Очистить горелку
	3. Сгорело фотоспротивление. Увеличилась его величина	Заменить фотодатчик
Внезапное прекращение горения	1. Прекращение подачи топлива	Проверить наличие топлива
Пламя нельзя отключить	2. Плохое распыление топлива Электромагнитный вентиль заклинен во включенном положении	Проверить форсунку Перекрыть подачу вентиляем на трубопроводе. Отремонтировать электромагнитный вентиль
На выходе calorифера при его работе холодный воздух	1. ТЭНы не греются: а) нет напряжения в цепях управления пускателями б) сработал или неисправен датчик защиты от перегрева в) сгорели предохранители в силовых цепях пускателей	Убедиться, что выключатели на пульте управления в рабочем положении. Проверить состояние автомата или предохранителя в цепи управления Проверить датчик
	Электрокалориферы	Заменить предохранители и найти причину их сгорания

Отказ	Причина	Устранение
<p>Неисправности блоков ТЭН</p>	<p>Обгорание зажимов проводов, подходящих к ТЭНам Обгорание зажимов перемычек, соединяющих ТЭНы в секции Перегорание ТЭН с выплыванием ребер из-за их включения при неработающем вентиляторе: а) отказ блокировки включения ТЭН после включения вентилятора б) приваривание контактов пускателей</p>	<p>Переделать зажимы или заменить провода Переделать зажимы Проверить блокировку Рассоединить и зачистить контакты, выключив напряжение на пульте управления</p>
<p>Неисправности блоков ТЭН</p>	<p>Водонагреватели</p> <p>1. Обгорание зажимов проводов или перемычек</p> <p>2. Перегорание выводной шпильки ТЭН при замыкании на корпус по изолятору при наличии утечек воды в местах крепления фланца блока ТЭН или самих ТЭН</p> <p>3. Перегорание шпильки ТЭН от окисления при нагревании зажима</p> <p>4. Пробой внутри корпуса ТЭН</p> <p>1. Перегорание предохранителей: а) Пробой внутри корпуса ТЭН б) Утечка тока при увлажнении изоляторов при утечках воды</p> <p>2. Обгорание проводов</p>	<p>Переделать зажимы или заменить провода и перемычки Заменить ТЭН, сняв блок ТЭН с корпуса нагревателя. Устранить утечки воды в местах крепления деталей подтягиванием гаек или заменой прокладок Замена ТЭН Замена ТЭН Замена ТЭН Устранить утечки воды Переделать слабые зажимы или заменить провода</p>

Отказ	Причина	Устранение
<p>Котел не включается</p> <p>После включения котла амперметр не показывает ток</p> <p>Медленный подъем температуры воды в котле</p> <p>Быстрый подъем температуры воды в котле</p> <p>Неустойчивая температура воды в котле</p> <p>Частое включение — выключение котла</p>	<p style="text-align: center;">Электродные котлы</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Низок уровень воды в системе 2. Не работает сетевой насос, создающий циркуляцию воды в системе 3. Неправильно установлены стрелки электроконтактного термометра 4. Любые неисправности в пульте и в приборах <ol style="list-style-type: none"> 1. Неисправен амперметр 2. В котле мало воды 3. Мала проводимость воды 4. Обрыв провода или другое нарушение в цепи, где включен амперметр <ol style="list-style-type: none"> 1. Мал ток в котле 2. Мала проводимость воды <ol style="list-style-type: none"> 1. Большой ток в котле 2. Нет циркуляции воды в системе <p>Мал уровень воды в системе</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Большой ток в котле 2. В систему попал воздух 3. На термометре установлен малый интервал температуру включения и выключения 	<p>Пополнить систему водой</p> <p>Устранить неисправности в цепи управленияпускателем насоса</p> <p>Стрелки термометра установить согласно температуре воды при включении и отключении котла</p> <p>Найти и устранить неисправности</p> <p>Заменить амперметр</p> <p>Пополнить воду в системе</p> <p>В воду добавить соль согласно инструкции</p> <p>Найти и устранить неисправность</p> <p>Подрегулировать ток штурвалом на котле</p> <p>В воду добавить соль</p> <p>Отрегулировать ток</p> <p>Наладить циркуляцию воды, включив в работу сетевой насос или пополнив уровень воды в системе</p> <p>Добавить воду в систему</p> <p>Отрегулировать ток</p> <p>Выпустить воздух через специальные вентили</p> <p>Установить больший интервал температур на термометре</p>

Отказ	Причина	Устранение
Срабатывание предохранительного клапана на котле	<p>Перегрев воды в котле при отсутствии ее циркуляции и отказе электроконтактного термометра</p>	<p>Восстановить циркуляцию воды и работу электроконтактного термометра</p>
Кипятильник не включается	<p>Электрокипятильники</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отказ в пульте управления 2. Перепутаны провода, соединяющие пульт управления с датчиками 3. Неисправны датчики холодной воды или нижнего уровня кипятка 4. Не слит готовый кипяток 5. Не поступает холодная вода 	<p>Проверить пульт управления Провода присоединить согласно схеме Капитальный ремонт кипятильника</p>
Кипятильник включается, но не греет	<ol style="list-style-type: none"> 1. Неисправность силовой цепи 2. Вышли из строя ТЭНы 	<p>Слить кипяток Проверить положение вентиля на водопроводе Проверить силовую цепь Заменить ТЭНы</p>
Кипятильник не отключается	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перепутаны провода, идущие к датчикам 2. Неисправен датчик верхнего уровня кипятка 	<p>Восстановить положение проводов согласно схеме Капитальный ремонт кипятильника</p>
Не включается двигатель подъема	<p>Телеферы</p> <p>Отказы подъемного устройства</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Кнопки управления забиты грязью 2. Порваны жилы кабеля на вводе в кнопочный пост 3. Вытащены из зажимов концы жил кабеля внутри кнопочного поста или пульта управления 4. Сгорела изоляция обмотки трансформатора цепи управления 	<p>Разобрать пост управления и почистить кнопки Устранить неисправности Устранить неисправности Заменить трансформатор</p>

Отказ	Причина	Устранение
<p>Двигатель включается, но не вращается</p>	<p>Гайка регулирования тормоза отвернулась, упала и заклинила тормозное колесо</p>	<p>Устранить неисправность — поставить гайку на место и затянуть, приняв меры против отвинчивания</p>
<p>Барaban не держит груз</p>	<p>Сносился или неисправен тормоз</p>	<p>Отрегулировать или заменить колодки тормоза</p>
<p>Искрение между колесами тельфера и балкой</p>	<p>Оборван нулевой провод, при этом во время включения однофазного трансформатора цепи управления создается цепь через балку и ее опоры в землю, что сопровождается искрением</p>	<p>Проследить целостность цепи зануления (заземления)</p>
<p>Самовключение двигателя подъема</p>	<p>1. Припаялись контакты пускателя 2. Неисправность в кнопках или кабеле цепи управления</p>	<p>Устранить неисправности</p>
<p>Двигатель не включается</p>	<p>Неисправности механизма хода балки</p>	<p>Найти и устранить неисправности</p>
<p>Двигатель не отключается</p>	<p>1. Неисправность в кнопках 2. Приварились контакты пускателя из-за действия большого груза, который, возможно, тянули по полу этим механизмом</p>	<p>Устранить неисправности</p>
<p>Балка не останавливается после отключения</p>	<p>Вышел из строя тормоз и не затормаживает механизм хода балки</p>	<p>Отремонтировать тормоз</p>
<p>Двигатель гудит, но не вращается</p>	<p>1. Вышел из строя тормоз и затормозил двигатель 2. Вышел из строя двигатель</p>	<p>Отремонтировать тормоз Заменить двигатель</p>

Отказ	Причина	Устранение
<p>Двигатель включается, но не работает</p> <p>Двигатель не отключается</p> <p>Крюк каната под напряжением при включении питающего кабеля тельфера или при включении одного из его двигателей</p>	<p>Неисправности механизма хода каретки</p> <p>Двигатель вышел из строя при перетаскивании кареткой груза по полу</p> <p>Приваривание контактов пускателя по вышеприведенной причине</p> <p>1. Силовой кабель при повреждении его изоляции касается токоведущей жилой металла</p> <p>2. Пробой на корпус обмотки двигателя</p>	<p>Заменить двигатель</p> <p>Отремонтировать пускатель</p> <p>Устранить повреждение изоляции кабеля или отрезать поврежденный конец кабеля</p> <p>Заменить двигатель</p>
<p>Двигатель не включается</p> <p>ненормальный шум агрегата</p>	<p>Отказы электрооборудования артезианских скважин</p> <p>1. Напряжение понижено или отсутствует в одном проводе</p> <p>2. Отказы в пульте управления</p> <p>3. Разрегулировалась настройка защиты в пульте управления</p> <p>4. Сбита настройка электроконтактного манометра</p> <p>Обгорели контакты пускателя или автомата</p>	<p>Измерить напряжение и при его несимметрии или понижении найти причину и устранить</p> <p>Проверить аппаратуру в пульте</p> <p>Отрегулировать защиту согласно инструкции</p> <p>Установить стрелки манометра на отметки, соответствующие необходимому уровню воды при включении и отключении</p> <p>Почистить или заменить контакты</p>

Отказ	Причина	Устранение
Срабатывание защиты при пуске двигателя	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нет напряжения в одном проводе питающей сети или на выходе пульты управления 2. Вышел из строя двигатель 3. Оголенный провод на входе в скважину касается металла 	<p>Проверить напряжение на входе в пульт и выходе из него, при ненормальном напряжении найти и устранить причину</p> <p>Подъем из скважины и замена агрегата</p> <p>Заизолировать провод</p>
Насос работает, но вода не поступает	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие воды в скважине 2. Насос неисправен или агрегат отсоединился от трубы 	<p>При наличии воды ниже агрегата удлинить трубу</p> <p>Подъем из скважины и замена агрегата</p>
Освещение не включается	<p>Неисправности систем автоматического управления наружным освещением</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Если ручную пускатель включается, то причина в фотореле 2. Если после отсоединения фотосопротивления освещение включается, то изменились параметры фотосопротивления 3. Если после отсоединения фотосопротивления освещение не включается, то причина в элементах схемы реле 4. Контакты реле притягиваются 5. Контакты реле не притягиваются 6. Если ручную освещение не включается, то причина в пускателе или его цепях управления 	<p>См. ниже</p> <p>Подстроить величину сопротивления переменным резистором или заменить фотосопротивление</p> <p>Проследить, притягиваются ли контакты реле</p> <p>Почистить контакты реле</p> <p>Проверить элементы на панели фотореле с помощью омметра</p> <p>Проверить пускатель и его цепи управления</p>

Отказ	Причина	Устранение
<p>Пускатель включается, а освещение не включается</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сгорели предохранители в цепи ламп освещения 2. Перегорели провода освещения у пускателя 3. Сгорели контакты пускателя 4. Перегорели все лампы освещения 	<p>Заменить предохранители, найдя причину их сгорания</p> <p>При отсутствии короткого замыкания (целость предохранителей) заменить провода на другие, большего сечения</p> <p>При отсутствии короткого замыкания за пускателем заменить его на пускатель большей величины</p> <p>Заменить лампы, проверив величину напряжения в сети освещения</p>
<p>Освещение не отключается при естественном свете, пускатель отключается вручную</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Фотосопротивление выпало из гнезда, где оно крепится, внутрь шкафа, и не освещается естественным светом 2. Загрязнилось стекло фотосопротивления 3. Изменилась величина фотосопротивления 	<p>Фотосопротивление вставить на место и закрепить</p> <p>Почистить стекло фотосопротивления</p>
<p>Вручную пускатель не отключается</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сгорела катушка пускателя и заклинила якорь 2. Приварились контакты пускателя 	<p>Подрегулировать переменное сопротивление или заменить фотосопротивление</p> <p>Заменить катушку пускателя</p>
<p>Освещение то включается, то отключается</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вблизи находится лампа освещения 2. Влияние снежной поверхности 	<p>Если нет короткого замыкания за пускателем, то его нужно заменить на другой, большей величины</p> <p>Сделать козырек над фотосопротивлением</p> <p>То же и регулировка переменного сопротивления</p>

воздуха или воды. Они имеют камеру сгорания, систему зажигания, состоящую из электродов, трансформатора зажигания и проводов высокого напряжения, систему подачи топлива, частью которой является электромагнитный клапан и устройство распыления топлива, систему контроля пламени (рис. 11.10).

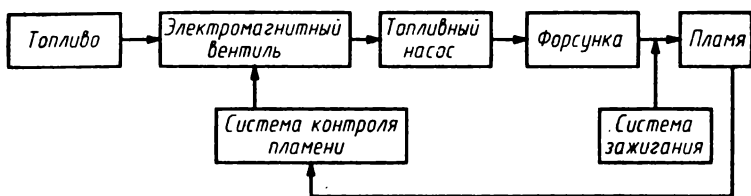


Рис. 11.10. Структурная схема теплогенератора.

Электрокалориферы

Наряду с теплогенераторами на жидком топливе используются электрокалориферы, в которых происходит нагрев воздуха при продувании его мимо нагревательных элементов (ТЭН) вентилятором (рис. 11.11).

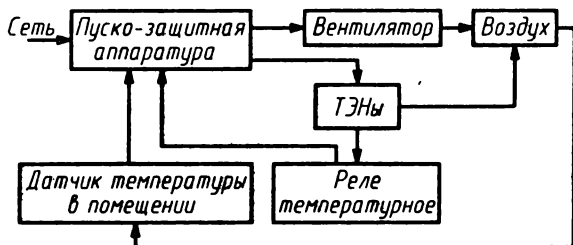


Рис. 11.11. Структурная схема электрокалорифера.

Водонагреватели

Водонагреватель представляет собой емкость для воды, в которую вставлен блок ТЭН. Регулирование температуры воды и защита от сухого хода, т. е. от работы без воды, осуществляются с помощью температурного реле, защита от коротких замыканий — предохранителями в пульте управления (рис. 11.12).

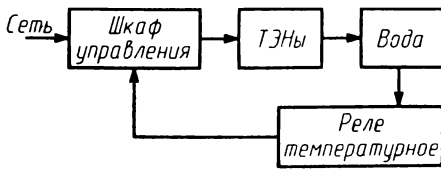


Рис. 11.12. Структурная схема водонагревателя.

Электродные котлы:

В электродных котлах вода нагревается при прохождении через нее электрического тока между специальными электродами. Котлы могут применяться в замкнутой системе проточной воды для отопления помещений, при этом циркуляцию воды создают насосы. Имеется система регулирования температуры воды и аварийного отключения с помощью электроконтактных термометров (рис. 11.13).

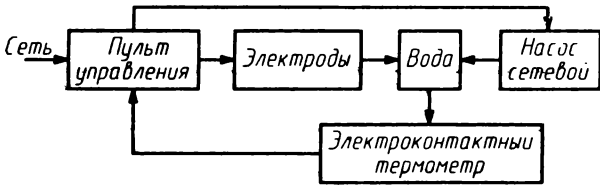


Рис. 11.13. Структурная схема электродного котла.

Электрокипяtilьники

Электрокипяtilьники применяются в местах общественного питания для приготовления кипятка. Их можно назвать электросамоварами с автоматической подачей холодной воды, автоматическим включением и отключением, для чего имеются датчики уровня холодной воды, верхнего и нижнего уровней кипятка (рис. 11.14).

