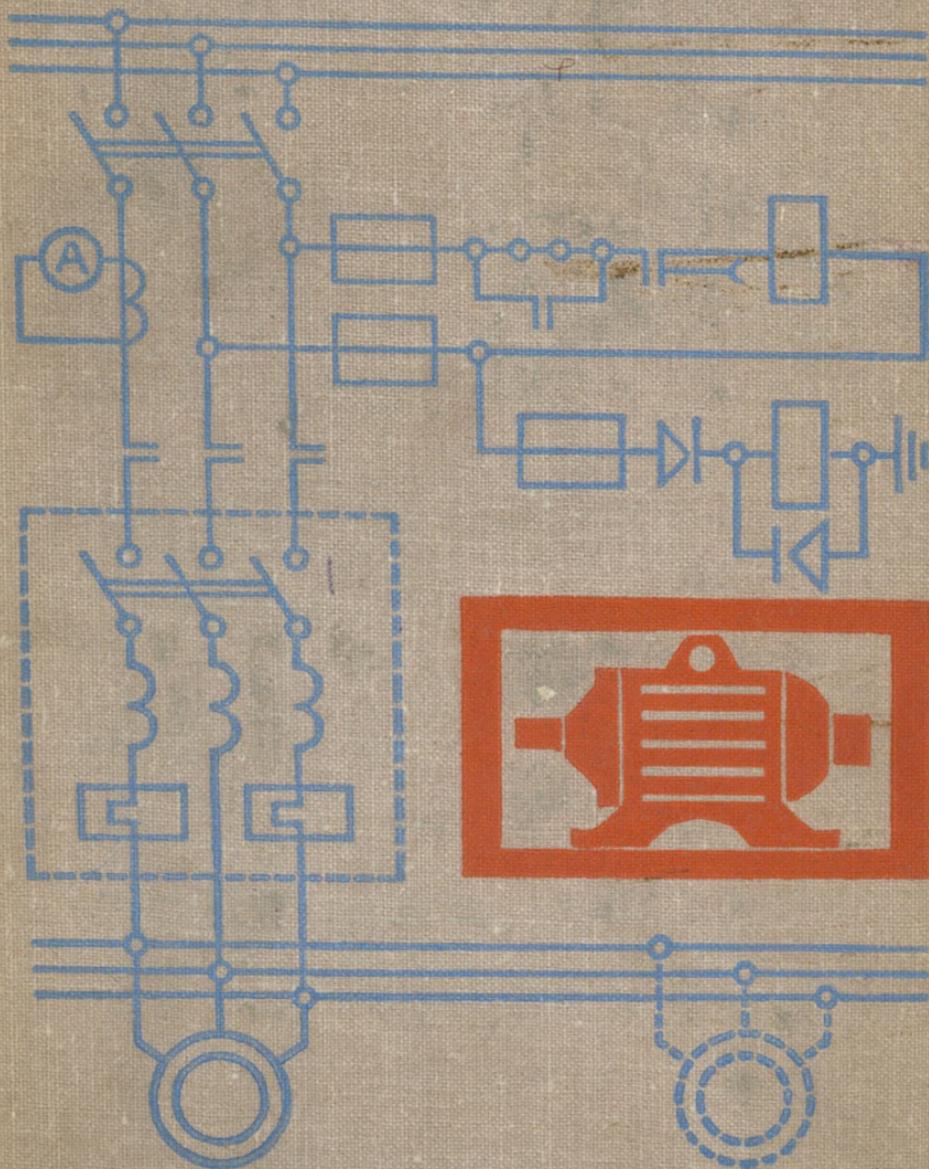


40.74.

В 18.

В. КВАРВАРИЦ, В. КОЙЛЕР, Л. ПАНОВ

СПРАВОЧНИК ПО НАЛАДКЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ



631.3
В18
УДК 631.371.621.311

Варварин В. К. и др.
В18 Справочник по наладке электрооборудования.—
М.: Россельхозиздат, 1979, — 304 с., ил.

Справочник содержит материал по наладке электрооборудования (электродвигателей, цепей и аппаратов вторичной коммутации до 1000 В, заземляющих устройств) на животноводческих комплексах, птицефабриках, в комбикормовых цехах, овоще- и фруктохранилищах, теплицах и на других объектах сельскохозяйственного назначения. Предназначен для специалистов, проводящих ремонт, наладку и техническое обслуживание электроустановок в колхозах и совхозах.

В 40205—106 125—79 38.2.4.2
М104(03)—79

631.3

*Владимир Константинович Варварин
Валерий Яковлевич Койлер
Порфирий Алексеевич Панов*

**СПРАВОЧНИК
ПО НАЛАДКЕ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

Зав. редакцией *Н. И. Соловьева*
Редактор *И. А. Уласик*
Художественный редактор *И. В. Мартынюк*
Переплет художника *С. В. Соловьева*
Технический редактор *М. В. Рубцова*
Корректоры *Л. А. Балашова, Р. К. Массальская*

ИБ 799

Л68496. Сдано в производство 07.02.79. Подписано к печати 25.07.79. Объем 15,96 усл. печ. л., 16,34 уч.-изд. л. Бум. № 1. Формат 84×108¹/₂. Тираж 100 000. Изд. № 215. Печать высокая. Гарнитура литературная кл. 10. Заказ 65. Цена 1 руб.

Россельхозиздат, г. Москва, Б-139, Орликов пер., 3а.

Типография им. Смирнова Смоленского облуправления издательств, полиграфии и книжной торговли, г. Смоленск, пр. им. Ю. Гагарина, 2.

Отпечатано с матриц на Книжной фабрике № 1 Росглавополиграфпрома Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, г. Электросталь Московской области, ул. им. Тевосяна, 25.

© Россельхозиздат, 1979.

Июльский (1978 г.) Пленум ЦК КПСС отметил, «что интенсификация сельскохозяйственного производства на основе всемерной механизации и электрификации, химизации и мелиорации земель остается основным направлением аграрной политики партии на современном этапе»*.

Интенсификация сельского хозяйства тесно связана с переводом отраслей животноводства на промышленную основу, ростом строительства комплексов и крупных механизированных ферм, реконструкцией существующих животноводческих ферм.

При вводе производственных объектов в эксплуатацию и обеспечении проектной производительности сложного оборудования колхозам и совхозам страны большую помощь оказывают специализированные пусконаладочные организации.

Пусконаладочные работы производятся на механизированных животноводческих фермах, в комбикормовых цехах, на зерноочистительно-сушильных линиях, в хранилищах плодов и овощей, на птицефермах и птицефабриках, комплексах по производству животноводческой продукции на промышленной основе.

В справочнике обобщены наиболее часто встречающиеся формы и методы ведения пусконаладочных работ, а также освещены различные технические аспекты их выполнения.

* Брежнев Л. И. «О дальнейшем развитии сельского хозяйства СССР». Изд. «Правда», 1978.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Таблица 1

Единицы некоторых физических величин
Международной системы (СИ)

Величина	Единица			определение и размерность
	наименование	обозначение		
		русское	международное	

Основные единицы

Длина	метр	м	m	Длина, равная 1650763,73 длины волны излучения в вакууме, соответствующего переходу между уровнями $2p_{10}$ и $5d_5$ атома криптона-86 (L).
Масса	килограмм	кг	kg	Единица массы — представлена массой международного прототипа килограмма (M)
Время	секунда	с	s	Интервал времени, в течение которого совершается 9192631770 колебаний, соответствующих резонансной частоте энергетического перехода между уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома цезия-133 при отсутствии возмущений внешними полями (T)
Сила электрического тока	ампер	A	A	Сила неизменяющегося тока, который, проходя по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтож-

Величина	Единица			определение и размерность
	наименование	обозначение		
		русское	международное	
Термодинамическая температура	кельвин	К	К	но: 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 (I) Единица измерения температуры по термодинамической температурной шкале, равная $1/273,16$ части интервала от абсолютного нуля температур до температуры тройной точки воды (Θ)
Сила света	кандела	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 (J)

Некоторые важнейшие производные единицы

Площадь	квадратный метр	м ²	m ²	Площадь квадрата, длина стороны которого равна 1 м (L ²)
Объем; вместимость	кубический метр	м ³	m ³	Объем куба, длина ребра которого равна 1 м (L ³)
Частота	герц	Гц	Hz	Частота периодического процесса, при котором за время 1 с происходит один цикл периодического процесса (T ⁻¹)

Величина	Единица			определение и размерность
	наименование	обозначение		
		русское	международное	
Скорость	метр в секунду	м/с	m/s	Скорость прямолинейно и равномерно движущейся точки, при которой она за 1 с проходит путь длиной 1 м (LT^{-1})
Ускорение	метр на секунду в квадрате	м/с ²	m/s ²	Ускорение прямолинейно и равноускоренно движущейся точки, при котором скорость за 1 с изменяется на 1 м/с (LT^{-2})
Сила; вес	ньютон	Н	N	Сила, которая телу массой 1 кг сообщает ускорение, равное 1 м/с ² в направлении действия силы (LMT^{-2})
Плотность	килограмм на кубический метр	кг/м ³	kg/m ³	Плотность однородного тела, имеющего при объеме 1 м ³ массу 1 кг ($L^{-3}M$)
Удельный объем	кубический метр на килограмм	м ³ /кг	m ³ /kg	Удельный объем однородного тела, при массе 1 кг занимающего объем 1 м ³ (L^3M^{-1})
Удельный вес	ньютон на кубический метр	Н/м ³	N/m ³	Удельный вес однородного тела, 1 м ³ которого притягивается к земле с силой 1 Н ($L^{-2}MT^{-2}$)
Давление	паскаль	Па	Pa	Давление, вызываемое силой 1 Н, равномерно распределенной по поверхности площадью 1 м ² ($L^{-1}MT^{-2}$)
Работа; энергия; количество теплоты	джоуль	Дж	J	Работа силы 1 Н при перемещении ею тела на расстояние 1 м в направлении действия силы (L^2MT^{-2})

Продолжение

Величина	Единица			определение и размерность
	наименование	обозначение		
		русское	международное	
Мощность; тепловой поток	ватт	Вт	W	Мощность, при которой за 1 с совершается работа, равная 1 Дж (L^2MT^{-3})
Температурный градиент	кельвин на метр	К/м	К/м	Температурный градиент однородного поля, в котором на участке длиной 1 м в направлении градиента температура изменяется на 1 К ($L^{-1}\Theta$)
Теплоемкость системы; энтропия системы	джоуль на кельвин	Дж/К	J/K	Теплоемкость тела, повышающего температуру на 1 К при подведении к нему количества теплоты 1 Дж. Изменение энтропии тела в процессе, в котором при средней температуре θ К ему сообщается количество теплоты θ Дж, где θ — положительное число
Теплопроводность	ватт на метр-кельвин	Вт/(м·К)	W/m·K	Теплопроводность вещества, в котором при стационарном режиме с поверхностной плотностью теплового потока 1 Вт/м ² устанавливается температурный градиент 1 К/м ($LMT^{-3}\Theta^{-1}$)
Плотность электрического тока (поверхностная)	ампер на квадратный метр	A/м ²	A/m ²	Плотность равномерно распределенного по поперечному сечению площадью 1 м ² электрического тока силой 1 А ($L^{-2}I$)
Количество электричества; электрический заряд	кулон	Кл	C	Количество электричества, проходящее через поперечное сечение в течение 1 с при токе силой 1 А (TI)

Величина	Единица			определение и размерность
	наименование	обозначение		
		русское	международное	
Электрическое напряжение; электрический потенциал; разность электрических потенциалов; электродвижущая сила	вольт	В	V	Электрическое напряжение на участке электрической цепи с постоянным током силой 1 А, в котором затрачивается мощность 1 Вт ($L^2MT^{-3}I^{-1}$)
Напряженность электрического поля	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 ($LMT^{-3}I^{-1}$)
Электрическое сопротивление	ом	Ом	Ω	Сопротивление проводника, между концами которого при силе тока 1 А возникает напряжение 1 В ($L^2MT^{-3}I^{-2}$)
Удельное электрическое сопротивление	ом-метр	Ом·м	$\Omega \cdot m$	Удельное электрическое сопротивление, при котором цилиндрический прямолинейный проводник площадью поперечного сечения 1 м ² и длиной 1 м имеет сопротивление 1 Ом ($L^3MT^{-3}I^{-2}$)
Электрическая проводимость	сименс	См	S	Электрическая проводимость проводника сопротивлением 1 Ом ($L^{-2}M^{-1}T^3I^2$)

Продолжение

Величина	Единица				определение и размерность
	наименование	обозначение			
		русское	международное		
Удельная электрическая проводимость	сименс на метр	См/м	S/m	Удельная электрическая проводимость, при которой цилиндрический прямолинейный проводник площадью поперечного сечения 1 м^2 длиной 1 м имеет электрическую проводимость 1 См ($L^{-3}M^{-1}T^3I^2$)	
Абсолютная диэлектрическая проницаемость; электрическая постоянная	фарада на метр	Ф/м	F/m	Абсолютная диэлектрическая проницаемость среды, в которой при напряженности электрического поля 1 В/м возникает электрическое смещение 1 Кл/м^2 ($L^{-3}M^{-1}T^4I^2$)	
Электрическая емкость	фарада	Ф	F	Емкость конденсатора, между обкладками которого при заряде 1 Кл возникает напряжение 1 В ($L^{-2}M^{-1}T^4I^2$)	
Магнитный поток	вебер	Вб	Wb	Магнитный поток, при убывании которого до нуля в контуре, сцепленном с этим потоком, сопротивлением 1 Ом проходит количество электричества 1 Кл ($L^2MT^{-2}I^{-1}$)	
Индуктивность; взаимная индуктивность	генри	Г	H	Индуктивность контура, с которым при силе постоянного тока в нем 1 А сцепляется магнитный поток 1 Вб ($L^2MT^{-2}I^{-2}$)	

Величина	Единица			определение и размерность	
	наименование	обозначение			
		рус-ское	между-народ-ное		
Магнитная индукция	тесла		Т	Т	Магнитная индукция, при которой магнитный поток сквозь поперечное сечение площадью 1 м^2 равен 1 Вб ($\text{MT}^{-2}\text{I}^{-1}$)
Напряженность магнитного поля	ампер на метр	на	А/м	А/м	Напряженность магнитного поля в центре длинного соленоида с n витками на каждый метр длины, по которому проходит ток силой $\frac{1}{n} \text{ А}$ (L^{-1}I)
Магнитодвижущая сила; разность магнитных потенциалов	ампер		А	А	Магнитодвижущая сила вдоль замкнутого контура, сцепленного с контуром постоянного тока силой 1 А (I)
Абсолютная магнитная проницаемость; магнитная постоянная	генри на метр	на	Г/м	Н/м	Абсолютная магнитная проницаемость среды, в которой при напряженности магнитного поля 1 А/м создается магнитная индукция 1 Г ($\text{LMT}^{-2}\text{I}^{-2}$)
Магнитное сопротивление	ампер вебер	на	А/Вб	А/Вб	Магнитное сопротивление магнитной цепи, в которой магнитный поток 1 Вб создается при намагничивающей силе 1 А . ($\text{L}^{-2}\text{MT}^{-1}\text{I}^2$)
Активная мощность электрической цепи	ватт		Вт	W	Активная мощность электрической цепи, эквивалентная механической мощности 1 Вт (L^2MT^{-3})

Величина	Единица			определение и размерность
	наименование	обозначение		
		русское	международное	
Реактивная мощность электрической цепи	вар	вар	var	Реактивная мощность электрической цепи с синусоидальным переменным током при $\sin \varphi = 1$ и действующих значениях: напряжения 1 В и силы тока 1 А (L^2MT^{-3})
Полная мощность электрической цепи	вольт-ампер	В·А	V·A	Полная мощность электрической цепи с действующими значениями напряжения 1 В и силы тока 1 А (L^2MT^{-3})

Таблица 2

Значения в единицах СИ некоторых единиц
других систем и внесистемных

Величина	Единица		Значение в единицах СИ
	наименование	обозначение	
Длина	микрон (микромметр)	мкм	10^{-6} м
	ангстрем	Å	10^{-10} м
Площадь	гектар	га	10^4 м ²
Объем	литр	л	10^{-3} м ³
Масса	центнер	ц	10^2 кг
	тонна	т	10^3 кг
Линейная скорость	километр в час	км/ч	0,277778 м/с
Сила	дина	дин	10^{-5} Н
	килограмм-сила стен	сн	10^3 Н
Давление и механическое напряжение	дина на квадратный сантиметр	дин/см ²	0,1 Па
	техническая атмосфера	ат	98066,5 Па
	килограмм-сила на квадратный сантиметр	кгс/см ²	98066,5 Па