Тельферы

Тельферы служат для подъема и перемещения груза и применяются во многих местах, например, в ремонтных мастерских, в котельных, в сборочных цехах (рис. 11.15).

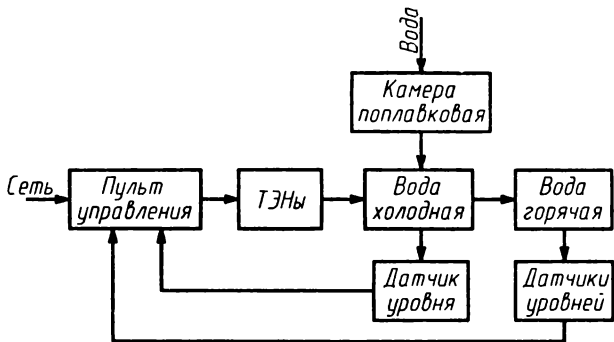


Рис. 11.14. Структурная схема электрокипятильника.

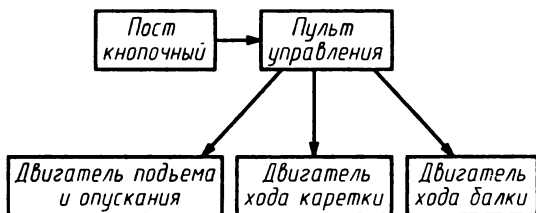


Рис. 11.15. Структурная схема тельфера.

Тельфер состоит из подъемного устройства в виде лебедки, которое закреплено на тележке. Тележка может перемещаться вдоль балки с помощью механизма перемещения, сама балка также может перемещаться с помощью своего механизма вдоль помещения.

Электрооборудование артезианских скважин

Оборудование предназначено для подъема воды из подземных пластов и состоит из насосного агрегата, опущенного на конце трубы в скважину до уровня воды. Скважина укреплена обсадной трубой.

На поверхности в специальном помещении находится аппаратура управления установкой.

Система автоматического управления наружным освещением

В данной системе освещение включается и отключается пускателем, получающим сигнал от промежуточного реле, управляемого сигналом от фотосопротивления (рис. 11.16).

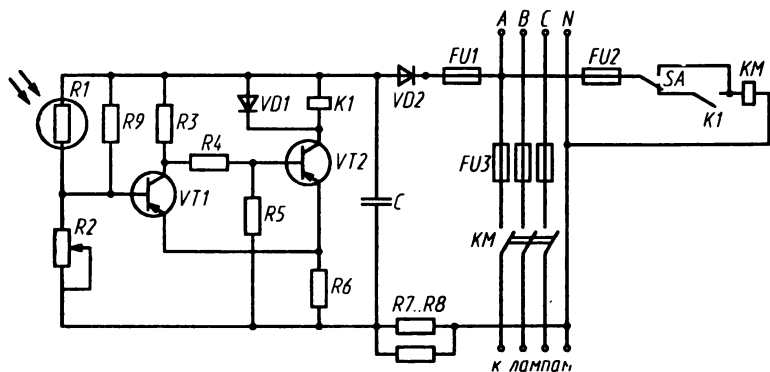
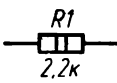
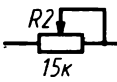
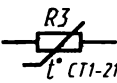
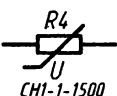
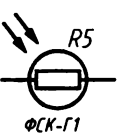








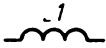
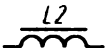
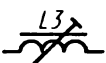
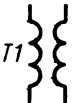

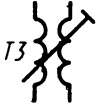

Рис. 11.16. Принципиальная схема управления наружным освещением с помощью фотореле (типономиналы элементов схемы приведены в прил. 5).

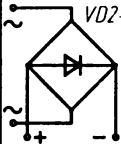







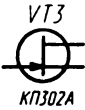
ПРИЛОЖЕНИЯ












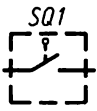
Приложение 1

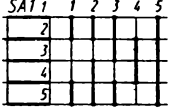
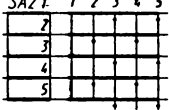
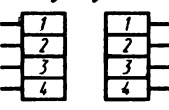
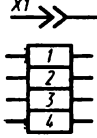
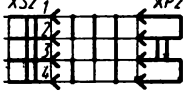
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И УСТРОЙСТВ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ

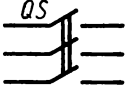
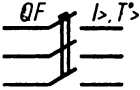

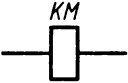
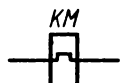






Наименование	Заводская маркировка	Обозначение на схеме	Расшифровка
Резисторы: постоянный	МЛТ-2 2К2 И		Тип МЛТ, мощность рассеяния 2 Вт, 2,2 кОм, номер на схеме 1, отклонение сопротивления 5%
переменный	СП-3в 0,025 Вт 15к; В		0,025 Вт, 15 кОм, функциональная характеристика В
терморезистор	СТ1-21		Сопротивление термочувствительное кобальто-марганцевое
варистор	СН1-1-1500		Сопротивление нелинейное, зависит от напряжения
фотосопротивление	ФСК-Г1		Сопротивление зависит от освещенности
Конденсаторы: постоянной емкости	К40П-2а 0,047 мкФ 10% 400 В		К — конденсатор, 40 — бумажный с фольговыми обкладками, П — для постоянного тока, 2а — конструктивное исполнение
проходной			
электролитический	К50-20 20 мкФ 100 В		

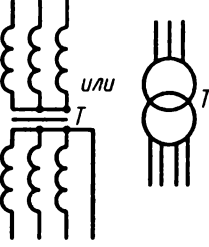
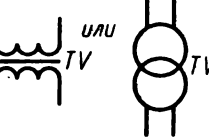



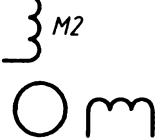

Наименование	Заводская маркировка	Обозначение на схеме	Расшифровка
переменной емкости	КПЕ		
подстроечный	КПК		Керамический подстроечный
вариконд			Емкость зависит от напряжения
Катушки индуктивности:			
без сердечника			
с сердечником или дроссель			
подстроечная			
Трансформаторы:			
без сердечника			
с сердечником			
с подстройкой			
Полупроводниковые приборы:			
Диод	Д226Б		Плоскостной кремниевый

Наименование	Заводская маркировка	Обозначение на схеме	Расшифровка
Мост выпрямительный			Из четырех диодов
диод туннельный	АИ101А		Туннельный эффект — движение электронов через барьер, превышающий энергию электрона
стабилитрон	Д815А		Работа на обратной цепи вольт-амперной характеристики
варикап	Д901А		Изменение емкости <i>p-n</i> перехода при изменении обратного напряжения
фотодиод	ФД1		Изменение сопротивления <i>p-n</i> перехода при изменении освещения
светодиод	АЛ102А		Излучение света при прохождении тока через <i>p-n</i> переход
Транзисторы. биполярный	ГТ308Б	 	Германиевый малой мощности типа <i>p-n-p</i> типа <i>n-p-n</i>
полевой	КП302А		Кремниевый с <i>p-n</i> переходом и каналом <i>n</i> -типа

Наименование	Заводская маркировка	Обозначение на схеме	Расшифровка
фототранзистор	ФТ-1	 	с каналом р-типа Управляется освещением
Тиристор	КУ20 ИИ		
Контакты в цепях управления:			
контакты пускателя или реле		  	замыкающий размыкающий с механической связью с другим контактом
контакты переключателя			
Контакты кнопочные с самовозвратом		 	Замыкающий размыкающий
то же без самовозврата			Возврат вытягиванием кнопки
контакт теплового реле			возврат повторным нажатием
выключатель конечный	ВПК-2112		С замыкающим контактом

Наименование	Обозначение на схеме	Расшифровка
<p>Переключатель на пять положений</p>	<p>SA11 1 2 3 4 5</p> 	<p>Вертикальные линии с точками в каждом положении означают соединение</p>
<p>то же</p>	<p>SA21 1 2 3 4 5</p> 	<p>Точки в каждом положении означают соединения в разрывах горизонтальных линий</p>
<p>Соединитель разъемный</p>	<p>XP1 → XS1</p> 	<p>Соединение разобрано</p>
<p>то же</p>	<p>X1 →</p> 	<p>Соединение собрано</p>
<p>Вставка-переключатель</p>	<p>XS2 1 XP2</p> 	<p>В данном положении соединяются линии 1 и 2, 3 и 4</p>

Наименование	Заводская маркировка	Обозначение на схеме	Расшифровка
Выключатели трехфазные:			
неавтоматический	РПБ		QS — неавтоматический (разъединитель); РПБ — рубильник с боковым рычажным приводом
автоматический	АЕ2013		QF — автоматический; защита: I> — максимальная токoвая; T> — тепловая
Пускатель магнитный	ПМЛ1100		
Катушка пускателя или реле			
Элементы теплового реле			
Муфта электромагнитная			
Разрядник			
Лампа накаливания			осветительная
Лампа сигнальная			
Звонок			
Выключатель Розетка			Обозначения на планах проводки

Наименован	Заводская маркировка	Обозначение на схеме	Расшифровка
Трансформаторы: силовой	ТМ-100		100 кВА, соединение обмоток звезда—звезда с нулем
напряжения измерительный	ЗОМ-1/15		С заземленными выводами первичной обмотки, однофазный масляный
тока измерительный	ТК-40		
Генератор			Переменного тока
Двигатели асинхронные с короткозамкнутым ротором	4АХ80А4		Трехфазный: 4А — серия, Х — алюминиевая станина и чугунные щиты, 80 — высота оси вращения, мм, А — длина сердечника, 4 — число полюсов
	АД180-4/71		Однофазный: АД — асинхронный двигатель, 180 Вт, 4 полюса
Двигатель постоянного тока	4ПО80 1,1 кВт, 1000 об/мин		Серия 4П, О — обдуваемый, 80 — высота оси вращения, мм

БУКВЕННЫЕ КОДЫ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И УСТРОЙСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ

Первая буква кода	Группы элементов и устройств	2- и 3-буквенный код	Виды элементов и устройств
<i>A</i>	Устройство	<i>AK</i>	Блок реле
<i>B</i>	Преобразователи незлектрических величин в электрические и наоборот	<i>BK</i>	Тепловой датчик
		<i>BL</i>	Фотоэлемент
<i>C</i>	Конденсаторы		
<i>D</i>	Интегральные схемы, микросборки	<i>DD</i>	Интегральная схема цифровая
<i>E</i>	Элементы разные	<i>EK</i>	Нагревательный элемент
		<i>EL</i>	Лампа осветительная
		<i>FA</i>	Дискретные элементы защиты по току мгновенного срабатывания
<i>F</i>	Разрядники, предохранители, устройства защиты	<i>FU</i>	Предохранители плавкие
		<i>FV</i>	Разрядники
		<i>GB</i>	Батареи аккумуляторные
<i>G</i>	Генераторы, источники питания		
<i>H</i>	Устройства сигнальные	<i>HL</i>	Приборы световой сигнализации
<i>K</i>	Реле, контакторы, пускатели	<i>KA</i>	Реле токовые
		<i>KH</i>	Реле указательные
		<i>KK</i>	Реле электротепловые
		<i>KM</i>	Контакторы, магнитные пускатели
		<i>KT</i>	Реле времени
		<i>KV</i>	Реле напряжения
		<i>KCC</i>	Реле команды включения
		<i>KCT</i>	Реле команды отключения
		<i>KL</i>	Реле промежуточное
		<i>LL</i>	Дроссель люминесцентного освещения
<i>L</i>	Катушки индуктивности, дроссели		
<i>P</i>	Приборы измерительные	<i>PA</i>	Амперметры
		<i>PR</i>	Омметры
		<i>PV</i>	Вольтметры
		<i>PI</i>	Счетчики активной энергии
		<i>PK</i>	Счетчики реактивной энергии

Первая буква кода	Группы элементов и устройств	2- и 3-буквенный код	Виды элементов и устройств
<i>Q</i>	Выключатели и разъединители в силовых цепях	<i>QF</i> <i>QS</i>	Выключатели автоматические Разъединители
<i>R</i>	Резисторы	<i>RK</i> <i>RU</i>	Терморезисторы Варисторы
<i>S</i>	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	<i>SA</i> <i>SF</i> <i>SB</i> <i>SL</i> <i>SP</i> <i>SQ</i> <i>SR</i> <i>SK</i>	Выключатели или переключатели Выключатели автоматические Выключатели кнопочные Выключатели, срабатывающие от уровня Выключатели, срабатывающие от давления Выключатели, срабатывающие от положения Выключатели, срабатывающие от частоты вращения Выключатели, срабатывающие от температуры
<i>T</i>	Трансформаторы, автотрансформаторы	<i>TA</i> <i>TV</i>	Трансформаторы тока Трансформаторы напряжения
<i>V</i>	Приборы полупроводниковые и электровакуумные	<i>VD</i> <i>VT</i> <i>VS</i> <i>VL</i>	Диоды Транзисторы Тиристоры Приборы электровакуумные
<i>X</i>	Соединения контактные	<i>XA</i> <i>XP</i> <i>XS</i> <i>XT</i> <i>XN</i>	Токосъемники, контакты скользящие Штыри Гнезда Соединения разборные Соединения неразборные
<i>Y</i>	Устройства механические с электромагнитным приводом	<i>YA</i>	Электромагнит

ЭЛЕКТРОМАТЕРИАЛЫ

1. Удельное сопротивление и температурный коэффициент сопротивления

Сопротивление провода

$$R = \rho \frac{l}{s}, \text{ Ом,}$$

или

$$R = 1,25\rho \frac{l}{d^2}, \text{ Ом,}$$

где l — длина, м; s — сечение, мм²; d — диаметр провода, мм.

Величина ρ называется удельным сопротивлением проводника и представляет собой сопротивление провода длиной 1 м, имеющего постоянное по длине поперечное сечение в 1 мм².

Величины удельных сопротивлений для некоторых часто применяемых материалов приведены в табл. 1 и 6.

Т а б л и ц а 1

УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ СОПРОТИВЛЕНИЙ ПРОВОДНИКОВ

Материал	Удельное сопротивление при 20 °С (в Ом·мм ² /м)	Температурный коэффициент α
Алюминий	0,028	0,0049
Вольфрам	0,055	0,0045
Латунь	0,025...0,06	0,002...0,007
Медь	0,0175	0,0039
Молибден	0,057	0,0033
Никель	0,100	0,0050
Олово	0,115	0,0042
Ртуть	0,958	0,0009
Свинец	0,221	0,0041
Серебро	0,016	0,0038
Сталь	0,098	0,0062
Тантал	0,155	0,0031
Уголь	0,33...1,85	±0,0006
Хром	0,027	—
Цинк	0,059	0,0035

Примечание: приведенные величины являются средними. Действительные же величины зависят от степени чистоты материала, термообработки и т. п.

Сопротивление проводника зависит от температуры и при температуре T определяется по формуле

$$R_T = R_{20} [1 + \alpha(T - 20^\circ \text{C})],$$

где R_T — сопротивление при заданной температуре; R_{20} — сопротивление при 20°C ; T — заданная температура (по столбчатой шкале); α — температурный коэффициент сопротивления (табл. 1 и 6).