Величина	Единица		Значение в единицах СИ
	наименование	обозначение	
Работа и энергия	физическая атмосфера	атм	101325 Па
	миллиметр водяного столба	мм. вод. ст.	9,80665 Па
	миллиметр ртутного столба	мм. рт. ст.	133,322 Па
	бар	бар	10 ⁵ Па
	эрг	эрг	10 ⁻⁷ Дж
Мощность	килограмм-сила-метр	кгс·м	9,80665 Дж
	киловатт-час	кВт·ч	3,6·10 ⁶ Дж
	калория	кал	4,1868 Дж
	эрг в секунду	эрг/с	10 ⁻⁷ Вт
Количество электричества	лошадиная сила	л. с.	735,499 Вт
	килограмм-сила-метр в секунду	кгс·м/с	9,80665 Вт
	калория в секунду	кал/с	4,1868 Вт
	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 Т
Магнитодвижущая сила	гильберт	Гб	0,795775 А
Напряженность магнитного поля	эрстед	Э	79,5775 А/м

Таблица 3

Приставки и множители для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

Приставка	Обозначение		Множитель, на который умножаются единицы системы СИ
	русское	международное	
Тера	Т	T	10 ¹²
Гига	Г	G	10 ⁹

Приставка	Обозначение		Множитель, на который умножаются единицы системы СИ
	русское	международное	
Мега	М	M	10^6
Кило	к	k	10^3
Гекто	г	h	10^2
Дека	да	da	10
Деци	д	d	10^{-1}
Санتي	с	c	10^{-2}
Милли	м	m	10^{-3}
Микро	мк	μ	10^{-6}
Нано	н	n	10^{-9}
Пико	п	p	10^{-12}
Фемто	ф	f	10^{-15}
Атто	а	a	10^{-18}

**НЕКОТОРЫЕ ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ,
СООТНОШЕНИЯ И ЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН**

Закон Ома для постоянного тока

$$I = \frac{U}{R},$$

где I — сила тока, А; U — напряжение, В; R — сопротивление, Ом.

Сопротивление проводника постоянному току

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

где ρ — удельное сопротивление (сопротивление проводника из данного материала длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 м²), Ом·м; l — длина проводника, м; S — площадь поперечного сечения проводника, м².

Значения удельных сопротивлений проводниковых материалов приведены в таблице 4.

Таблица 4

Свойства проводниковых материалов

Материал	Удельное сопротивление при 20°C, 10 ⁻⁶ Ом·м	Температурный коэффициент		Температура плавления, °C	Плотность, 10 ³ кг/м ³
		электрического сопротивления, Ом·°C ⁻¹	линейного расширения, 10 ⁻³ м·°C ⁻¹		
Алюминий	0,029	0,004	0,024	659	2,7
Вольфрам	0,056	0,0046	0,0045	3500	18,7
Железо	0,1—0,14	0,0045	—	1530	7,85
Константан	0,4—0,51	0,00005	0,015	1200	8,8
Латунь	0,05	0,002	0,018	960	8,4—8,7
Медь	0,0175	0,004	0,017	1083	8,9
Манганин	0,42	0,000015	—	960	8,14
Нихром	1,1	0,0003	—	1375	8,2
Серебро	0,016	0,004	0,019	961	10,5
Сталь	0,13—0,3	0,005	0,012	1500	7,85
Хромель	1,3	0,00004	—	1500	7,1

Зависимость сопротивления от температуры характеризуется формулой:

$$R_t = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)],$$

где R_t и R_0 — сопротивления проводника соответственно при температурах t и t_0 , °C; α — температурный коэффициент сопротивления (значения температурных коэффициентов сопротивления проводниковых материалов приведены в таблице 4).

При последовательном соединении сопротивлений общее сопротивление

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n.$$

При параллельном соединении

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

Проводимость

$$G = \frac{1}{R} \text{ См},$$

где R — сопротивление, Ом.

**Электродвижущая сила (э.д.с.)
источника постоянного тока**

$$E = I(R + r),$$

где E — э.д.с. источника тока; I — ток в цепи; R — сопротивление внешней цепи; r — внутреннее сопротивление источника тока.

При последовательном соединении источников постоянного тока общая э.д.с.

$$E = E_1 + E_2 + \dots + E_n,$$

где E_1, \dots, E_n — э.д.с. отдельных источников тока.

При параллельном соединении источников тока общая э.д.с.

$$E = E_1 = E_2 = E_n.$$

При последовательном включении источников тока значение тока во внешней цепи может быть определено по формуле:

$$I = \frac{E_n}{R + rn},$$

где n — число последовательно включенных источников тока.

При параллельном включении.

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}.$$

При смешанном включении.

$$I = \frac{E}{R + \frac{rn}{m}};$$

где m — число параллельных групп источников тока.

Наивыгоднейшее смешанное соединение источников тока обеспечивается при условии

$$R = \frac{nr}{m}.$$

Мощность постоянного тока

$$P = UI \text{ Вт.}$$

Работа (энергия)

$$A = Pt \text{ Дж,}$$

где P — мощность, Вт; t — время, с.

Количество теплоты,

выделяющееся в проводнике при прохождении по нему тока:

$$A = I^2 R t \text{ Дж,}$$

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

Закон Ома для переменного тока

$$I = \frac{U}{Z},$$

где I — сила тока, А; U — напряжение, В; 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 R — активное сопротивление, Ом; $X_L = \omega L$ — 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, Г; C — емкость, Ф.

Индуктивность катушки без железного сердечника

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

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

Индуктивность катушки с железным сердечником

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

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

Емкость проводника

$$C = \frac{q}{U} \Phi,$$

где q — электрический заряд, Кл; U — потенциал проводника, В.

Закон электромагнитной индукции
для синусоидального тока:

$$E = 4,44 f \omega B S, \text{ В},$$

где E — наведенная э.д.с., В; f — частота, Гц; B — индукция магнитного поля в стали, Т; S — площадь сечения магнитопровода, м².

Подъемная сила электромагнита

$$F = 3978 B^2 S I 0^2, \text{ Н},$$

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

Частота электрического тока

$$f = \frac{p n}{60} \text{ Гц},$$

где p — число пар полюсов генератора; n — частота вращения, об/мин.

Связь действующих и средних значений синусоидальных тока и напряжения с их амплитудными значениями выражается формулами:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}; \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}},$$

где I_m и U_m — максимальные значения тока и напряжения.

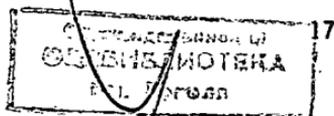
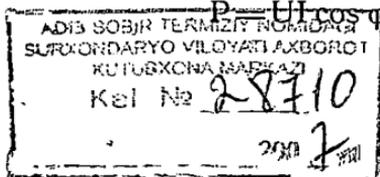
Среднее арифметическое значение синусоидальных напряжений и токов за весь период равно нулю. Поэтому вводится понятие об их среднем значении за полупериод:

$$I_{cp} = \frac{2}{\pi} I_m; \quad U_{cp} = \frac{2}{\pi} U_m.$$

Мощность однофазного переменного тока

Активная —

$$P = UI \cos \phi, \text{ Вт.}$$



Реактивная —

$$Q = UI \sin \varphi, \text{ вар.}$$

Полная (кажущаяся) —

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

Мощность

трехфазного переменного тока

Активная — $P = \sqrt{3}UI \cos \varphi$, Вт.

Реактивная — $Q = \sqrt{3}UI \sin \varphi$, вар.

Полная (кажущаяся) — $\sqrt{3}UI = \sqrt{P^2 + Q^2}$, ВА.

В приведенных формулах U — линейное напряжение (действующее значение), В; I — линейная сила тока (действующее значение), А; φ — угол сдвига фаз между векторами токов и напряжений одноименных фаз.

Коэффициент мощности

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{U_a}{U} = \frac{I_a}{I} = \frac{P}{S},$$

где U_a и I_a — активные составляющие напряжения и тока.

Соотношение между напряжениями и токами в трехфазной системе

При соединении в звезду

$$U_{\text{л}} = \sqrt{3}U_{\text{ф}}; I_{\text{л}} = I_{\text{ф}},$$

При соединении в треугольник

$$U_{\text{л}} = U_{\text{ф}}; I_{\text{л}} = \sqrt{3}I_{\text{ф}},$$

где $U_{\text{л}}$ и $U_{\text{ф}}$ — соответственно линейное и фазное напряжения; $I_{\text{л}}$ и $I_{\text{ф}}$ — соответственно линейный и фазный токи.

Зависимость значения тока от мощности трехфазного тока приведена в таблице 5.

Таблица 5

Зависимость значения тока от мощности
в трехфазной системе $I(A) = \frac{1000 (кВ \cdot А)}{1,73U(B)}$

Мощность, кВ·А	Ток, А, при напряжении, В							
	127	220	380	500	660	3000	6000	10000
1	4,6	2,6	1,5	1,2	0,91	0,19	0,10	0,06
2	9,1	5,3	3,0	2,3	1,75	0,38	0,19	0,12
3	13,7	7,9	4,6	3,5	2,66	0,58	0,29	0,17
4	18,2	10,5	6,1	4,6	3,5	0,77	0,39	0,23
5	22,8	13,1	7,6	5,8	4,4	0,96	0,48	0,29
6	27,3	15,8	9,1	6,9	5,24	1,2	0,58	0,35
7	31,9	18,4	10,6	8,1	6,15	1,4	0,67	0,40
8	36,4	21,0	12,1	9,2	7,0	1,5	0,77	0,46
9	41,0	23,6	13,6	10,4	7,9	1,7	0,87	0,52
10	45,5	26,3	15,2	11,6	8,9	1,9	0,96	0,58
15	68,2	39,4	22,8	17,3	13,2	2,9	1,5	0,87
20	91,0	52,5	30,4	23,1	17,6	3,8	1,9	1,2
25	114	65,7	38,0	28,9	22,0	4,8	2,4	1,5
30	137	78,8	45,5	34,7	26,4	5,8	2,9	1,7
35	159	92,0	53,3	40,4	30,4	6,7	3,4	2,0
40	182	105	60,8	46,2	35,5	7,7	3,9	2,3
45	205	118	68,4	52,0	39,5	8,7	4,3	2,6
50	228	131	76,0	57,8	44,0	9,6	4,8	2,9
75	341	197	114,0	86,8	66,0	14,5	7,2	4,3
100	455	263	152	116	84,5	19,3	9,6	5,8
135	614	355	206	156	118,5	26,0	13,0	7,8
180	819	473	274	208	158,0	34,8	17,3	10,4
240	1092	630	365	278	217,0	46,4	23,1	13,9
320	1456	841	486	371	282,0	61,6	30,9	18,6
420	1912	1105	640	486	370,0	81,0	40,5	24,3
560	2548	1470	851	648	492,0	108	54,0	32,5
750	3412	1970	1133	868	660,0	145	72,3	43,5
1000	4550	2627	1521	1156	880,0	193	96,5	57,8

Максимально допустимые температуры токоведущих частей аппаратов и оборудования распределительных устройств напряжением до 500 В включительно должны быть не выше приведенных в таблице 6,

**Допустимые превышения температуры
частей аппаратов
и оборудования распределительных устройств
напряжением до 1000 В включительно
(по ГОСТ 403—73)**

Части устройств и аппаратов	Предельная температура нагрева, °С	Перегрев (при температуре окружающей среды +35°С), °С
Медные шины, имеющие болтовые контактные соединения или не защищенные от коррозии в местах контактов	90	55
То же, но защищенные в местах контактов слоем полуды или кадмия	100	65
Медные шины, защищенные в местах контактов слоем серебра	120	85
Медные шины с контактными соединениями, выполненными с помощью пайки или сварки	120	85
Щеточные контакты аппаратов, клиновые контакты штепселей из меди и ее сплавов	70	35
Клиновые контакты рубильников из меди и ее сплавов.	90	55
Скользящие и стыковые массивные контакты из меди и ее сплавов	110	75
Скользящие и стыковые массивные контакты со впаянными или приваренными контактными пластинами из серебра	120	85
Контакты предохранителей	120	85

**ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ
ИЗ КЛАССИФИКАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ**

Различного рода измерения являются существенной частью наладочных работ и испытаний. В практике наладочных работ измерения производятся чаще всего методом непосредственной оценки по предварительно отградуированному прибору. Но достаточно широко используется измерение методом сравнения. Оба метода относятся к способу прямого измерения. В отличие от этого существует способ косвенного измерения, при котором интересующая нас величина определяется рас-

четным путем по предварительно измеренным прямым способом вспомогательным величинам. К наиболее точным относятся методы прямого измерения, а из них в первую очередь метод сравнения.

Погрешность измерений. Точность измерений зависит от метода измерений и класса точности выбранных приборов. Класс точности прибора определяется его погрешностью.

Абсолютная погрешность прибора — разность между показанием прибора $A_{\text{пр}}$ и действительным значением измеряемой величины $A_{\text{д}}$:

$$\Delta A = A_{\text{пр}} - A_{\text{д}}$$

Относительная погрешность прибора определяется отношением абсолютной погрешности прибора к значению измеряемой величины:

$$\varepsilon = \frac{\Delta A}{A_{\text{д}}} \cdot 100, \%$$

Для определения класса точности прибора используется приведенная относительная погрешность — отношение абсолютной погрешности к максимальному значению измеряемой величины, т. е. к значению верхнего предела шкалы прибора $A_{\text{макс}}$:

$$\varepsilon_0 = \frac{\Delta A}{A_{\text{макс}}} \cdot 100, \%$$

Допустимая относительная погрешность прибора — наибольшая приведенная относительная погрешность, которая допускается для данного прибора ГОСТ:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = \frac{\Delta A_{\text{макс}}}{A_{\text{макс}}} \cdot 100, \%$$

Допустимая величина приведенной относительной погрешности $\varepsilon_{\text{доп}}$ определяет класс точности прибора, указываемый на его шкале.

Классификация измерительных приборов, используемых при производстве наладочных работ, регламентирована ГОСТ 1845—59. По роду измеряемой величины приборы разделяются на амперметры, вольтметры, ваттметры, омметры, фазометры, частотомеры и т. д. В зависимости от условий использования приборов они подразделяются на следующие группы:

группа А — приборы, предназначенные для работы в закрытых сухих отапливаемых помещениях;

группа Б — приборы, предназначенные для работы в закрытых неотапливаемых помещениях;

группа В — приборы для работы в полевых (В₁) или морских (В₂) условиях.

Значения температуры окружающей среды, а также относительной влажности в рабочих и предельных условиях для приборов различных групп приведены в таблице 7.

Таблица 7

Температура и относительная влажность окружающей среды для измерительных приборов

Группа приборов	Рабочие условия		Предельные условия	
	температура, °С	относительная влажность, %	температура, °С	относительная влажность, %
А	От +10 до +35	80*	От -40 до +60	95*
Б	От -30 до +40	90*	От -40 до +60	95**
В ₁	От -40 до +50	95***	От -50 до +60	95***
В ₂	От -50 до +60	95***	От -60 до +60	95***

* Влажность приведена при +30°С.

** То же при +35°С.

*** То же при +60°С.

По допускаемым изменениям показаний приборов под влиянием внешних электромагнитных полей приборы разделяются на категории (табл. 8).

Таблица 8

Категория приборов по допускаемым изменениям показаний

Класс точности прибора	Допускаемые изменения показаний прибора, %	
	Категория I	Категория II
0,05; 0,1; 0,2; 0,5	±0,5	±1,0
1,0; 1,5	±1,0	±2,5
2,5; 4,0	±2,5	±5,0

Таблица 9

Достоинства, недостатки и область применения приборов

Система	Достоинства	Недостатки	Область применения
Магнито-электрическая	Высокая чувствительность, большая точность. Относительно небольшое влияние внешних полей. Малое потребление энергии. Малое влияние температуры.	Пригодны только для постоянного тока. Чувствительны к перегрузкам.	Измерение силы тока и напряжения в цепях постоянного тока. С термопреобразователями и выпрямителями используются для измерения электрических величин в цепях переменного тока, а также для измерений неэлектрических величин (температуры, давлений и т. п.)
Электромагнитная	Могут изготавливаться на большой ток для непосредственного включения, устойчивы при перегрузках. Пригодность для постоянного и переменного тока, простота конструкции.	Малая точность. Зависимость показаний от внешних магнитных полей. Неравномерная шкала.	Измерение силы тока и напряжения в цепях постоянного и переменного тока. Рекомендуется применять преимущественно для измерений в цепях переменного тока, так как недостаточно однородное качество железа сердечников понижает точность приборов, отградуированных для обоих родов тока.
Электродинамическая	Высокая точность. Пригодны для постоянного и переменного тока.	Зависимость показаний от внешних магнитных полей. Чувствительны к перегрузкам. Большое потребление	Измерение тока, мощности, напряжения, частоты, угла сдвига фаз в цепях переменного тока, а также на-

Система	Достоинства	Недостатки	Область применения
Тепловая	Независимость показаний от частоты и формы кривой переменного тока и внешних магнитных полей. Пригодны для постоянного и переменного тока	Большая чувствительность к перегрузкам (у приборов с фотокompенсационным усилителем чувствительность к перегрузкам значительно снижена)	Измерение силы тока и мощности в цепях постоянного тока
Электро-статическая	Большая чувствительность. Малое потребление электроэнергии	Зависимость от внешнего электрического поля и от влажности воздуха	Измерение напряжения в цепях постоянного и переменного тока
Вибрационная	Малое потребление электроэнергии. Независимы от частоты, температуры и внешних магнитных полей. Возможность непосредственного измерения высоких напряжений на низких и высоких частотах (до 40 МГц)	Простота конструкции и надежность в работе	Измерение частоты переменного тока
	Возможность включения прибора в цепи с разным напряжением	Вибрация пластин от внешних толчков. Прерывистость шкалы, вследствие чего затрудняется отсчет при промежуточной частоте	

По ГОСТ 1845—59 погрешность прибора не должна превышать значение, указанное на приборе, при условиях отклонения температуры окружающей среды не

более чем на 10°C и частоты или напряжения не более чем на 10% их номинального значения.