2. Ток плавления проводов

Для тонких проводников ($d = 0,02 \dots 0,2$ мм) расплавляющий ток

$$I_{\text{пл}} = \frac{d - 0,005}{k}, \text{ А,}$$

где d — диаметр проводника, мм, k — постоянный коэффициент, зависящий от материала проводника:

серебро	0,031	никелин	0,060
медь	0,034	константан	0,070
латунь	0,050	железо	0,127

Для более толстых проводников ток плавления можно считать по формуле

$$I_{\text{пл}} = m\sqrt{d^3}, \text{ А,}$$

где m — коэффициент, зависящий от материала:

медь	80,0	железо	24,6
алюминий	59,2	олово	12,8
никелин	40,8	свинец	10,8

Приводим величины расплавляющего тока для медных проводов:

Диаметр провода, мм	0,05	0,08	0,11	0,15	0,23	0,25
Ток плавления, А	1,3	2,2	3	4,5	7	10

3. Медные обмоточные провода

Т а б л и ц а 2

МЕДНЫЕ ОБМОТОЧНЫЕ ПРОВОДА

Марка	Характеристика изоляции	Выпускаемые диаметры, мм
ПЭЛ	Эмалевая лакостойкая	0,02...2,44
ПЭЛУ	Эмалевая утолщенная лакостойкая	0,05...2,44
ПЭТ	Эмалевая повышенной теплостойкости	0,05...5,2
ПЭВ-1, ПЭВ-2	Эмалевая с одинарным и двойным винифлексовым покрытием	0,06...2,44

Марка	Характеристика изоляции	Выпускаемые диаметры, мм
ПЭМ-1, ПЭМ-2, ПЭМ-3	Эмалевая с одинарным, двойным и тройным металлическим покрытием	0,1...2,44
ПЭЛБО	Эмалевая лакокрасочная с одним слоем хлопчатобумажной обмотки	0,2...2,1
ПЭЛБД	Эмалевая лакокрасочная с двумя слоями хлопчатобумажной обмотки	0,72...2,1
ПЭЛШО	Эмалевая лакокрасочная с одним слоем шелковой обмотки	0,05...2,1
ПЭЛШД	Эмалевая лакокрасочная с двумя слоями шелковой обмотки	0,86
ПЭЛШКО	Эмалевая лакокрасочная с одним слоем обмотки из шелка капрон	0,05...2,1
ПЭЛШКД	Эмалевая лакокрасочная с двумя слоями обмотки из шелка капрон	0,86
ПЭЛКО	Эмалевая лакокрасочная с одним слоем обмотки из утолщенного шелка капрон	0,2...2,1
ПЭЛБВ	Эмалевая лакокрасочная с обмоткой из длинноволокнистой бумаги	0,51...1,45
ПБО	Один слой хлопчатобумажной обмотки	0,2...2,1
ПБД	Два слоя хлопчатобумажной обмотки	0,2...5,2

Т а б л и ц а 3

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ОБМОТОЧНЫЕ ПРОВОДА (литцентрат)

ЛЭШО*			ЛЭШД**		
Число и диаметр скрученных проводов, мм	Наружный диаметр изолированного провода, мм	Вес 100 м провода, г	Число и диаметр скрученных проводов, мм	Наружный диаметр изолированного провода, мм	Вес 100 м провода, г
24 × 0,07	0,54	97	7 × 0,07	0,34	31
35 × 0,07	0,71	177	32 × 0,07	0,66	132
12 × 0,1	0,54	99	49 × 0,07	0,84	198
21 × 0,1	0,67	168	70 × 0,07	1,08	281
28 × 0,1	0,80	223	7 × 0,1	0,45	63
63 × 0,1	1,34	493	12 × 0,1	0,58	100
84 × 0,1	1,49	649	16 × 0,1	0,66	134
119 × 0,1	1,79	918	19 × 0,1	0,70	158
			7 × 0,2	0,78	219
			19 × 0,2	1,22	590

* ЛЭШО — провод обмоточный высокочастотный, эмалированный, в одинарной общей обмотке шелком.

** ЛЭШД — провод обмоточный высокочастотный, эмалированный, в двойной общей обмотке.

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ОБМОТОЧНЫХ ПРОВОДОВ

Диаметр без изоляции, мм	Сечение меди, мм ²	Сопротивление 1 м при 20 °С, Ом	Допустимая нагрузка при плотности тока 2 А/мм ² , А	ПЭЛ, ПЭТ		ПЭЛШО		ПЭЛБО		ПБО		ПБД	
				Диаметр с изоляцией, мм	Вес 100 м с изоляцией, г	Диаметр с изоляцией, мм	Вес 100 м с изоляцией, г	Диаметр с изоляцией, мм	Вес 100 м с изоляцией, г	Диаметр с изоляцией, мм	Вес 100 м с изоляцией, г	Диаметр с изоляцией, мм	Вес 100 м с изоляцией, г
0,05	0,0020	9,290	0,0040	0,060	1,8	0,110	2,56	—	—	—	—	—	—
0,06	0,0028	6,440	0,0057	0,070	2,6	0,120	3,40	—	—	—	—	—	—
0,07	0,0039	4,730	0,0077	0,080	3,5	0,130	4,55	—	—	—	—	—	—
0,08	0,0050	3,630	0,0101	0,090	4,6	0,140	5,70	—	—	—	—	—	—
0,09	0,0064	2,860	0,0127	0,100	5,8	0,150	7,02	—	—	—	—	—	—
0,10	0,0079	2,230	0,0157	0,115	7,3	0,165	8,90	—	—	—	—	—	—
0,11	0,0095	1,850	0,0190	0,125	8,8	0,175	10,50	—	—	—	—	—	—
0,12	0,0113	1,550	0,0226	0,135	10,4	0,185	12,30	—	—	—	—	—	—
0,13	0,0133	0,320	0,0266	0,145	12,1	0,195	14,10	—	—	—	—	—	—
0,14	0,0154	1,140	0,0308	0,155	14,0	0,205	16,10	—	—	—	—	—	—
0,15	0,0177	0,990	0,0354	0,165	15,2	0,215	18,40	—	—	—	—	—	—
0,16	0,0201	0,873	0,0402	0,175	18,3	0,225	20,60	—	—	—	—	—	—
0,17	0,0227	0,773	0,0454	0,185	20,6	0,235	23,00	—	—	—	—	—	—
0,18	0,0255	0,688	0,0510	0,195	23,1	0,245	25,60	—	—	—	—	—	—
0,19	0,0284	0,618	0,0568	0,205	25,8	0,255	28,40	—	—	—	—	—	—
0,20	0,0314	0,558	0,0628	0,215	28,5	0,280	31,20	0,310	32,8	0,29	31,8	0,37	35,6
0,21	0,0346	0,507	0,0692	0,230	31,6	0,290	34,60	0,320	36,1	0,30	34,9	0,38	38,9
0,23	0,0416	0,423	0,0832	0,250	37,8	0,310	41,00	0,340	42,7	0,32	41,3	0,40	45,6
0,25	0,0491	0,357	0,0982	0,270	44,5	0,330	48,00	0,360	49,8	0,34	48,3	0,42	52,9
0,27	0,0573	0,306	0,1150	0,295	52,1	0,355	56,00	0,405	59,3	0,38	57,2	0,47	63,4
0,29	0,0561	0,266	0,1320	0,315	60,1	0,375	64,10	0,425	67,6	0,40	65,4	0,49	71,9
0,31	0,0755	0,233	0,1510	0,340	68,8	0,400	73,30	0,450	76,9	0,42	74,3	0,51	81,6
0,33	0,0855	0,205	0,1710	0,360	77,8	0,420	82,60	0,470	86,3	0,44	83,6	0,53	91,0

0,35	0,0962	0,1820	0,192	0,380	87,4	0,440	92,40	0,490	96,3	0,460	93,4	101,1
0,38	0,1134	0,1550	0,226	0,410	103,0	0,470	108,40	0,520	112,6	0,490	109,4	117,7
0,41	0,1320	0,1330	0,264	0,440	120,0	0,505	126,20	0,555	130,7	0,520	126,6	135,5
0,44	0,1521	0,1150	0,304	0,475	138,0	0,535	144,50	0,585	149,3	0,550	145,0	154,5
0,47	0,1735	0,1010	0,346	0,505	157,0	0,565	164,00	0,615	169,1	0,580	164,6	174,6
0,49	0,1885	0,0931	0,378	0,525	171,0	0,585	178,00	0,635	182,6	0,600	178,5	189,5
0,51	0,2043	0,0859	0,408	0,545	185,0	0,610	192,90	0,660	198,3	0,620	192,9	203,0
0,55	0,2376	0,0739	0,476	0,590	215,0	0,650	222,20	0,700	229,2	0,660	223,4	234,0
0,59	0,2734	0,0643	0,547	0,630	247,0	0,690	256,10	0,740	262,3	0,700	256,0	267,0
0,64	0,3217	0,0546	0,644	0,680	291,0	0,740	301,20	0,790	307,8	0,750	301,0	313,0
0,69	0,3739	0,0469	0,748	0,730	342,0	0,790	352,80	0,840	354,9	0,800	347,5	360,0
0,74	0,4301	0,0408	0,860	0,790	389,0	0,850	400,60	0,900	408,2	0,850	398,5	412,0
0,80	0,5027	0,0349	1,005	0,850	445,0	0,910	461,80	0,960	469,8	0,910	459,3	474,0
0,86	0,5809	0,0302	1,160	0,910	524,0	0,970	537,90	1,020	546,5	0,970	585,5	551,0
0,93	0,6793	0,0258	1,360	0,980	612,0	1,040	627,30	1,090	636,5	1,040	625,6	641,0
1,00	0,7854	0,0224	1,570	1,050	707,0	1,120	723,60	1,180	733,5	1,152	722,7	738,0
1,08	0,9161	0,0192	1,830	1,140	826,0	1,200	943,50	1,260	857,5	1,205	841,2	868,0
1,16	1,0568	0,0166	2,114	1,220	922,0	1,280	970,90	1,340	985,0	1,285	967,4	966,0
1,20	1,1310	0,0155	2,260	1,260	1022,0	1,320	1038,00	1,380	1053,0	1,325	1035,4	1066,0
1,25	1,2272	0,0143	2,450	1,310	1105,0	1,370	1125,00	1,430	1141,0	1,375	1122,0	1153,0
1,35	1,4314	0,0122	2,860	1,410	1288,0	1,470	1309,00	1,530	1326,0	1,475	1306,0	1340,0
1,45	1,6513	0,0106	3,300	1,510	1486,0	1,570	1508,00	1,630	1526,0	1,575	1504,0	1540,0
1,56	1,9113	0,0092	3,822	1,620	1712,0	1,715	—	1,740	1762,0	1,685	1738,0	1776,0
1,68	2,2167	0,0079	4,433	1,740	1992,0	1,835	—	1,860	2039,0	1,805	2013,0	2025,0
1,81	2,5730	0,0068	5,146	1,870	2310,0	1,965	—	1,990	2361,0	1,935	2334,0	2377,0
1,95	2,9865	0,0059	5,980	2,010	2680,0	2,106	—	2,130	2734,0	2,075	2705,0	2752,0
2,02	3,2047	0,0055	6,409	2,080	2875,0	2,175	—	2,200	2931,0	2,145	2901,0	2949,0
2,10	3,4637	0,0051	6,920	2,160	3110,0	2,255	—	2,280	3170,0	2,225	3147,0	3193,0
2,26	4,0115	0,0044	8,023	2,320	3603,0	—	—	—	—	—	—	3690,0
2,44	4,6759	0,0038	9,352	2,500	4210,0	—	—	—	—	—	—	4293,0

4. Монтажные провода

По виду токопроводящих жил различают монтажные провода с однопроволочной жилой ($d = 0,3 \dots 1,8$ мм) и гибкие провода сечением $0,05 \dots 2,5$ мм², скрученные из проволок диаметром $0,07 \dots 0,3$ мм. Отдельные проволоки для удобства пайки покрываются оловом или оловянным сплавом.

По роду изоляции монтажные провода можно разделить на две группы: провода с волокнистой и эмалево-волокнистой изоляцией и провода с пластмассовой (полихлорвиниловой) и резиновой изоляцией. Провода первой группы характеризуются гибкостью и малой толщиной изоляции, второй группы — большим наружным диаметром, но повышенной электрической прочностью и влагостойкостью.

В последнее время широко применяются монтажные провода, изолированные натуральным шелком, пропитанные или не пропитанные триацетатным волокном и покрытые полихлорвиниловой оболочкой. Эти провода имеют повышенное сопротивление изоляции и повышенную влагостойкость.

Т а б л и ц а 5

МОНТАЖНЫЕ ПРОВОДА

Марка	Характеристика	Номинальные сечения, мм ²
МШЛ	Однопроволочный, в оплетке из натурального или искусственного шелка, лакированный	0,2; 0,35; 0,5; 0,75; 1,0
МЭББ	Однопроволочный, эмалированный, с одинарной обмоткой из натурального или искусственного шелка, одинарной обмоткой из хлопчатобумажной пряжи, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанный	0,2; 0,35; 0,5; 0,75; 1,0
МШДЛ	Однопроволочный, эмалированный, с двойной обмоткой из натурального шелка, лакированный	0,2; 0,5; 0,75
МШДБ	Однопроволочный, изолированный двойной обмоткой из натурального шелка и одинарной обмоткой из хлопчатобумажной пряжи, пропитанный парафином	0,1; 0,2; 0,35; 0,5
МБДЛ	Однопроволочный, изолированный эмальлаком и двойной обмоткой из хлопчатобумажной пряжи, лакированный	0,12; 0,2; 0,5; 0,75
МБОУЛ	Однопроволочный, изолированный одинарной обмоткой из хлопчатобумажной пряжи, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, лакированный	0,2; 0,35; 0,5

Марка	Характеристика	Номинальные сечения, мм ²
МГШ	Многопроволочный, в оплетке из натурального или искусственного шелка	0,05; 0,07; 0,10
МГШД	Многопроволочный, изолированный двойной обмоткой из натурального шелка	0,05; 0,07; 0,1; 0,2; 0,35; 0,5
МГШДО	Многопроволочный, изолированный двойной обмоткой из натурального шелка	0,05; 0,07; 0,1; 0,2; 0,35; 0,5
МГШДЛ	Многопроволочный, изолированный двойной обмоткой из натурального шелка, лакированный	0,05; 0,1; 0,2
МГШДОЛ-К	Многопроволочный, изолированный двойной обмоткой из искусственного шелка капрон, в оплетке из шелка капрон, проклеенный лаком	0,2; 0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5
МГШОЛ	Многопроволочный, изолированный одинарной обмоткой из искусственного или натурального шелка, лакированный	0,05; 0,1; 0,2
МГБЛ	Многопроволочный, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, лакированный	0,2; 0,35; 0,5; 0,75; 1,0
МГБД	Многопроволочный, изолированный двойной обмоткой из хлопчатобумажной пряжи	0,05; 0,07; 0,1; 0,35; 0,5
МГБОО	Многопроволочный, изолированный одинарной обмоткой из хлопчатобумажной пряжи, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи	0,05; 0,07; 0,1; 0,2; 0,35; 0,5
МГБООЛ	Многопроволочный, изолированный одинарной обмоткой из хлопчатобумажной пряжи, лакированный	0,2; 0,35; 0,5
МГББЛ	Многопроволочный, изолированный одинарной обмоткой из натурального шелка, одинарной обмоткой из хлопчатобумажной пряжи, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, лакированный	0,2; 0,35; 0,5; 0,75; 1,0
МГБОЛ	Многопроволочный, изолированный одинарной обмоткой из хлопчатобумажной пряжи, лакированный	0,05; 0,1; 0,2
МГБДЛ	Многопроволочный, изолированный двойной обмоткой из хлопчатобумажной пряжи, лакированный	0,05; 0,1; 0,2; 0,35; 0,5; 0,75; 1,0
МГБДЛЭ	То же, экранированный	0,2; 0,35; 0,5; 0,75; 1,0
МГСЛ	Многопроволочный, изолированный двойной обмоткой из стекловолокна, в оплетке из стекловолокна, лакированный	0,2; 0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25
МЦШЛ	Многопроволочный, изолированный синтетической пленкой, двойной обмоткой из стекловолокна, в оплетке из стекловолокна, лакированный	0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 2,5; 4,0
МЦШЛЭ	То же, экранированный	