По конструктивным признакам приборы подразделяются: на электромагнитные (обозначение на шкале буквы Э), поляризованные, магнитоэлектрические (М), электродинамические (Д), ферродинамические, индукционные, магнитоиндукционные, электростатические, вибрационные, тепловые, биметаллические, выпрямительные, термоэлектрические (Т), электронные (Ф).

Достоинства и недостатки приборов приводятся в таблице 9.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Согласно ПУЭ, помещения для пусконаладочных работ с точки зрения техники безопасности в зависимости от окружающей среды подразделяются на следующие группы:

1) сухие, называемые нормальными, в которых относительная влажность не превышает 60% при отсутствии в них условий, приведенных в пп. 5, 6 и 7;

2) влажные, в которых пары или конденсирующаяся влага выделяется лишь временно и в небольших количествах и относительная влажность более 60%, но не превышает 70%;

3) сырые, в которых относительная влажность длительно превышает 75%;

4) особо сырые, в которых относительная влажность воздуха близка к 100% (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой);

5) жаркие, в которых температура длительно превышает $+30^{\circ}\text{C}$;

6) пыльные, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т. п. Пыльные разделяются на помещения с проводящей пылью и помещения с непроводящей пылью;

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

**Характеристика сельскохозяйственных производственных помещений
в зависимости от окружающей среды**

Характеристика помещений	Наименование сельскохозяйственных помещений
Сухие, отапливаемые, нормальные (без пыли и химически активной среды, нежаркие)	Жилые комнаты, общежития, конторы, клубы, красные уголки, помещения для обслуживающего персонала ферм, инкубатории, отапливаемые склады, подсобные помещения в ремонтно-механических мастерских и т. д.
Влажные	Кухни в жилых помещениях, лестничные клетки (сени) жилых домов, неотапливаемые склады
Сырые	Общественные кухни, уборные, доильные залы, молочные, овощехранилища и т. д.
Особо сырые	Моечные на фермах и в мастерских, кормоцехи влажных кормов, теплицы, парники, наружные установки под навесом, в сараях и т. п.
Пыльные	Помещения для дробления сухих кормов, комбикормовые заводы, зерноочистительно-сушильные пункты, зернохранилища, мельницы, склады цемента и других сыпучих материалов
С химически активной средой и особо сырые	Коровники, свинарники, телятники, свинарники-маточники, птичники, конюшни и другие животноводческие помещения при отсутствии в них установок по созданию микроклимата, а также склады минеральных удобрений, ядохимикатов и т. п.
Пожароопасные	Склады минеральных масел, помещения с установками по регенерации масел, деревообделочные цехи и мастерские, малозапыленные помещения мельниц и элеваторов, зернохранилища, складские помещения для хранения горючих материалов
Взрывоопасные класса В-1а	Аккумуляторные
Наружные взрывоопасные установки класса В-1г	Нефтебазы, хранилища нефтепродуктов и т. п.

В отношении поражения людей электрическим током различаются:

1) **Помещения с повышенной опасностью**, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

- а) сырости или проводящей пыли;
- б) токопроводящих полов (металлических, земляных, железобетонных, кирпичных и т. п.);
- в) высокой температуры;
- г) возможности одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., имеющим соединение с землей, и к металлическим корпусам электрооборудования.

2) **Особо опасные помещения**, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

- а) особой сырости;
- б) химически активной среды;
- в) одновременного наличия двух или более условий повышенной опасности (п. 1).

3) **Помещения без повышенной опасности**, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную опасность и особую опасность (пп. 1 и 2).

В таблице 10 дана характеристика сельскохозяйственных помещений в зависимости от окружающей среды.

II. ЧТЕНИЕ СХЕМ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Ниже приведены основные сведения о стандартах, применяемых в электротехнических чертежах. Рассмотрены основные условные графические обозначения в соответствии с Единой системой конструкторской документации (ЕСКД), введенной с 1 января 1971 г. Освещены наиболее распространенные случаи, представляющие интерес для персонала пусконаладочных управлений.

Условные обозначения, встречающиеся в схемах электроустановок, приведены в приложениях I и II.

СТАНДАРТНЫЕ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

При составлении электротехнических чертежей пользуются стандартами.

В настоящее время ГОСТ 7624—62 заменен группой стандартов, входящих в ЕСКД.

Условные обозначения в стандартах сведены в таблицы. В пределах каждой таблицы обозначения (знаки) имеют порядковые номера и наименования. Если стандарт состоит из нескольких таблиц, то и они пронумерованы. В некоторых стандартах таблицам предшествует вводная часть, в которой подчеркнуты особенности применения обозначений раздела. Например, вводная часть ГОСТ 2.722—68 устанавливает три способа изображения электрических машин и способы расположения обмоток статора и ротора.

Некоторые обозначения дополнены примечаниями и примерами, иллюстрирующими применение обозначений.

Условные графические обозначения и знаки образуются из простейших геометрических фигур, квадратов, прямоугольников, окружностей, а также из сплошных и штриховых линий и точек. Их сочетание по системе, ус-

тановленной стандартом, дает возможность легко изобразить:

электрические машины, аппараты, приборы и их составные части (обмотки, контакты, ротор, статор, магнитопровод);

провода, шины, кабели, их пересечения и соединения; линии механической связи частей машин, аппаратов и приборов (например, механический привод контакта, механическое соединение ножей многополюсного рубильника);

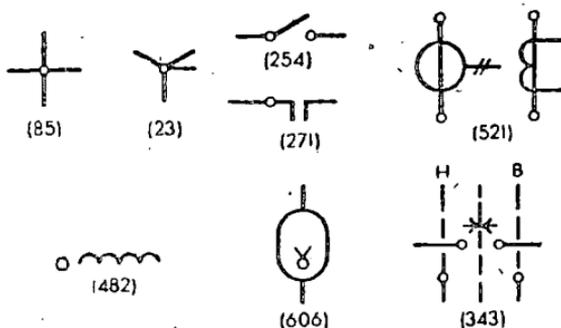


Рис. 1. Один и тот же знак (в данном примере — точка) в зависимости от того, где он расположен, придает обозначению тот или другой смысл

вид соединения обмоток (в звезду, треугольник); род тока (постоянный, переменный), число фаз, частоту, напряжение и т. п.

Из весьма ограниченного числа фигур и знаков можно получить многие обозначения. Но несоблюдение правил расположения фигур и знаков в условных графических обозначениях может привести к искажению смысла. Так, например, рисунок 1 показывает, что точка, смотря по тому, где она расположена, может обозначать: соединение проводов 85; нейтральную точку трехфазной обмотки, соединенной в звезду 23; подвижную часть контакта, например нож рубильника 254, или контактную пружину, на которую давит якорь реле 271; положение рукоятки H, O, B многопозиционного переключателя 343, в котором контакт замкнут; начало обмотки 482; выводной конец первичной обмотки трансформатора тока 521; газовое наполнение осветительной газоразрядной лампы 606.

Электродвигатели

Общее обозначение двигателя (рис. 2, а) представляет окружность, в которую допускается вписывать данные, указывающие: двигатель М, род тока (постоянный, переменный), число фаз, вид соединения обмоток (звезда, треугольник и т. п.). На рисунке, кроме того, даны однолинейное (сверху) и многолинейное (снизу) обозначения двигателя, статор которого соединен в звезду.