Марка	Характеристика	Номинальные сечения, мм ²
МЦБЛ	Многопроволочный, изолированный синтетической пленкой, двойным слоем из стекловолокна, в оплетке их хлопчатобумажной пряжи, лакированный	0,05; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 2,5; 4,0
МЦБЛЭ	То же, экранированный	
МЦСЛ	Многопроволочный, изолированный синтетической пленкой, двойной обмоткой из стекловолокна, в оплетке из стекловолокна, лакированный	0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0
МЦСЛЭ	То же, экранированный	
ПМВ	Однопроволочный, изолированный полихлорвинилом	0,2; 0,5; 0,75
ПМОВ	Однопроволочный, изолированный обмоткой из хлопчатобумажной пряжи и полихлорвинилом	0,2; 0,35; 0,5; 0,75
ПМВГ	Многопроволочный, изолированный обмоткой из хлопчатобумажной пряжи и полихлорвинилом	0,2; 0,35; 0,5; 0,75
МГВ	Многопроволочный, изолированный полихлорвинилом	0,1; 0,2; 0,35; 0,5; 0,75; 1,0
МГВЛ	Многопроволочный, изолированный полихлорвинилом, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, лакированный	0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 2,0; 5,0
МГВСЛ	Многопроволочный, изолированный полихлорвинилом, в оплетке из стекловолокна, лакированный	0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 2,0; 3,0
МКШ	Многопроволочный, с изоляцией из полихлорвинилового пластика	0,75
МКШЭ	Многопроволочный, с изоляцией из полихлорвинилового пластиката, экранированный	0,75
МКЭ	Многопроволочный, с изоляцией из полихлорвинилового пластиката, экранированный	0,75
МР	Однопроволочный, изолированный вулканизированной резиной	0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5
МРП	Однопроволочный, изолированный вулканизированной резиной, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанный парафином	0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5
МРЛ	Однопроволочный, изолированный резиной, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, лакированный	0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5
МРГ	Многопроволочный, изолированный вулканизированной резиной	0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5

Марка	Характеристика	Номинальные сечения, мм ²
МРГП	Многопроволочный, изолированный вулканизированной резиной, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанный парафином	0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5
МРГПЭ	То же, экранированный	
МРГЛ	Многопроволочный, изолированный вулканизированной резиной, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, лакированный	0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5

5. Сплавы высокого омического сопротивления

По характеру применения сплавы высокого сопротивления делятся на три группы.

Первая группа — сплавы для изготовления эталонов сопротивлений, магазинов, шунтов и добавочных сопротивлений. К этой группе относится манганин, обладающий очень малым температурным коэффициентом, стабильностью, высоким удельным сопротивлением и малой термо-э. д. с. в контакте с медью.

Вторая группа — сплавы для изготовления реостатов и балластных сопротивлений. К этой группе относятся никелин, нейзильбер, реотан и константан.

Третья группа — сплавы для нагревательных приборов. Наилучшим материалом для изготовления этих приборов является нихром.

В табл. 6 приведены основные данные сплавов высокого сопротивления.

Т а б л и ц а 6
ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ СПЛАВОВ ВЫСОКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Сплавы	Удельное сопротивление при +20 °С, Ом·мм ² /м	Температурный коэффициент при 0...+100 °С	Максимальная рабочая температура, °С
Манганин	0,42...0,48	+0,00003	100
Константан	0,44...0,52	±0,00001	500
Никелин	0,39...0,45	+0,00002	150...200
Реотан	0,45...0,52	+0,00040	150...200
Нейзильбер	0,28...0,35	+0,00004	150...200
Нихром	1,0...1,1	+0,00020	1000
Фехраль	1,1...1,3	+0,00010	900

6. Провода высокого сопротивления

Т а б л и ц а 7

ПРОВОДА ВЫСОКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Марка	Характеристика	Выпускаемые диаметры, мм
ПЭК	Провод константовый, изолированный эмалью	0,03...1,0
ПЭШОК	То же, изолированный эмалью и одним слоем шелковой обмотки	0,05...1,0
ПЭБОК	То же, изолированный эмалью и одним слоем хлопчатобумажной обмотки	0,04...1,0
ПШДК	То же, изолированный двумя слоями шелковой обмотки	0,05...1,0
ГЭММ	Провод марганцовый мягкий, изолированный эмалью	0,03...1,0
ПЭШОММ	То же, изолированный эмалью и одним слоем шелковой обмотки	0,05...1,0
ПШДММ	Провод марганцовый мягкий, изолированный двумя слоями шелковой обмотки	0,05...1,0
ПЭМТ	Провод марганцовый твердый, изолированный эмалью	0,03...1,0
ПЭШОМТ	То же, изолированный эмалью и одним слоем шелковой обмотки	0,05...1,0
ПШДМТ	То же, изолированный двумя слоями шелковой обмотки	0,05...1,0
ПЭМС	Провод марганцовый мягкий, изолированный эмалью, стабилизированный	0,05...1,8

7. Высокочастотные кабели

Основные электрические характеристики высокочастотных кабелей — волновое сопротивление, погонная емкость, погонное затухание и рабочее напряжение.

Волновым сопротивлением кабеля по аналогии с волновым сопротивлением колебательного контура называется величина

$$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}},$$

где L и C — погонные индуктивность и емкость кабеля.

Волновое сопротивление кабеля определяется его конструкцией. Отношение напряжения к току в любой точке кабеля равно волновому сопротивлению.

Погонная емкость кабеля — емкость единицы длины кабеля. Обычно погонная емкость кабеля указывается в пФ/м.

Затухание кабеля характеризует потери передаваемой по кабелю энергии. За счет потерь амплитуда напряжения U_2 в конце кабельной линии меньше амплитуды напряжения U_1 в начале линии:

$$U_2 = U_1 e^{-\beta l},$$

где β — погонное затухание; l — длина кабеля; e — основание натуральных логарифмов ($e \approx 2,71$).

Погонное затухание, выраженное в неперах на 1 м (Нп/м),

$$\beta = \ln \frac{U_1}{U_2},$$

где U_1 и U_2 — напряжения в начале и в конце отрезка кабельной линии длиной 1 м. Иногда погонное затухание указывается в миллинеперах на 1 м (мНп/м).

Рабочее напряжение кабеля-максимальное напряжение между жилами кабеля, при котором кабель может работать длительное время (более 10 тыс. ч).

Типы кабелей. Наиболее часто применяются *коаксиальные* (концентрические) кабели. Однопроводный коаксиальный кабель состоит из внутреннего провода, покрытого изоляцией с малыми потерями на высоких частотах, и расположенного концентрически по отношению к нему внешнего провода, который обычно выполняется в виде оплетки из тонкой медной проволоки.

Двухпроводные высокочастотные кабели состоят из двух параллельных или скрученных проводов с экраном или без него. Применяются также *ленточные* кабели в виде двух параллельных проводов, находящихся в пластмассовой изоляции на фиксированном расстоянии друг от друга. Промышленностью выпускается ленточный кабель типа КАТВ с волновым сопротивлением 300 Ом.

Электрические характеристики высокочастотных кабелей приведены в табл. 9 и 10, а конструктивные данные — в табл. 11 и 12.

8. Электроизолирующие материалы

Лаки. Пропиточные лаки служат для пропитки волокнистой изоляции (бумага, картон, пряжа, ткань), обмоток транс-

ПРОВОДА ВЫСОКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Диаметр провода, мм	Площадь сечения, мм ²	Мanganin		Nickel		Reoan		Konstantan		Fexral		Nixrom	
		Сопро- тивление 1 м про- вода при 20 °С, Ом	Вес 100 м, г	Сопро- тивление 1 м про- вода при 20 °С, Ом	Вес 100 м, г	Сопро- тивление 1 м про- вода при 20 °С, Ом	Вес 100 м, г	Сопро- тивление 1 м про- вода при 20 °С, Ом	Сопро- тивление 1 м про- вода при 20 °С, Ом	Вес 100 м, г	Сопро- тивление 1 м про- вода при 20 °С, Ом	Сопро- тивление 1 м про- вода при 20 °С, Ом	Вес 100 м, г
0,03	0,0007	606	0,58	566	0,62	662	0,62	693	0,6	—	—	1520	0,6
0,05	0,0020	220	1,59	204	1,73	240	1,70	250	1,8	—	—	550	1,6
0,07	0,0039	112	3,1	104	3,39	122	3,35	124	3,4	—	—	280	3,2
0,08	0,0050	85,4	4,1	79,5	4,43	93,4	4,75	97,4	4,5	—	—	208	4,1
0,10	0,0079	54,8	6,4	51,0	6,91	59,8	6,8	62,4	7,0	152,89	6,1	138	6,4
0,15	0,0177	24,3	14,4	22,6	15,6	26,6	15,4	27,7	15,7	67,20	13,8	61,2	14,5
0,20	0,0314	13,7	25,6	12,7	27,6	15,0	27,3	15,6	28,0	38,22	24,5	34,4	25,9
0,25	0,0491	8,76	40,0	8,14	43,4	9,57	42,7	9,98	43,7	24,44	38,2	22,1	40,3
0,30	0,0707	6,06	57,5	5,66	66,2	6,64	61,5	6,93	62,9	16,98	55,1	15,3	58,0
0,35	0,0962	4,47	78,2	4,16	84,6	4,88	83,7	5,09	85,6	12,47	75	11,3	78,5
0,40	0,1257	3,42	102,3	3,18	111	3,79	110	3,85	111,8	9,546	98	8,64	103,0
0,45	0,1590	2,71	129,5	2,53	140	2,95	138	3,08	141,5	7,547	124	6,78	130,4
0,50	0,1964	2,20	159,8	2,04	173	2,40	171	2,50	174,8	6,110	153	5,51	161,0
0,60	0,2827	1,52	230,1	1,37	249	1,65	246	1,73	251,6	4,246	221	3,82	231,8
0,70	0,3848	1,12	313,3	1,04	339	1,22	335	1,24	342,5	3,117	300	2,81	315,6

Диаметр провода, мм	Площадь сечения, мм ²	Мanganин		Никелин		Реотан		Константан		Фехраль		Нихром	
		Сопро- твление 1 м про- вода при 20 °С, Ом	Вес 100 м, г	Сопро- твление 1 м про- вода при 20 °С, Ом	Вес 100 м, г	Сопро- твление 1 м про- вода при 20 °С, Ом	Вес 100 м, г	Сопро- твление 1 м про- вода при 20 °С, Ом	Сопро- твление 1 м про- вода при 20 °С, Ом	Вес 100 м, г	Сопро- твление 1 м про- вода при 20 °С, Ом	Вес 100 м, г	Сопро- твление 1 м про- вода при 20 °С, Ом
0,80	0,5027	0,854	409,2	0,795	443	0,934	438	0,974	447,4	2,387	392	2,16	412,2
0,90	0,6362	0,675	517,8	0,629	560	0,734	554	0,770	566,2	1,886	496	1,70	521,7
1,00	0,7854	0,548	639,3	0,510	691	0,598	683	0,624	699,0	1,528	612	1,38	644,0
1,10	0,9503	0,453	773,5	0,421	836	0,494	826	0,516	845,5	1,263	741	1,14	779,2
1,20	1,1310	0,379	920,6	0,354	995	0,415	932	0,434	1006,6	1,061	880	0,955	927,4
1,30	1,3273	0,324	1080,4	0,301	1170	0,354	1160	0,369	1181,0	0,904	1035	0,815	1088,4
1,40	1,5394	0,276	1253	0,260	1357	0,305	1345	0,313	1369,7	0,780	1200	0,702	1262,3
1,50	1,7671	0,243	1438	0,226	1560	0,266	1540	0,277	1572,6	0,679	1377	0,612	1449,0
1,60	2,0096	0,214	1635	0,200	1765	0,234	1750	0,244	1790,0	0,597	1570	0,539	1648,7
1,70	2,2698	0,189	1848	0,176	2000	0,207	1980	0,216	2020,3	0,529	1770	0,477	1861,2
1,80	2,5447	0,169	2071	0,157	2250	0,185	2180	0,192	2265,1	0,472	1980	0,425	2086,,
1,90	2,8353	0,152	2308	0,140	2500	0,156	2430	0,173	2523,2	0,423	2310	0,382	2324,9
2,00	3,1416	0,137	2557	0,127	2760	0,150	2730	0,156	2796,4	0,382	2450	0,344	2575,1
3,00	7,0686	0,061	5753	0,057	6220	0,066	6150	0,069	6291,4	0,170	5510	0,153	5796,3
4,00	12,5660	0,034	10229	—	—	0,037	10427	0,039	11187,3	—	—	—	—
5,00	19,6350	0,222	15983	—	—	—	—	0,025	17479,6	—	—	—	—

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОАКСИАЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ

Марка кабеля	Погонная емкость, пФ/м	Волновое сопротивление, Ом	Погонное затухание на частотах (МГц), мНп/м					Диэлектрическая проницаемость изоляции	Рабочее напряжение, кВ
			10	100	300	1000	3000		
РК-1	66	77	3,5	13	23	46	100	2,3	3,0
РК-2	55	92	2,5	10	17	38	78	2,3	4,5
РК-3	68	75	2,0	8	15	30	60	2,3	5,5
РК-4	68	75	2,0	8	15	30	60	2,3	5,6
РК-6	96	52	1,9	6,3	14	31	67	2,3	4,5
РК-12	96	62	5,2	19,1*	—	—	—	2,9	2,0
РК-19	96	52	6,5	23	37	69	130	2,3	1,0
РК-20	68	75	2,5	10	17	38	78	2,3	1,0
РК-28	96	52	2,5	10	17	—	—	2,3	1,5
РК-29	100	60	3,5	13	23	46	100	2,3	1,5
РК-31	85	70	6,3	22	—	—	—	2,9	5,0
РК-44	82	70	8,0	20*	—	—	—	2,9	5,0
РК-45	112	52	7,2	18*	—	—	—	2,9	8,0
РК-46	78	75	9,0	20**	—	—	—	2,9	1,0
РК-47	96	52	2,5	10	17	38	78	2,3	1,0
РК-48	100	50	2,0	8	15	—	—	2,3	2,0
РК-49	70	72	4,0	15	26	53	103	2,3	1,0
РК-50	25	157	—	10*	—	—	—	—	—

* Затухание на частоте 30 МГц.