Обмотки обозначаются числом полуокружностей (рис. 2, б), при этом две полуокружности 111 — обмотка добавочных полюсов и обмотка компенсационная, три полуокружности 112 — обмотки статора (каждой фазы) машины переменного тока и обмотка последовательного

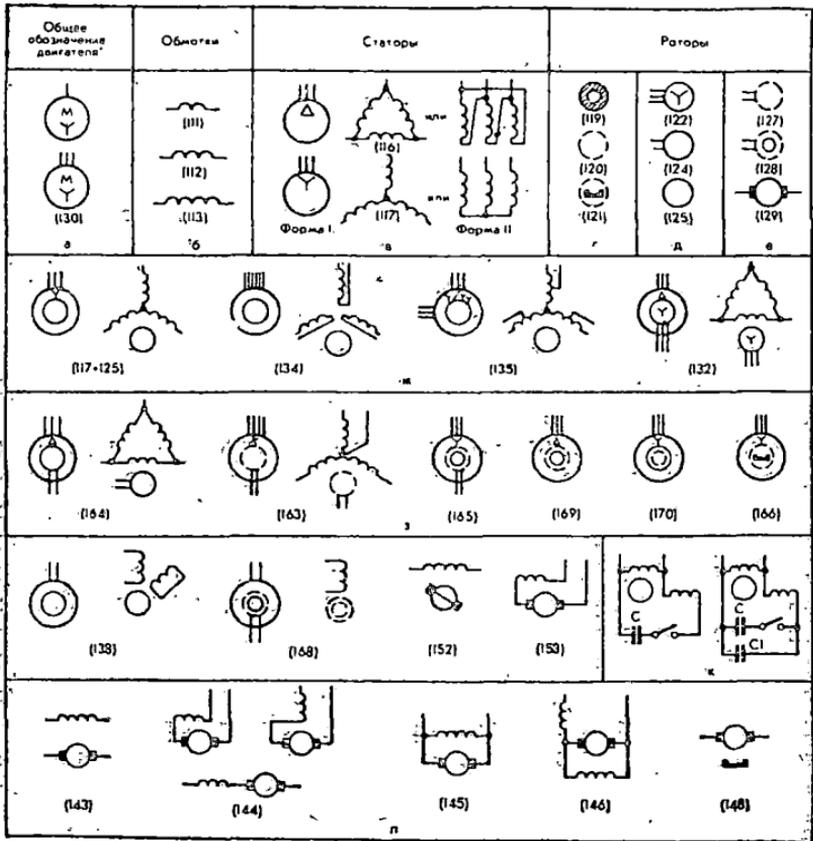


Рис. 2. Электродвигатели

возбуждения машины постоянного тока, четыре полу-
окружности 113—обмотка параллельного возбуждения
машины постоянного тока и обмотка независимого воз-
буждения.

Статоры. Примеры обозначения статоров в форме I
(упрощенный способ) и в форме II (развернутый спо-
соб) иллюстрирует рисунок 2, в (116, 117).

Роторы. На рисунке 2, г показаны роторы без обмот-
ки: 119—полый немагнитный или ферромагнитный;
120—с явно выраженными полюсами (с прорезями по
окружности); 121—с постоянными магнитами.

Роторы с распределенной обмоткой (рис. 2, д): 122—
трехфазная обмотка, соединенная в звезду; 124—одно-
фазная обмотка или обмотка постоянного тока; 125—
короткозамкнутый ротор.

Роторы с сосредоточенной обмоткой (рис. 2, е): 127—
ротор с явно выраженными полюсами; 128—ротор с яв-
но выраженными полюсами (штриховая окружность) и
распределенной короткозамкнутой (сплошная окруж-
ность) успокоительной или пусковой обмоткой; 129—
ротор с обмоткой, коллектором и щетками. В обозначе-
нии коллекторной машины допускается щетки не изобра-
жать, если это не приведет к ошибкам.

Асинхронные трехфазные двигатели показаны на ри-
сунке 2, ж, где слева направо изображены: 117+125—
короткозамкнутый двигатель, статор которого соединен
в звезду; 134—короткозамкнутый двигатель с шестью
выводами обмотки статора. Такой двигатель можно сое-
динять как в звезду, так и в треугольник, что дает воз-
можность применять его при двух напряжениях; напри-
мер 380 (звезда) и 220 В (треугольник); 135—корот-
козамкнутый двигатель с переключением статора на два
числа полюсов. Обозначение вида соединения указывает,
что статор переключается со звезды (см. левее черты)
на звезду с двумя параллельными ветвями (см. правее
черты). Так как частота вращения двигателя опреде-
ляется числом полюсов, а данная машина может иметь
два числа полюсов, она является двухскоростной. Нуж-
но иметь в виду, что каждой частоте вращения соответ-
ствует своя мощность; 132—двигатель с фазовым рото-
ром. Статор соединен в треугольник; ротор—в звезду.

Естественно, что при необходимости обмотка ротора
и обмотка статора могут быть показаны подробно на ос-
нове обозначений, приведенных на рисунке 2, б.

Синхронные трехфазные двигатели (рис. 2, з): 164 — статор соединен в треугольник, ротор с неявнополюсной (распределенной) обмоткой; 163 — статор соединен в звезду с выведенной нейтральной (средней) точкой, ротор с явнополюсной (сосредоточенной) обмоткой возбуждения; 165 — статор соединен в звезду. Ротор явнополюсный с обмоткой возбуждения (от ротора отходят провода) и с пусковой короткозамкнутой обмоткой (сплошная окружность); 169 — статор соединен в треугольник. Ротор явнополюсный без обмотки возбуждения, но с пусковой короткозамкнутой обмоткой (реактивный двигатель); 170 — гистерезисный двигатель; 166 — статор соединен в звезду, возбуждение от постоянных магнитов.

Однофазные двигатели (рис. 2, и): 138 — асинхронный однофазный двигатель с расщепленными полюсами и короткозамкнутым ротором. На одну часть каждого полюса надета короткозамкнутая обмотка или просто кольцо. Возникающий в короткозамкнутой обмотке ток препятствует возникновению потока в этой части полюса. Поэтому потоки одних частей полюсов сдвинуты в пространстве и во времени относительно потоков других частей полюсов. Благодаря этому образуется вращающееся поле, увлекающее ротор. Изображение обмоток под углом подчеркивает возникновение сдвига потоков.

Если ротор выполнен из закаленной стали (характеризующейся широкой гистерезисной петлей), то на валу двигателя возникает гистерезисный момент и частота вращения ротора строго соответствует частоте питающей сети. Такие двигатели, называемые гистерезисными, широко распространены в часовых механизмах, пишущих приборах и т. п.;

168 — синхронный однофазный двигатель явнополюсный с обмоткой возбуждения и успокоительной или пусковой обмоткой на роторе;

152 — коллекторный однофазный репульсионный двигатель имеет статор обычной однофазной машины; ротором служит якорь машины постоянного тока, щетки которого замкнуты накоротко. Щетки можно передвигать по коллектору, осуществляя таким образом изменение частоты вращения, остановку и реверсирование. Изображение щеток под углом в условном обозначении не случайно: оно подчеркивает, что репульсионный двигатель

развивает вращающий момент только в том случае, когда оси щеток и обмотки статора не перпендикулярны;

153 — коллекторный однофазный двигатель последовательного возбуждения.

В настоящее время широкое распространение получили однофазные двигатели с конденсаторным пуском и конденсаторные двигатели. Стандарт не дает обозначений для таких двигателей, но их легко построить, исходя из принципа действия. Например, на рисунке 2, *к* показаны двигатели, имеющие две обмотки: главную и добавочную. В цепь добавочной обмотки на период пуска включается конденсатор *С*. По достижении двигателем определенной скорости конденсатор отключается. Это — двигатель с конденсаторным пуском (см. рис. 2, *к* слева). На рисунке 2, *к* справа показан конденсаторный двигатель. При пуске включается два конденсатора *С* и *С*₁, затем конденсатор *С* отключается.

Двигатели постоянного тока (рис. 2, *л*): 143 — двигатель с независимым возбуждением (обмотка возбуждения обозначена четырьмя полуокружностями); 144 — двигатель с последовательным возбуждением (обмотка возбуждения обозначена тремя полуокружностями); 145 — двигатель с параллельным возбуждением (четыре полуокружности); 146 — двигатель со смешанным возбуждением. Последовательная обмотка обозначена тремя, а параллельная — четырьмя полуокружностями (расположение обмоток в обозначениях машин постоянного тока не устанавливается); 148 — двигатель с возбуждением от постоянных магнитов.

Трансформаторы и автотрансформаторы

За основу построения обозначений трансформаторов и автотрансформаторов принимаются обозначения обмоток, сердечников, корпуса, экрана, знак регулирования; а также знаки, указывающие виды соединений.