** Затухание на частоте 50 МГц.

Таблица 10

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУХПРОВОДНЫХ КАБЕЛЕЙ

Марка кабеля	Погонная емкость, пФ/м	Волновое сопротивление, Ом	Погонное затухание на частотах (МГц), мНп/м			Рабочее напряжение, кВ
			38...40	144...146	420...425	
РД-13	58	85	11,0	22,0	40	1,0
РД-14	40	130	4,5	10,0	18	4,5
РД-15	34	150	5,6	13,0	23	4,5
РД-16	25	200	5,6	13,0	23	4,5
РД-17	50	100	4,5	10,0	18	4,5
РД-18	45	100	11,0	22,0	40	1,5
РД-26	25	200	5,6	13,0	23	3,0
КАТВ	13	300	1,8	3,4	6	—

КОНСТРУКТИВНЫЕ ДАННЫЕ КОАКСИАЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ

Марка кабеля	Внутренний провод		Изоляция		Внешний провод		Защитная оболочка		Расчетный вес погонного метра кабеля, г/м
	Число и диаметр проволоки, мм	Диаметр, мм	Тип*	Диаметр, мм	Тип**	Диаметр, мм	Тип***	Диаметр, мм	
РК-1	1×0,68	0,68	СП	4,6	МО	5,2	0-2	7,3	89
РК-2	1×0,68	0,68	СП	6,8	МО	7,4	0-2	9,6	136
РК-3	1×1,37	1,37	СП	9,0	МО	9,6	0-2	13,0	227
РК-4	1×1,37	1,37	СП	9,0	МО	11,0	0-5	11,0	455
РК-6	7×0,85	2,55	СП	9,2	МО	9,8	0-2	12,4	231
РК-12	7×0,26	1,40	СР	8,7	ЛМО	9,3	0-3	14,5	292
РК-19	1×0,68	0,68	СП	2,4	МО	3,0	0-2	4,2	39
РК-20	7×0,37	1,11	СП	7,2	МО	7,8	0-2	10,4	160
РК-28	7×0,71	2,13	СП	7,3	МД	7,9	0-2	11,4	239
РК-29	1×1,37	1,37	СП	4,8	МД	6,0	0-2	9,8	180
РК-31	7×0,26	0,78	СР	5,4	ЛМО	6,6	0-3	10,2	122
РК-44	1×0,68	0,68	СР	5,4	ЛМД	6,6	0-4	8,0	132
РК-45	1×1,68	1,68	СР	7,3	ЛМД	8,5	0-4	9,9	204
РК-46	7×0,26	0,78	СР	6,0	ЛМО	6,8	—	—	90
РК-47	7×0,71	2,13	СП	7,3	МО	7,9	0-2	10,3	172
РК-48	7×1,03	3,09	СП	10,5	МО	11,1	0-2	13,5	291
РК-49	7×0,26	0,78	СП	4,2	МО	4,8	0-2	6,3	82
РК-50	1×0,3	0,30	КВП	6,2	МО	6,8	0-2	8,8	80
РК-5/23	1×5,0	5,00	СП	23,0	П	24,6	0-2	29,3	1556
РК-ТЗ-150	1×0,71	0,71	КВП	13,5	МО	14,3	0-6	16,7	1800
ТЗ-75	1×0,26	2,60	КВП	10,0	МО	10,8	0-5	16,0	990
ДЦВ	1×5,5	5,50	КВП	20,0	ПЛ	24,5	0-3	28,7	1338
РКК-25/15	19×1,1	8,00	КВК	28,0	ПО	29,7	0-5	34,2	7985
РКМ-15/15	37×1	10,00	КВП	36,0	ПО	38,3	0-5	42,8	5043

* СП — сплошная изоляция из пластмассы; СР — сплошная изоляция из резины; КВП — комбинированная воздушно-пластмассовая изоляция; КВК — комбинированная воздушно-керамическая изоляция.

** МО — оплетка из медной проволоки; МД — двойная оплетка из медной проволоки; ЛМО — оплетка из луженой медной проволоки; ЛМД — двойная оплетка из луженой медной проволоки; П — обмотка из плоских проволок; ПЛ — профилированная лента корытного типа; ПО — обмотка из плоской проволоки (ленты) с бандажной латунной или стальной лентой.

*** 0-2 — оболочка из полихлорвинилового пластиката; 0-3 — оболочка из резины; 0-4 — оболочка из хлопчатобумажной пряжи; 0-5 — оболочка из свинца; 0-6 — оплетка из стальной оцинкованной проволоки

КОНСТРУКТИВНЫЕ ДАННЫЕ ДВУХПРОВОДНЫХ КАБЕЛЕЙ

Марка кабеля	Диаметр внутреннего провода, мм	Диаметр изоляции, мм*	Положение жил**	Экран		Оболочка		Расчетный вес погонного метра кабеля, г/м
				Тип***	Размеры, мм	Тип****	Размеры, мм	
РД-26	0,68	6,7	П	МО	7,3×14,6	0-5	9,9×17,4	840
РД-14	2,55	7,0	С	—	—	0-2	15,5	285
РД-13	0,79	1,8	С	МД	5,7	0-2	7,3	126
РД-15	1,11	7,0	П	МО	8,2×16,4	0-2	10,0×18,8	380
РД-16	0,68	6,8	П	МО	8,0×16,0	0-2	10,8×18,4	359
РД-17	2,55	6,2	С	МО	13,7	0-2	16,5	396
РД-18	0,79	1,8	С	—	—	0-2	6,6	52

* Поверх изоляции каждой жилы имеется оплетка из медной проволоки.

** П — параллельное размещение жил в кабеле; С — отдельные жилы кручены вместе.

*** МО — оплетка из медной проволоки; МД — двойная оплетка из медной проволоки.

**** 0-2 — оболочка из полихлорвинилового пластика; 0-5 — оболочка из свинца.

форматоров и др. В результате пропитки увеличивается пробивное напряжение, улучшается охлаждение и уменьшается гигроскопичность изоляции.

Масляно-битумный лак № 447 применяется для пропитки обмоток. Время высыхания при 110...150 °С не более 6 ч.

Кремнийорганический лак ЭФ-3 применяется для пропитки обмоток. Время высыхания при 200 °С не более 2 ч.

Покровные лаки служат для образования механически прочной, гладкой, влагостойкой электроизолирующей пленки на поверхности лакируемых предметов. Этими лаками покрывается предварительно пропитанная твердая изоляция с целью дальнейшего повышения электроизолирующих свойств и улучшения внешнего вида.

Эмали ПКЭ-14 и ПКЭ-15 предназначены для покрытия обмоток, предварительно пропитанных в лаке ЭФ-3. Время высыхания при 200 °С не более 3 ч.

Клеящие лаки служат для склеивания различных материалов.

Полистирольный лак представляет собой раствор полистирола в толуоле, ксилоле и других растворителях; при высыхании образует пленку с высокими диэлектрическими свойствами, малой гигроскопичностью. Пленка не выдерживает нагрев выше 80 °С.

Шеллачный лак — раствор шеллака в этиловом спирте. Применяется для клейки и пропитки. Обладает высоким пробивным напряжением.

Компаунды представляют собой смесь смол, воскообразных веществ и битумов с различными добавками. Это большей частью термопластичные материалы, которые перед употреблением расплавляют. Расплавленные компаунды применяются для создания толстого покровного слоя или для пропитки обмоток трансформаторов и др.

Компаунд № 309 (битум № 5 — 81%, олифа натуральная — 3%, озокерит — 16%) предназначен для заливки и обволакивания трансформаторов, дросселей, катушек низкой частоты.

Компаунды К-168, К-293, К-115Н (на основе эпоксидных смол) обладают хорошей морозостойкостью (до -60 °С).

Клеи. Клей БФ-2 целесообразно применять для склеивания металлов друг с другом, для электроизоляции деталей и в том случае, когда нужен клеевой шов с повышенной теплоустойчивостью. БФ-4 применяется, когда клеевое соединение должно быть эластичным и стойким к вибрации. БФ-2 и БФ-4 могут также применяться для склеивания цветных металлов, сталей разных марок, пластмасс терморезистивного типа, органического стекла, дерева, шпона, фибры, фарфора, керамики, кожи, тканей, бумаги, эбонита как друг с другом, так и при любом сочетании их между собой. Клей БФ-6 рекомендуется для склеивания тканей, фетра, целлофана, войлока, резины.

Полистирольный клей состоит из бензола (96% по весу) и полистироловой стружки (4%). Применяется для склеивания полистироловых деталей. Клей с 10% полистирола применяется для закрепления концов обмоток высокочастотных катушек при намотке.

Акриловый клей применяется для склеивания органического стекла. Состав клея: 2...3% органического стекла и 97...98% дихлорэтана.

Клей № 88 — раствор резиновой смеси № 31 и бутилфенолформальдегидной смолы в смеси этилацетана и бензина в соотношении 2 : 1. Предназначен для приклеивания холодным способом резины к металлам. Им можно приклеивать резину к стеклу, дереву, коже и другим материалам, а также склеивать резину с резиной.

ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОИЗОЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Материалы	Диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь		Пробивная напряженность электрического поля, кВ/мм	Теплостойкость, °С	Удельный вес, г/см ³
		на частоте 50 Гц	на частоте 1 МГц			
Асбест (ВЛ)	—	0,7	—	2	400	2,3...2,6
Бакелит (СС)	4...4,6	0,05...0,12	—	10...40	—	1,2
Береза сухая	3...4	—	0,02	30...40	—	0,7
Бумага кабельная	4...4,8	0,35	—	—	—	—
Винилпласт (П)	4,1	0,01	—	15	110	1,4
Воск пчелиный (В)	2,8...2,9	0,0003	—	20...35	61...64	0,96
Гетинакс (СП)	5...6,5	0,02	0,03	10...30	150	1,3
Галовакс (В)	4,5...5,5	0,004...0,01	0,003	10	88...135	1,5...1,6
Гуттаперча	4	0,008	—	15	30	0,95
Канифоль (НС)	3,5	0,01	—	10...15	—	1,1
Карболит (П)	—	0,03...0,0001	—	10...15	1,2...1,3	—
Кварц плавленый (С)	4,1...4,4	—	0,0001	20...30	1600	2,2
Керамит (ТК)	7,5	—	0,0007...0,0018	20	1200	3,2
Лакоткань черная	2,8...3	0,16	0,19	20...24	105	—
Лакоткань светлая	4,7...7,7	0,07	0,09	—	105	—
Микалекс (КН)	8...10	0,005	0,02	15...20	400	2,6...3,5
Мрамор (М)	8...10	0,005...0,01	—	6...10	70...100	2,7
Озокерит (В)	2,3	0,01	0,003...0,004	25	58...98	0,9...1,0
Парафин (В)	2,2...2,3	0,0005	0,0005	20...30	45...54	0,4...0,9
Плексиглас (оргстекло)	3,0...3,6	0,02	0,06	18	60	1,2
Полистирол (П)	2,2...2,6	0,0002	0,0002	25...50	70...90	1,05

Материалы	Диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь		Пробивная напряженность электрического поля, кВ/мм	Теплостойкость, °С	Удельный вес, г/см ³
		на частоте 50 Гц	на частоте 1 МГц			
Полихлорвинил	3,1...3,5	0,02	—	50	—	1,38
Радиостеатит (ТК)	6,0	0,0006	0,0003...0,0008	20	—	2,7
Радиофарфор (К)	6,0	0,009	0,0027...0,004	15...20	1200	2,5...2,6
Резина мягкая	2,6...3	0,005...0,03	—	15...25	50	1,7...2
Слюда мусковит (М)	4,5...8	0,001	0,001	50...200	400	2,8...3,2
Слюда флогопит (М)	4...5,5	0,005...0,01	0,005...0,01	60...125	800	2,5—2,7
Стеатит (К)	5,5...6,5	0,0006	0,0015...0,002	20...30	1400	2,6...2,8
Стекло (С)	4...10	0,0005...0,001	0,001	20...30	500...1700	2,2...4
Текстолит	7	0,02	0,08	2...8	120	1,3...1,4
Тиконд (К)	25...80	0,0003	0,001...0,002	15...20	1200	3,8...3,9
Ультрафарфор (К)	6,3...7,5	0,002	0,0006	15...30	1400	2,6...2,9
Фарфор электротехнический	6,5	—	0,005...0,01	20	1200	2,4
Фибра сухая	2,5...8	0,02	0,06...0,07	2...6	100	1,1...1,9
Целлулоид	3...4	0,025	0,05...0,06	30	40	—
Церезин (В)	2,2	0,0002	0,0002	15	65...80	0,95
Шелк натуральный	4...5	—	0,01...0,02	—	100	—
Шеллак (СН)	3,5	0,01	—	20...30	80	1,02
Эбонит (КП)	4...4,5	—	0,01...0,015	25	60	1,3
Прессшпан	3...4	0,02	0,02...0,08	9...12	100	0,9...1,1
Эмаль стекловидная (С)	4...7	—	—	20...25	300	2,0...2,7
Эскалон (П)	2,7...3	—	0,0006...0,001	35	130	—

Примечание: В — воскообразный, ВЛ — волокнистый, К — керамический, П — пластмасса, КН — комбинированный, неорганический, КП — каучуковая пластмасса, С — стеклообразный, М — минеральный, СН — смола натуральная, СС — смола синтетическая, СП — слоистая.

Эпоксидные клеи могут затвердевать при комнатной температуре и обладают высокой стойкостью против воздействия воды и различных растворителей. При склеивании не требуется больших давлений.

Эпоксидные смолы ЭД-5, ЭД-6 и ЭД-37 применяются в качестве клея. Для отвердевания при комнатной температуре на 100 г смолы вводят 6,5...10 г отвердителя (гексаметилендиамина или полиэтиленполиамина). Таким клеем можно пользоваться в течение 1,5 ч после смешения компонентов.

МАГНИТОПРОВОДЫ И СЕРДЕЧНИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Магнитопровод (сердечник) является одним из основных элементов конструкции практически любого электромагнитного компонента. Марка ферромагнитного материала, вид и тип магнитопровода выбираются в зависимости от назначения компонента, рабочей частоты, условий эксплуатации, требований к уровню наводимых электромагнитных помех и пр.

В соответствии с ГОСТ 20249—80 магнитопроводы трансформаторов и дросселей, работающих с частотой 50 Гц, выполняются из электротехнической стали марок 1511, 1521, 3411, 3412 толщиной 0,20...0,50 мм. Применение магнитопроводов из холоднокатаной стали марок 3421...3425 позволяет повысить КПД трансформаторов питания, уменьшить их массу и объем при одновременном росте стоимости изделий. Для трансформаторов и дросселей, работающих с частотой 400...5000 Гц, магнитопроводы выполняются из стали толщиной 0,05...0,08 мм.

Магнитопроводы из электротехнической стали выполняются в виде пластинчатой или ленточной конструкции, т. е. либо набираются из отдельных пластин специальной формы, либо навиваются из ленты. Последняя конструкция более технологична и находит широкое применение в современных унифицированных серийно выпускаемых трансформаторах и дросселях радиоэлектронной аппаратуры. Магнитопроводы пластинчатой конструкции имеют ограниченное применение, однако широко применяются в радиолюбительских устройствах.

Основные типы пластин в соответствии с ГОСТ 20249—80 приведены на рис. 1.

Магнитопроводы, собираемые из Ш- и I-образных пластин, называются *броневыми* (рис. 2, а), а из П-образных пластин — *стержневыми* (рис. 2, б). В зависимости от типов применяемых при сборке пластин магнитопроводы подразделяются на следующие типы (рис. 3): ШI, ШШ, ШУ, ПН, ПУ, ШП. Магнитопроводы типов ШI, ШШ, ШП в зависимости от сборки, определяющей взаимную ориентацию пластин, выполняются сборкой пластин встык (рис. 3, а, в, ж, исполнение 1) и сборкой пластин внахлест (рис. 3, б, г-е, исполнение 2). Магнитопроводы типов ШУ, ПН, ПУ собирают только внахлест отдельными пластинами или пакетами из них.