Обмотки. В схемах электроснабжения обмотки обычно обозначают в виде окружности (рис. 3, *а*) (479). В других случаях обмотки изображаются, как показано на рисунке 3, *б* (482, 491), причем количество полуокружностей и направление выводов не устанавливаются. Точка указывает начало обмотки.

При обозначении обмоток в виде окружностей в них, если нужно, вписывают знаки соединения (рис. 3, *г*):

16 — обмотка однофазная с двумя выводами; 17 — обмотка однофазная с двумя выводами и выведенной нейтральной (средней) точкой; 18 — соединение обмоток двух фаз в открытый треугольник (питание от сети трехфазного тока); 19 — три обмотки однофазные, каждая с двумя выводами; 20 — обмотка трехфазная, соединенная в звезду; 23 — обмотка трехфазная, соединенная в звезду с выведенной нейтральной (средней) точкой; 22 — обмотка трехфазная, соединенная в треугольник; 24 — обмотка трехфазная, три фазы соединены в разомкну-

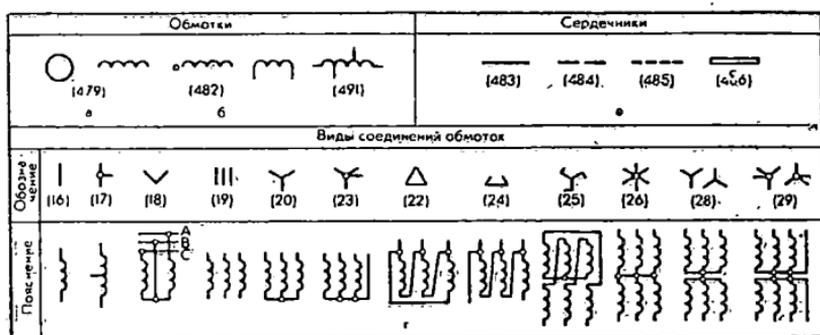


Рис. 3. Обозначение и знаки, сочетание которых положено в основу схематического изображения трансформаторов и автотрансформаторов

тый треугольник; 25 — обмотка трехфазная, соединенная в зигзаг; 26 — обмотка шестифазная, соединенная в звезду; 28 — обмотка шестифазная, соединенная в две обратные звезды с отдельными нейтральными (средними) точками; 29 — обмотка шестифазная, соединенная в две обратные звезды с выведенными отдельными нейтральными (средними) точками.

Сердечники (магнитопроводы). В схемах энергоснабжения сердечники трансформаторов и автотрансформаторов допускается не указывать, если это не вызывает недоразумений. В других случаях сердечники изображают обозначениями, показанными на рисунке 3, в: 483 — ферромагнитный сердечник. Раньше было другое обозначение: три тонкие черты, как бы представлявшие листы стали, из которой набран сердечник; 484 — ферромагнитный сердечник с воздушным зазором. Небольшой воздушный зазор (величина которого фиксируется проклад-

кой из немагнитного материала) нужен в тех случаях, когда по обмотке проходит не только переменный, но и постоянный ток, который при отсутствии зазора мог бы насытить сердечник; 485 — магнитоэлектрические сердечники применяются при радиочастотах для уменьшения потерь на вихревые токи. В магнитоэлектрических сердечниках ферромагнитные частицы разделены массой изоляционного материала; 486 — сердечник из немагнитного материала, например из меди или алюминия, играет такую же роль, как множество короткозамкнутых витков, введенных в магнитное поле обмотки. В немагнитном сердечнике наводятся вихревые токи, магнитное поле которых противодействует основному полю, чем достигается уменьшение индуктивности.

Магнитные пускатели, контакторы, реле

Магнитные пускатели и контакторы. Обозначения обмоток 399 и 401 (рис. 4, а) отличаются только расположением выводов и равноценны обозначению 410. Если обмотки двух контакторов соединены, то их обозначают по 411.

На рисунке 4, б слева направо изображены контакты: замыкающий 277, размыкающий 278, переключающий 279, 280, 285, 286

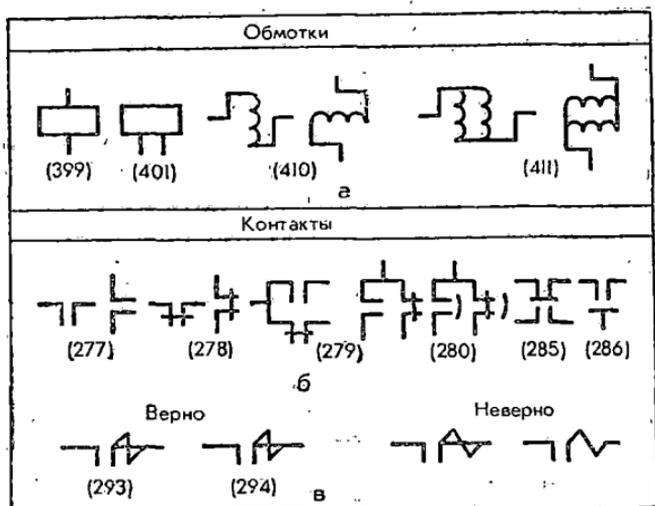


Рис. 4. Магнитные пускатели и контакторы

279, с безобрывным переключением 280, мостикового типа 285, со средним выводом 286. Различие между контактами с безобрывным переключением и мостиковым состоит в том, что в первом случае переключение совершается между замыкающим и размыкающим контактами, а во втором — между двумя замыкающими контактами.

Если нужно подчеркнуть наличие гашения (любого вида), то используют обозначения 293 и 294 (рис. 4, в). Причем знак гашения образует с проводом углы 45° и 90° , а не 60° , как иногда ошибочно изображают. Типичные ошибки при изображении контактов с гашением показаны на рисунке 4, в справа.

Обмотки электрических реле. В схемах управления, автоматики и сигнализации обмотки реле обычно изображают, как показано на рисунке 5, а, в и г. В схемах релейной защиты нередко применяют обозначения, показанные на рисунке 5, б (427, 432).

Если нужно подчеркнуть, что обмотка является токовой, то пользуются обозначением 404 (рис. 5, в); т. е. пишут букву *I* или изображают обмотку 408 двумя полуокружностями. Чтобы отразить обмотку реле максимального тока, в прямоугольник вписывают знак $I >$ (406). Если нужно отразить обмотку напряжения, то применяют обозначение 405 (рис. 5, г), т. е. пишут буквы или изображают обмотку тремя полуокружностями 409. Чтобы отразить обмотку реле минимального напряжения, в прямоугольник вписывают знак $U <$ (407).

В устройствах автоматики, телемеханики и телефонии нередко применяют реле с несколькими обмотками. Если нужно подчеркнуть, что реле является однообмоточным, то применяют обозначение 400 (рис. 5, а), т. е. рисуют одну наклонную черту. Обмотки двухобмоточных реле изображают по 412. Если же они разносятся по схеме, то на их принадлежность к двухобмоточному реле указывают две наклонные черты 413. Цифра 5 в обозначении 414 указывает на принадлежность обмотки к пятиобмоточному реле.

Число, написанное в прямоугольнике (рис. 5, з), — величина сопротивления обмотки, в данном примере — 200 Ом.

Некоторые реле, особенно телефонные, имеют бифилярные обмотки. Бифилярная обмотка изображается по 415, т. е. так же, как резистор, причем буква В (в при-