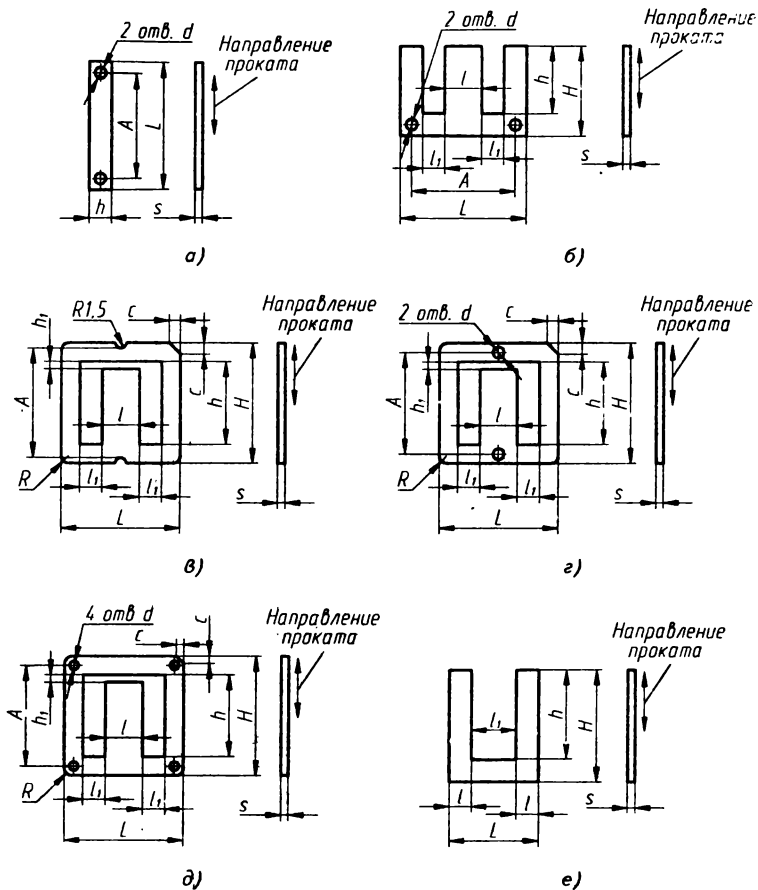


Рис. 1. Основные типы пластин:

а) I-образная; б) Ш-образная с высотой стержней h больше ширины окна l , в-д) Ш-образная с постоянным немагнитным зазором h_1 и высотой среднего стержня h более ширины окна l ; е) П-образная высотой стержней h больше ширины окна l .

В ленточных магнитопроводах эффективно используются свойства холоднокатаной анизотропной стальной электротехнической ленты, в том числе малой толщины (до 0,02 мм). Трансформаторы, выполненные на ленточных магнитопроводах, по сравнению с пластинчатыми имеют меньшие магнитные поля рассеяния. Для облегчения операции намотки обмоток ленточные магнитопроводы выполняются разрезными, в этом

случае для получения хорошего магнитного контакта поверхности их стыка шлифуются с высокой степенью обработки и плотно прижимаются при сборке.

Типы и размеры разрезных ленточных магнитопроводов (рис. 4) стержневой, броневой и кольцевой конструкции установлены ГОСТ 22050-76.

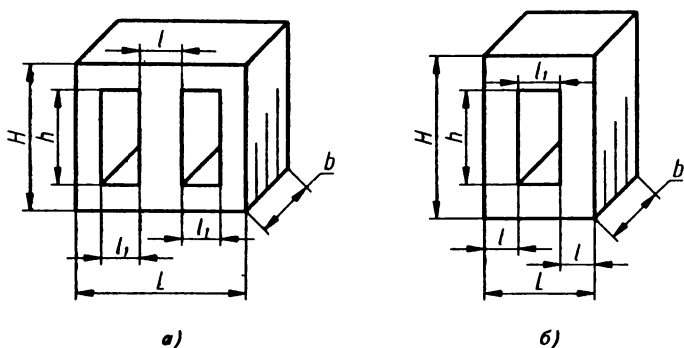


Рис. 2. Размеры магнитопроводов пластинчатой конструкции:
а) броневой; б) стержневого.

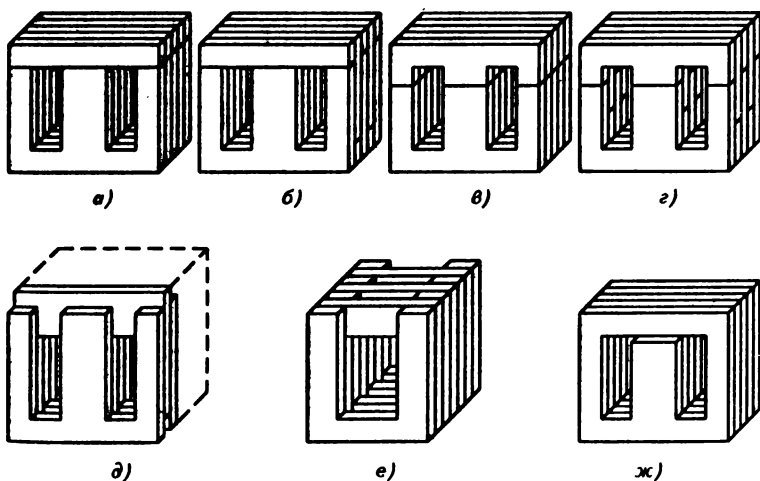


Рис. 3. Типы магнитопроводов:
а, б) ШМ; в, г) ШШ; д) ШУ; е) ПН, ПУ; ж) ШП.

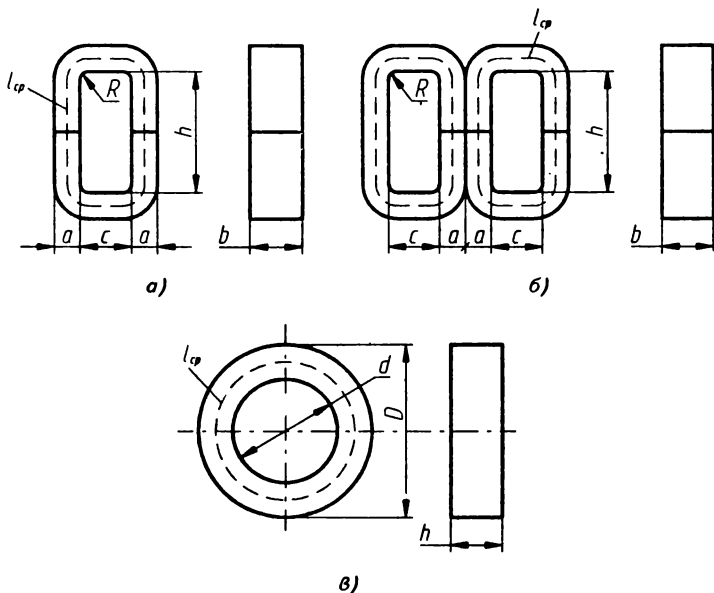


Рис. 4. Типы и размеры разрезных ленточных магнитопроводов
 а) стержневой, б) броневой, в) кольцевой конструкции:

a — толщина навивки, b — ширина ленты, c — ширина окна, h — высота окна, R — внутренний радиус, равный 0,5...2 мм в зависимости от толщины ленты.

Ленточные магнитопроводы стержневой и броневой конструкции подразделяются на типы: ПЛ — П-образные ленточные; ПЛМ — П-образные ленточные с уменьшенным отношением ширины окна к толщине навивки; ПЛР — П-образные ленточные с геометрическими размерами, обеспечивающими наименьшую стоимость трансформаторов; ШЛ — Ш-образные ленточные; ШЛМ — Ш-образные ленточные с уменьшенным отношением ширины окна к толщине навивки; ШЛО — Ш-образные ленточные с увеличенным окном; ШЛП — Ш-образные ленточные с увеличенным отношением ширины ленты к толщине навивки; ШРЛ — Ш-образные ленточные с геометрическими размерами, обеспечивающими наименьшую стоимость трансформаторов.

В соответствии с рекомендациями ГОСТ 22050—76 магнитопроводы типа ШЛМ применяют в трансформаторах наименьшей массы и стоимости на частоте 50 Гц до мощности порядка 100 В·А, а магнитопроводы ПЛМ — при мощности свыше 100 В·А. Магнитопроводы типа ПЛ целесообразно применять в низковольтных трансформаторах питания наименьшей массы

на частотах 50 и 400 Гц мощностью свыше 500 В·А, а магнитопроводы типа ШЛ — на частоте 400 Гц. Магнитопроводы типа ШЛО применяют в низковольтных трансформаторах на частотах от 1000 до 5000 Гц и в высоковольтных трансформаторах на частотах от 50 до 5000 Гц наименьших массы, объема и стоимости, а магнитопроводы типа ШЛП — в трансформаторах и дросселях наименьшего объема на частотах от 400 до 1000 Гц. В трансформаторах наименьшей стоимости, рассчитанных на заданный перегрев обмоток, применяют магнитопроводы типа ПЛР, а рассчитанных на допустимое падение напряжения в обмотках — типа ШЛР. Основные характеристики и размеры магнитопроводов, применяющихся в трансформаторах и дросселях радиоэлектронной аппаратуры, работающей от сети частотой 50 Гц, приведены в табл. 1—3.

Т а б л и ц а 1

МАГНИТОПРОВОДЫ ТИПА ПЛМ

Типоразмер магнитопровода	a, мм	b, мм	c, мм	h, мм	S _с , см ²	S _{ок} , см ²	S _с · S _{ок} , см ⁴	l _{ср} см
ПЛМ20×32×28	20	32	19	28	6,4	5,32	34,048	15,7
ПЛМ20×32×36				36		6,84	43,776	17,3
ПЛМ20×32×46				46		8,74	55,936	19,3
ПЛМ20×32×58				58		11,02	70,528	21,7
ПЛМ25×40×36	25	40	24	36	10	8,64	86,4	19,8
ПЛМ25×40×46				46		11,04	110,4	21,8
ПЛМ25×40×58				58		13,92	139,2	24,2
ПЛМ25×40×73				73		17,52	175,2	27,2
ПЛМ32×50×46	32	50	30	46	16	13,80	220,8	25,2
ПЛМ32×50×58				58		17,40	278,4	27,7
ПЛМ32×50×73				73		21,90	350,4	30,6
ПЛМ32×50×90				90		27	432	34

Идеальным с точки зрения использования магнитных свойств магнитопровода является тороидальный трансформатор с ленточным кольцевым неразрезанным магнитопроводом (рис. 4). У него минимальный поток рассеяния, малое магнитное сопротивление, высокие удельные массо-объемные характеристики мощности. Основной недостаток — большая трудоемкость и высокая стоимость выполнения на нем обмоток. Несмотря на недостатки из-за своих достоинств и относительно малой высоты сетевые тороидальные трансформаторы питания находят применение в высококачественной бытовой радиоаппаратуре уплощенной конструкции и в измерительной аппаратуре.

МАГНИТОПРОВОДЫ ТИПА ПЛ

Типоразмер магнитопровода	a, мм	b, мм	c, мм	h, мм	S _С , см ²	S _{ДОК} , см ²	S _С · S _{ДОК} , см ⁴	l _{СР} , см
ПЛ6,5×12,5×8	6,5	12,5	8	8	0,813	0,64	0,5203	5,2
ПЛ6,5×12,5×10				10		0,8	0,6504	5,6
ПЛ6,5×12,5×12,5				12,5		1	0,813	6,1
ПЛ6,5×12,5×16				16		1,28	1,0406	6,8
ПЛ8×12,5×12,5	8	12,5	10	12,5	1	1,25	1,25	7
ПЛ8×12,5×16				16		1,6	1,6	7,7
ПЛ8×12,5×20				20		2	2	8,5
ПЛ8×12,5×25				25		2,5	2,5	9,5
ПЛ10×12,5×20				20		10	12,5	1,25
ПЛ10×12,5×25	25	3,12	3,9	10,6				
ПЛ10×12,5×32	32	4	5	12				
ПЛ10×12,5×40	40	6,25	7,812	13,6				
ПЛ12,5×16×25	12,5	16	16	25	2			
ПЛ12,5×16×32				32		5,12	10,24	13,5
ПЛ12,5×16×40				40		6,4	12,8	15,1
ПЛ12,5×16×50				50		8	16	17,1
ПЛ12,5×25×32	12,5	25	20	32	3,125	6,4	20	14,3
ПЛ12,5×25×40				40		8	25	15,9
ПЛ12,5×25×50				50		10	31,25	17,9
ПЛ12,5×25×60				60		12	37,5	19,9
ПЛ16×32×40	16	32	25	40	5,12	10	51,2	14
ПЛ16×32×50				50		12,5	64	20
ПЛ16×32×65				65		16,25	83,2	23
ПЛ16×32×80				80		20	102,4	26
ПЛ20×40×50	20	40	32	50	8	16	128	22,6
ПЛ20×40×60				60		19,2	153,6	24,6
ПЛ20×40×80				80		25,6	204,8	28,7
ПЛ20×40×100				100		32	256	32,7
ПЛ25×50×65	25	50	40	65	12,5	26	325	28,8
ПЛ25×50×80				80		32	400	31,8
ПЛ25×50×100				100		40	500	35,8
ПЛ25×50×120				120		48	600	39,8
ПЛ32×64×80	32	64	50	80	20,48	40	819,2	36
ПЛ32×64×100				100		50	1024	40
ПЛ32×64×130				130		65	1331,2	46
ПЛ32×64×160				160		80	1638,4	52
ПЛ40×80×100	40	80	64	100	32	64	2048	45,4
ПЛ40×80×120				120		76,8	2457,6	49,4
ПЛ40×80×160				160		102,4	3276,8	57,4
ПЛ40×80×200				200		128	4096	65,4

МАГНИТОПРОВОДЫ ТИПА ШЛМ

Типоразмер магнитопровода	a , мм	b , мм	c , мм	h , мм	S_c , см ²	$S_{ок}$, см ²	$S_c \cdot S_{ок}$, см ⁴	$l_{ср}$, см
ШЛМ8×6,5		6,5			0,52		0,338	
ШЛМ8×8	4	8	5	13	0,64	0,65	0,416	4,9
ШЛМ8×10		10			0,8		0,52	
ШЛМ8×12,5		12,5			1		0,65	
ШЛМ8×16		16			1,28		0,832	
ШЛМ10×8		8			0,8		0,864	
ШЛМ10×10		10			1		1,08	
ШЛМ10×12,5	5	12,5	6	18	1,25	1,08	1,35	6,4
ШЛМ10×16		16			1,6		1,728	
ШЛМ10×20		20			2		2,16	
ШЛМ12×10		10			1,2		2,208	
ШЛМ12×12,5		12,5			1,5		5,078	
ШЛМ12×16	6	16	8	23	1,92	1,84	3,533	8,1
ШЛМ12×20		20			2,4		4,416	
ШЛМ12×25		25			3		5,52	
ШЛМ16×12,5		12,5			2		4,68	
ШЛМ16×16		16			2,56		5,99	
ШЛМ16×20	8	20	9	26	3,2	2,34	7,488	9,5
ШЛМ16×25		25			4		9,36	
ШЛМ16×32		32			5,12		11,981	
ШЛМ20×16		16			3,2		13,824	
ШЛМ20×20		20			4		17,28	
ШЛМ20×25	10	25	12	36	5	4,32	21,6	12,7
ШЛМ20×32		32			6,4		27,648	
ШЛМ20×40		40			8		34,56	
ШЛМ25×20		20			5		33,75	
ШЛМ25×25		25			6,25		42,187	
ШЛМ25×32	12,5	32	15	45	8	6,75	54	15,9
ШЛМ25×40		40			10		67,5	
ШЛМ25×50		50			12,5		84,375	
ШЛМ32×25		25			8		79,2	
ШЛМ32×32		32			10,24		101,38	
ШЛМ32×40	16	40	18	55	12,8	9,90	126,72	19,6
ШЛМ32×50		50			16		158,4	
ШЛМ40×32		32			12,8		221,18	
ШЛМ40×40		40			16		276,48	
ШЛМ40×50	20	50	24	72	20	17,28	354,6	25,5
ШЛМ40×64		64			25,6		442,37	

Наибольшее применение тороидальные трансформаторы с кольцевыми магнитопроводами (сердечниками) из пермаллоевых сплавов, ферритов нашли в схемах статических преоб-

зователей напряжения (инверторов) источников вторичного электропитания РЭА, работающих с частотой переключения в десятки и сотни килогерц. Основные конструктивные характеристики ленточных кольцевых магнитопроводов из электро-технической стали по ГОСТ 24011-80 приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

КОЛЬЦЕВЫЕ ЛЕНТОЧНЫЕ МАГНИТОПРОВОДЫ ТИПА ОЛ

Обозначение магнитопровода	Площадь сечения магнитопровода, см ²	$S_c \cdot S_{ок}$, см ⁴	Средняя длина магнитной силовой линии, см	Масса магнитопровода, г	Ориентировочная мощность трансформатора, В·А, на частотах	
					50 Гц	400 Гц
ОЛ16/26-6,5	0,325	0,66		14,2	0,48	7
ОЛ16/26-8	0,4	0,8		17,6	0,6	8,8
ОЛ16/26-10	0,5	1	6,6	21,6	0,78	10,1
ОЛ16/26-12,5	0,625	1,26		27,1	0,92	13,6
ОЛ20/32-8	0,48	1,5		25	1,2	16,9
ОЛ20/32-10	0,6	1,88	8,16	32,2	1,4	20,8
ОЛ20/32-12,5	0,75	2,35		40,3	1,8	26
ОЛ20/32-16	0,96	3		52	2,3	33,7
ОЛ25/40-10	0,75	3,67		51,2	2,9	38
ОЛ25/40-12,5	0,94	4,6		64	3,7	47
ОЛ25/40-16	1,2	5,9	10,2	82	4,7	60
ОЛ25/40-20	1,5	7,35		102	5,8	75
ОЛ25/40-25	1,88	9,18		128	7,3	94
ОЛ32/50-16	1,44	11,5		125	9,3	120
ОЛ32/50-20	1,8	14,4		156	11,6	149
ОЛ32/50-25	2,25	18	12,87	194	14,6	187
ОЛ32/50-32	2,88	23		249	18,7	240
ОЛ40/64-20	2,4	30		264	24	278
ОЛ40/64-25	3	38		329	30	364
ОЛ40/64-32	3,84	48	16,33	421	39	444
ОЛ40/64-40	4,8	60		527	49,5	515
ОЛ50/80-25	3,75	74		518	58,5	550
ОЛ50/80-32	4,8	94		663	75	660
ОЛ50/80-40	6	118	20,41	829	93,5	825
ОЛ50/80-50	7,5	148		1035	117	1030
ОЛ64/100-32	5,67	187		1010	148	1300
ОЛ64/100-40	7,2	232		1265	186	1630
ОЛ64/100-50	9	290	25,75	1580	233	2040
ОЛ64/100-64	11,52	370		2020	293	2300
ОЛ80/130-40	10	505		2120	340	2500
ОЛ80/130-50	12,5	630		2670	428	2650
ОЛ80/130-64	16	810	32,97	3420	548	3340
ОЛ80/130-80	20	1010		4250	685	4170

Условное обозначение магнитопровода состоит из букв ОЛ (кольцевой ленточный) и цифр, обозначающих размеры внутреннего и внешнего диаметров и высоты магнитопровода.

Основные конструктивные характеристики кольцевых сердечников из марганцево-цинковых ферритов нетермостабильных (ГОСТ 14208-77) и термостабильных (ГОСТ 17141-76) марок и из прессованного альсифера (ГОСТ 8763-77) приведены соответственно в табл. 5 и 6. В обозначении типоразмера сердечника буква. Буква К означает кольцевой, а цифры — номинальный наружный и внутренний диаметры сердечника и его высоту.

Т а б л и ц а 5

ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ КОЛЬЦЕВЫХ СЕРДЕЧНИКОВ
ИЗ МАГНИТОМЯГКИХ НЕТЕРМОСТАБИЛЬНЫХ
И ТЕРМОСТАБИЛЬНЫХ МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВЫХ ФЕРРИТОВ

Типоразмер сердечника D×d×h	Длина магнитной линии, мм	Площадь поперечного сечения мм ²	Площадь окна сердечника, мм ²	Масса, г	Применяемость	
					ГОСТ 14208-77	ГОСТ 17141-76
K4×2,5×1,2	9,84	0,884	4,91	0,06	+	+
K5×2×1,5	9,6	2,10	3,14	0,14	-	+
K5×3×1,5	12,04	1,47	7,07	0,12	+	+
K7×4×1,5	16,41	2,19	12,57	0,24	+	+
K7×4×2	16,41	2,92	12,57	0,32	+	+
K10×6×2	24,07	3,91	28,27	0,59	+	+
K10×6×3	24,07	5,87	28,27	0,86	+	+
K10×6×4,5	24,07	8,81	28,75	1,3	+	+
K12×5×5,5	23,57	18,07	19,63	2,83	+	+
K12×8×3	30,57	5,92	50,27	1,12	+	+
K16×8×6	34,84	23,06	50,27	4,9	+	+
K16×10×4,5	39,37	13,25	78,54	3,1	+	+
K17,5×8,2×5	36,75	22,17	52,81	5,1	+	+
K30×10×5	43,55	24,02	78,54	6,4	+	+
K20×12×6	48,14	23,48	113,09	6,7	+	+
K28×16×9	65,64	52,61	201,06	20	+	+
K31×18,5×7	74,41	42,79	268,8	19	+	+
K32×16×8	69,68	61,5	201,06	26	+	+
K32×16×12	69,68	92,25	201,06	39,5	-	+
K32×20×6	78,75	35,34	314,15	17	+	+
K32×20×9	78,75	53,02	314,15	25	+	+
K38×24×7	94,04	48,15	452,38	27	+	+
K40×25×7,5	98,44	55,23	490,87	32	+	+
K40×25×11	98,44	81,11	490,87	46	+	+
K45×28×8	110,47	66,74	615,75	43	+	+
K45×28×12	110,47	97,83	615,75	62	-	+
K65×40×6	158,62	73,54	1256,6	68	+	-

ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ И МАССА КОЛЬЦЕВЫХ СЕРДЕЧНИКОВ ИЗ ПРЕССОВАННОГО ПОРОШКООБРАЗНОГО АЛЬСИФЕРА

Типоразмер сердечника	Длина магнитной линии, мм	Площадь поперечного сечения, мм ²	Масса, г
K15×7×4,8	31,4	16,6	4,5
K15×7×6,7	31,4	23,9	6
K19×11×4,8	44,8	17	6
K19×11×6,7	44,8	24,5	8
K24×13×5,2	54,6	24,6	10
K24×13×7	54,6	32,4	14
K36×25×7,5	93,7	37,6	22
K36×25×9,7	93,7	49,5	28
K44×28×7,2	109	49,7	35
K44×28×10,3	109	74	53
K55×32×8,2	130	78,2	68
K55×32×9,7	130	95	83
K55×32×11,7	130	117	100
K64×40×9,7	157	99,1	97
K64×40×14	157	150	145
K75×46×12	183	148	172
K75×46×16,8	183	216	245

Таблица 7

ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ ЗАМКНУТЫХ Ш-ОБРАЗНЫХ СЕРДЕЧНИКОВ ИЗ МАГНИТОМЯГКИХ ФЕРРИТОВ*

Типоразмер сердечника	Основные размеры сердечника, мм						Длина магнитной линии, мм	Площадь поперечного сечения, мм ²
	a	H	s	l ₀	l ₁	h		
Ш2,5×2,5	10	5	2,5	2,5	2	3,2	21,5	7,63
Ш3×3	12	6	3	3	2,5	4	26,4	10,5
Ш4×4	16	8	4	4	3,2	5,2	34,5	19,3
Ш5×5	20	10	5	5	4	6,5	43,1	30
Ш6×6	24	12	6	6	5	8	52,9	42,4
Ш7×7	30	15	7	7	6	9,5	62,9	62
Ш8×8	32	16	8	8	7,5	11,5	75,1	69,2
Ш10×10	36	18	10	10	8	13	83,8	100
Ш12×15	42	21	15	12	9	15	96,7	180
Ш16×20	54	27	20	16	11	19	123	321
Ш20×28	65	32,5	28	20	12	22	144	577

* Состоят из двух Ш-образных сердечников.

Наряду с кольцевыми сердечниками из ферритов и других магнитомягких магнитодиэлектриков (рис. 5, а, б) изготавливаются и разъемные Ш-образные (ГОСТ 18614–79, табл. 7) и броневые (ГОСТ 10983–75 и ГОСТ 19197–73) сердечники, применяемые в радиоэлектронной аппаратуре (рис. 5, в, г).

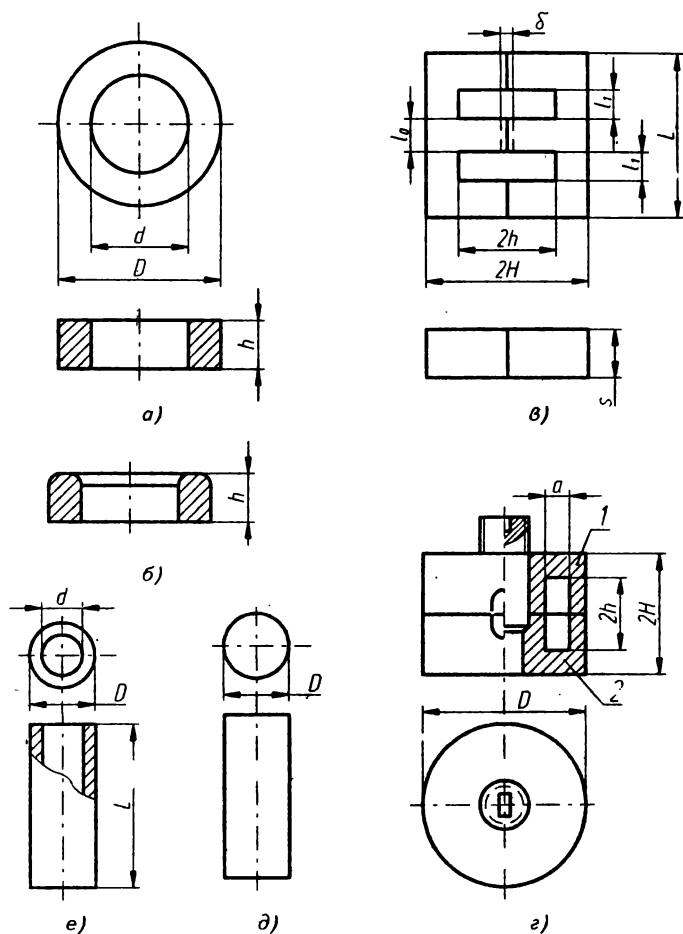


Рис. 5. Сердечники из ферритов и других магнитомягких магнитодиэлектриков:

а, б) кольцевые, в, г) разъемный Ш-образный и броневого;
 д) стержневой; е) трубчатый.

Возможно выполнение замкнутых Ш-образных сердечников с зазором. Зазор δ образуется вследствие уменьшения

высоты среднего стержня одного или двух Ш-образных сердечников, размер зазора указывается в стандартах и ТУ на изделия конкретных типов (рис. 5, в).

Т а б л и ц а 8

ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ БРОНЕВЫХ СЕРДЕЧНИКОВ
ИЗ КАРБОНИЛЬНОГО ЖЕЛЕЗА И ФЕРРИТА

Типоразмер	Исполнение	Вариант	D , мм	a , мм	$2H$, мм	$2h$, мм	Диаметр и длина подстроечника, мм	Масса, г
СБ-6а	а	1	6,5	1,9	6,4	4	M2×7	1,3
СБ-9а	а	1	9,6	2,9	7,6	4,2	M3×8	2,5
СБ-12а	а	1	12,3	4	11	8,2	M4×11,5	5
СБ-18а	а	2	18	5	14,8	10,4	M5×13,5	16,5
СБ-23-11а	а	2	23	8,5	11,4	6,2	M7×13	20
СБ-23-17а	а	2	23	7	17,4	12	M7×19	30
СБ-28а	а	2	28	9	23,4	17	M8×25	50
СБ-34а	а	2	34	13,5	28,4	20,4	M8×30	81
СБ-66	б	1	6,5	1,9	6,4	4	M2×7	1,1
СБ-96	б	1	9,6	2,9	7,6	4,2	M3×8	2,4
СБ-126	б	1	12,3	4	11	8,2	M4×11,5	4,8
СБ-236	б	2	23	8,5	11,4	6,2	M7×13	19,7
Б6	а	1	6,65	2,2	5,4	3,6	ПС 0,5×5	—
Б9	а	1	9,3	3,6	5,4	3,6	ПС 0,5×5 0,8×5	—
Б11	а	1	11,3	4,3	6,6	4,4	ПС 0,8×5 1×6	—
Б14	а	1	14,3	5,6	8,5	5,6	ПС 1,8×8 2,2×8	—
Б18	а	1	18,4	7,3	10,7	7,2	ПС 1,8×10 2,2×10	—
Б22	а	1	22	8,5	13,6	9,2	ПС 3,2×11 3,5×13	—
Б26	а	1	26	9,7	16,3	11	ПС 3,9×15 4,5×15	—
Б30	а	1	30,5	11,5	19	13	ПС 4,2×17 4,5×17	—
Б36	а	1	36,2	13,7	22	14,6	ПС 4,5×21	—
Б42	а	1	43,1	17,9	29,9	20,3	ПС 4,5×25	—
Б48	а	1	48,7	19,1	31,8	20,6	ПС 6×25	—

В радиоэлектронной аппаратуре широко применяются броневые сердечники чашечного типа из ферритов (ГОСТ 19197-73) и карбонильного магнитодиэлектрика (ГОСТ 10983-75), представленные на рис. 5, з. Сердечник состоит из двух чашек

и подстроечного сердечника. У ферритовых броневых сердечников магнитопровод замкнутый, в качестве подстроечных используются следующие типы ферритовых цилиндрических сердечников: стержневой (ПС), трубчатый (ПТ), резьбовой (ПР). Карбонильные сердечники типа СБ выполняются с замкнутой и разомкнутой магнитной цепью, первые обозначаются маленькой буквой «а», вторые — буквой «б»; в зависимости от конструкции чашек карбонильные броневые сердечники изготавливаются двух вариантов: первый — с двумя, второй — с четырьмя прорезями для выводов. Основные конструктивные параметры броневых сердечников приведены в табл. 8. Обозначение типа сердечника состоит из букв: Б — броневой ферритовый, СБ — броневой карбонильный, число означает приблизительный размер внешнего диаметра сердечника в миллиметрах. Подстроечные сердечники карбонильные выполняются только резьбового типа (от М2 до М8).

Сердечники стержневые и трубчатые из магнитомягких ферритов (кроме подстроечных сердечников и сердечников для антенн радиовещательных приемников) гладкие нешлифованные изготавливаются в соответствии с ГОСТ 19726—79. В обозначении стержневого сердечника (рис. 5, д) буква С означает стержневой, первое число — номинальное значение его диаметра D , а второе — длину L . В обозначении типоразмера трубчатого сердечника (рис. 5, е) буква Т означает трубчатый, первое число — номинальное значение внешнего диаметра D , второе — внутренний диаметр d , третье число — длину L . Типоразмеры сердечников приведены в табл. 9, 10.

Т а б л и ц а 9

ОСНОВНЫЕ ТИПОРАЗМЕРЫ СТЕРЖНЕВЫХ СЕРДЕЧНИКОВ
ИЗ МАГНИТОМЯГКИХ ФЕРРИТОВ

D , мм	1,2±0,1	1,8 ^{+0,2} _{-0,1}	2,8±0,1	3,2±0,2	3,5±0,2	4,0±0,2	6,3±0,3	8,0±0,3	10,0±0,4
L , мм	10	12	6,3; 8; 10; 12; 14; 16; 20; 25; 32; 40; 45	6,3; 8; 10; 12; 14; 16; 20	10; 12; 14; 16; 20; 25; 30; 32; 40; 45	10; 12; 14; 16; 20; 25; 32; 40; 45	10; 12; 14; 16; 20; 25; 32; 40; 45; 50; 63	16; 20; 25; 32; 40; 45; 50; 63; 71	32; 40; 45; 50; 63; 71

Примечание: сердечники с диаметром 2,7; 3; 4,5 мм в новых разработках применять запрещено.

**ОСНОВНЫЕ ТИПОРАЗМЕРЫ ТРУБЧАТЫХ СЕРДЕЧНИКОВ
ИЗ МАГНИТОМЯГКИХ ФЕРРИТОВ**

<i>D</i> , мм	2,5 ± 0,1	2,8 ± 0,1	3,2 ± 0,2	4 ± 0,2	5 ± 0,2
<i>d</i> , мм	0,8 ± 0,2	1 ± 0,2	0,8 ± 0,2	1 ± 0,2	1,5 ± 0,2
<i>L</i> , мм	5; 6,3; 10; 12; 14	4; 5; 6,3; 10; 12; 14	5; 6,3; 10; 12; 14	10; 12; 14; 16; 20; 25; 32	12; 14 16; 20 16; 20 25; 32 25; 32 40
<i>D</i> , мм	6,3 ± 0,3		8 ± 0,3	10 ± 0,4	16 ± 0,4
<i>d</i> , мм	2 ± 0,2	2,6 ± 0,2	4 ± 0,25	7,1 ± 0,4	8 ± 0,4
<i>L</i> , мм	10; 16 20; 25 32; 40 45	20; 25 32; 40 45	10; 16 16; 20 20; 25 25; 32 32; 40 40; 45 45; 50 50; 63 63	12; 16 20; 25 32; 40 50; 63	25 20; 25 32; 40 50; 63

Примечание: сердечники с внешним диаметром 3,5; 4,2; 6 мм в новых разработках применять запрещено.

Типономиналы элементов схемы на рис. 11.2

R1 — МЛТ-0,25-5,6 кОм; *R2* — МЛТ-0,25-2,7 кОм; *R3* — СП4-16-4,7 кОм; *R4* — МЛТ-0,25-2,7 кОм; *R5* — МЛТ-0,25-510 Ом; *R6* — МЛТ-0,25-47 кОм; *R7* — МЛТ-0,25-1,5 кОм; *R8* — МЛТ-0,25-82 кОм; *R9* — МЛТ-0,25-9,1 Ом; *R10* — МЛТ-0,25-100 Ом; *R11* — МЛТ-0,25-2,7 кОм; *R12* — МЛТ-0,25-51 Ом; *R13* — МЛТ-0,25-30 Ом; *R14-R19* — МЛТ-2-51 кОм; *R20* — МЛТ-1-300 кОм; *R21* — СТ1-17-15 кОм; *C1* — МБМ-160-0,05; *C2* — К50-6-16В-1 мкФ; *C3* — МБМ-160-0,1; *C4* — К50-6-25-100 мкФ; *C5* — КМ-56-Н90-100000 пФ; *VD1* — Д814А; *VD2-VD4* — Д220; *VS5* — КУ202Н; *VD6* — Д226Б; *HL* — лампа ТН-0,3-3; *RH* — элемент нагревательный; *FU* — вставка плавкая; *VT1, VT2* — транзистор МП16Б; *T* — трансформатор МИТ-4В.

Перечень элементов схемы на рис. 11.3, б

A — амперметр Э-8025; *БЛ* — блок логики БЛ-12-У2; *QF* — выключатель автоматический АП50-3М, 25 А, 380 В; *SA* — тумблер-переключатель П2Т-1, 220 В, 3 А; *КВУ* — контакт верхнего уровня; *КНУ* — контакт нижнего уровня; *HL* — лампа КМ24×35, 24 В, 35 мА; *M1* — электродвигатель ПЭДВ-11-140, 11 кВт, 3000 об/мин, 380 В; *РИБ* — реле исполнения включения, ПЭ-4У3, 220 В; *РИО* — реле исполнения отключения, ПЭ-4У3, 220 В; *KM* — пускатель магнитный ПМЕ-211, 220 В.

Перечень элементов схемы на рис. 11.8

QF1 — выключатель автоматический АЗ144, $I_n = 600$ А, $I_{расц} = 250$ А, ток уставки мгновенного срабатывания 1750 А; *QF2* — выключатель автоматический АЕ2053-10, 80 А, ток отсечки $12I_n$; *SF* — выключатель автоматический АЕ2036-10, 25 А, ток отсечки $12I_n$; *SA1* — переключатель ПКУЗ-14К; *SA2* — переключатель ПКУЗ-14Ф; *SB1* — пост кнопочный ПКЕ122-1АУ2, с черным цилиндрическим толкателем; *SB2* — пост кнопочный ПКЕ122-1АУ2, с красным грибовидным толкателем; *SB3, SB4* — пост кнопочный ПКЕ622-2У2; *KM3* — пускатель магнитный ПАЕ-512; *KY* — реле промежуточное ПЭ-4У3, 220 В; *KK3* — реле тепловое ТРП-150, $I_n = 80$ А; *K3* — реле максимального тока РТ40/100, пределы уставок 25...100 А; *SQ* — выключатель конечный ВПК2110У2; *HL* — арматура АМЕ 32322У2, с лампой КМ 24-90; *R1, R2* — резисторы ПЭ-20 в комплекте с арматурой; *PA* — амперметр Э378 с трансформатором тока 100/5 А; *M3* — электродвигатель 4А200М2У3, 380 В, 37 кВт, 3000 об/мин.

Типономиналы элементов схемы на рис. 11.16

R1 — фоторезистор ФСК-Г1; *R2* — СП-2-2-0,5А 470к; *R3* — МЛТ-2, 15к; *R4, R5* — МЛТ-0,5, 36к; *R6* — МЛТ-2, 3,6к; *R7, R8* — МЛТ-2, 15к; *R9* — МЛТ-0,5 620к; *VT1, VT2* — транзисторы МП-26А; *VD1, VD2* — диоды полупроводниковые Д211; *C* — конденсатор К50-6-160-10; *K1* — реле РЭС-10; *KM* — пускатель магнитный ПМЕ-211; *FU2* — предохранители ПРС, плавкая вставка 10 А; *FU3* — предохранители ПН2, 100 А.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Общие справочные сведения	
1.1. Понятия и определения, условные обозначения	3
1.2. Некоторые формулы электротехники	11
1.3. Краткие сведения о надежности электротехнических устройств	14
1.4. Обеспечение безопасного обслуживания персоналом машин и аппаратов и защиты их от влияния окружающей среды	16
1.5. Электроустановки во взрывоопасных зонах	20
1.6. Электроустановки в пожароопасных зонах	26
2. Обеспечение надежности элементов, устройств и машин	
2.1. Резисторы	28
2.2. Конденсаторы	35
2.3. Катушки электрических аппаратов	43
2.4. Трансформаторы, применяемые в устройствах автоматики и электроники	46
2.5. Электронные лампы	47
2.6. Полупроводниковые приборы	
2.6.1. Обозначения полупроводниковых приборов	51
2.6.2. Полупроводниковые диоды	53
2.6.3. Тиристоры	56
2.6.4. Транзисторы	58
2.6.5. Оптоэлектронные приборы	61
2.6.6. Отказы полупроводниковых приборов и их проверка	63
Диоды	65
Транзисторы	65
Интегральные микросхемы (ИМС)	67
2.7. Трансформаторы для электроснабжения	
2.7.1. Общие сведения	69
2.7.2. Группы соединений обмоток трансформаторов	70
2.7.3. Параллельная работа трансформаторов	72
2.7.4. Приемка и транспортировка трансформаторов	73
2.8. Выпрямители	75

2.9. Электрические аппараты	
2.9.1. Рубильники и переключатели	79
2.9.2. Плавкие предохранители	80
2.9.3. Автоматические выключатели (автоматы)	81
2.9.4. Магнитные пускатели	85
2.9.5. Тепловые реле	88
2.9.6. Реле максимального тока	89
2.9.7. Выбор электрических аппаратов для замены вышедших из строя	90
2.9.8. Монтаж и наладка электрических аппаратов	92
Внешний осмотр	93
Проверка аппаратов	94
2.9.9. Влияние контактов и контактных соединений на работу электроаппаратов	95
2.9.10. Неисправности электрических аппаратов	102
2.10. Электрические машины	
2.10.1. Общие понятия	109
2.10.2. Асинхронные машины	110
Асинхронные электродвигатели	112
Серии двигателей	112
Электродвигатели серии 4А	115
Унифицированная серия асинхронных двигателей Интерэлектро АИ	117
Обозначения двигателей серии	118
Выбор электродвигателей	118
Монтаж двигателей	121
Замена двигателей	122
Подготовка двигателей к включению в сеть и к работе	125
Внешний осмотр	126
Проверка схемы соединения обмоток	126
Измерение сопротивления изоляции	127
Пробный пуск двигателя	127
Проверка электродвигателя на холостом ходу и под нагрузкой	128
Способы пуска в ход асинхронных двигателей	129
Прямой пуск	129
Прямой пуск двигателя от маломощной сети	129
Пуск при пониженном напряжении	130
Пуск электродвигателя с помощью тиристорного регулятора напряжения	132
Пуск электродвигателя с фазовым ротором	133

Работа трехфазного двигателя в однофазной сети	134
Средства защиты электродвигателей.	135
Основные причины выхода двигателей из строя	135
Реле тепловые	135
Реле максимального тока (максимальные реле).	136
Автоматические выключатели (автоматы)	136
Устройства встроенной тепловой защиты (УВТЗ)	137
Фазочувствительное устройство защиты (ФУЗ).	138
2.10.3. Синхронные машины.	139
2.10.4. Машины постоянного тока	142
Генераторы постоянного тока.	143
Двигатели постоянного тока	144
Микромашины.	146
2.10.6. Неисправности и отказы электрических машин.	148
Устранение вибраций электрических машин	155
Сушка электрических машин.	157
Обозначение выводов обмоток электрических машин	159
2.11. Осветительные установки	
2.11.1. Общие сведения	160
2.11.2. Электрические лампы накаливания	161
2.11.3. Люминесцентные лампы низкого давления (ЛЛНД)	163
Пускорегулирующие аппараты со стартерным зажиганием для ламп ЛЛНД.	165
2.11.4. Дуговые ртутные лампы высокого давления (ДРЛ)	167
2.12. Датчики систем автоматического регулирования.	168
Датчики температуры.	169
Датчики давления.	172
Датчики уровня	172
Датчики освещенности и пламени.	173
Механические контактные датчики.	174
Бесконтактные датчики перемещения.	174
Неисправности датчиков.	175
2.13. Провода и кабели	
Влияния внешней среды.	178
Выбор проводов и кабелей	179
Отказы проводов и кабелей.	180
3. Токи короткого замыкания	
Основные понятия.	185
Расчет тока короткого замыкания.	186

4. Электробезопасность	
4.1. Системы с изолированной и заземленной нейтралью источника напряжения или трансформатора и опасность при касании человеком токоведущей части	187
4.2. Действие электрического тока на человека	190
4.3. Первая помощь пострадавшему от электрического тока	193
4.4. Способы защиты от поражения электрическим током в электроустановках	
4.4.1. Общие сведения	195
Защитное заземление	196
Напряжение прикосновения	198
Напряжение шага	199
Измерение сопротивления заземляющего устройства	203
4.4.2. Зануление.	204
4.4.3. Защитное отключение.	205
4.4.4. Электрическое разделение сетей	206
4.4.5. Использование малого напряжения.	207
4.4.6. Выравнивание потенциалов.	207
4.5. Организация эксплуатации электрооборудования	208
4.6. Электробезопасность и надежность	209
4.7. Случаи действия электрического тока на человека и животных	212
4.8. Электрозщитные средства и предохранительные приспособления	
Общие сведения.	213
Основные защитные средства.	214
Переносные заземления.	217
Предохранительные приспособления	217
5. Электроизмерительные приборы.	219
Подготовка прибора к работе и порядок работы.	220
6. Инструмент электрика.	225
7. Правила пользования защитными средствами, измерительными приборами и инструментами.	229
8. Электротехнические материалы, применяемые при ремонте электрооборудования	231
9. Пожарная безопасность	234
10. Учет и экономия электроэнергии	
Общие сведения	237
Счетчики	238
Условия надежной работы счетчиков	241
Основные направления экономии электроэнергии	241
	319

11. Обслуживание электрооборудования	
Общие сведения	243
Осмотр электрооборудования	243
Устранение видимых неисправностей.	244
Поиск и устранение невидимых неисправностей	245
Типы электрических схем	245
Пример поиска неисправности в электроустановке	252
Поиск неисправности в электронном устройстве	254
Отказы при работе некоторых электроустановок	256
Теплогенераторы.	256
Электрокалориферы	266
Водонагреватели	266
Электродные котлы.	267
Электрокипятильники	267
Тельферы	267
Электрооборудование артезианских скважин	268
Система автоматического управления наружным освещением	269

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Условные обозначения некоторых элементов и устройств на электрических схемах	270
Приложение 2. Буквенные коды наиболее распространенных элементов и устройств, применяемые на электрических схемах.	277
Приложение 3. Электроматериалы	279
1. Удельное сопротивление и температурный коэффициент сопротивления	279
2. Ток плавления проводов	280
3. Медные обмоточные провода	280
4. Монтажные провода	284
5. Сплавы высокого омического сопротивления.	287
6. Провода высокого сопротивления	288
7. Высокочастотные кабели.	288
8. Электроизолирующие материалы.	289
Приложение 4. Магнитопроводы и сердечники электромагнит- ных компонентов.	299
Приложение 5.	313
Литература	314