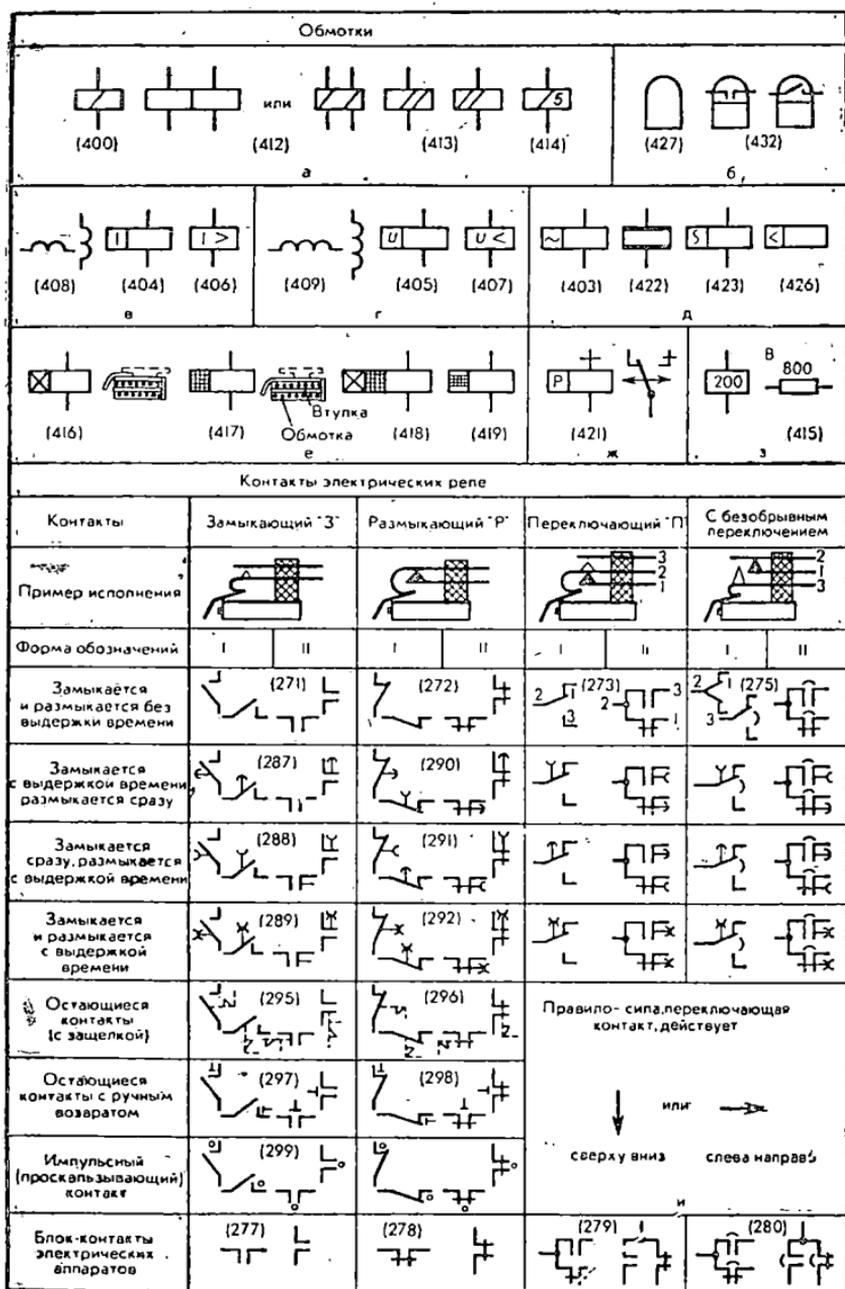


Рис. 5. Электрические реле. Блок-контакты электрических аппаратов

мере на рис. 5, з) — обозначение реле на схеме, а число — величина сопротивления 800 Ом.

На рисунке 5, д слева направо изображены обмотки реле: переменного тока 403, нечувствительного к переменному току 422, обладающего остаточным намагничиванием 423 и с механической блокировкой 426.

На рисунке 5, е показаны обмотки реле с замедлением при срабатывании 416, при отпускании 417, при срабатывании и отпускании 418, а также с ускорением при срабатывании 419. Следует отметить, что в данном случае обозначается выдержка времени на обмотке, т. е. подчеркивается применение медных гильз или шайб, надеваемых на сердечник реле, специальным исполнением магнитопровода, якоря и т. п. Для реле, замедление которых достигается другими способами, например с помощью часового механизма, пневматики, электродвигателя с редуктором и т. д., обозначения 416—419 применять не следует.

В обозначение обмотки поляризованного реле (рис. 5, ж) вписана буква Р. Кроме того, один из ее выводов отмечен черточкой. Если подать к этому выводу положительный полюс, то замкнется тот контакт реле, который тоже отмечают черточкой: (не показана).

Контакты электрических реле. Выше было показано, что обмотки реле можно изображать и прямоугольниками и полуокружностями (см. рис. 5). Никакой связи между способами обозначения обмоток и формами обозначения контактов нет. Как удобно обозначать обмотки и контакты, так и нужно поступать, лишь бы обозначения были стандартными.

Выдержка времени. Чтобы подчеркнуть наличие выдержки времени и указать ее характер, обозначения 271—273 и 275 дополняют полуокружностями и получают обозначения 287, 290 и аналогичные (рис. 5, и). Расположение полуокружности указывает направление заземления. Так, в обозначениях 287 и 290 широкая сторона полуокружности направлена к контакту. Значит, контакт замыкается со временем. В обозначениях 288 и 291 широкая сторона полуокружности направлена от контакта. Значит, контакт размыкается со временем. Контакты 289 и 292 замыкаются и размыкаются со временем.

Существенное отличие имеют очень старые, но еще встречающиеся обозначения по ГОСТ 7624—55, в кото-

рых не основание, а вершина треугольника указывала направление замедления.

Другие исполнения контактов. Для указания на безобрывное переключение применяют обозначения 275.

Сравнивая обозначения 295 и 296, легко понять идею изображения контактов, остающихся на защелке после переключения. Если остающийся контакт возвращается в исходное положение вручную, то рядом с контактом рисуют небольшую кнопку (обозначения 297 и 298). Чтобы обозначить импульсный «проскальзывающий», временно замыкающий контакт 299, рисуют кружок.

Блок-контакты электрических аппаратов: замыкающий 277, размыкающий 278, переключающий 279 и с безобрывным переключением 280 изображены на рисунке 5, и. Если нужно отразить, что при переключении блок-контакта образуется выдержка времени, то рисуют полуокружность, направляя соответствующим образом ее широкую сторону:

Неэлектрические реле (датчики, путевые и конечные выключатели, рис. 6) обозначают, принимая за основу изображения 309 и 310 (рис. 6, а), где штриховая линия указывает только на механическую связь с каким-то приводом. К этим изображениям можно отнести обозначение привода (рис. 6, б): общее 791, кнопки 794, рукоятки 795, педали 796, поплавка 797, центробежного регулятора 798, электродвигателя М, биметаллической пластинки.

На рисунке 6, в механическая связь изображена двумя равноценными стандартными способами: штриховой линией и двумя параллельными линиями.

На рисунке 6, г схематически изображено реле тепловой защиты электродвигателей. Работает оно следующим образом. Ток нагрузки, проходя через нагревательный элемент (спираль, пластину из нихрома) 5, нагревает биметаллическую пластину 4, которая при токе установки настолько изгибается, что освобождает рычаг 6, переключающий с помощью тяги 2 контакт 3. Чтобы вновь включить реле, необходимо немного подождать (чтобы остыла биметаллическая пластинка) и нажать кнопку 1. Изображение реле на схеме состоит из обозначений обмотки (нагревательной спирали) 425 и контакта с указанием ручного возврата.

Обозначение 425 соответствует ЕСКД, правее показано обозначение по ГОСТ 7624—62,

Изображение контакта (рис. 6, г) не всегда удобно, так как занимает много места. Поэтому стандарт допускает при наличии в схеме буквенных обозначений, характеризующих функции реле, ограничиваться более

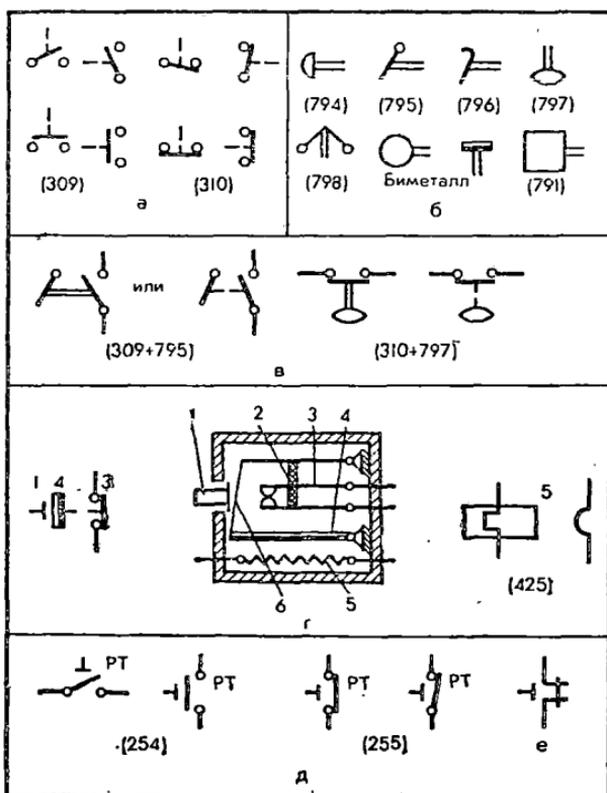


Рис. 6: Контакты неэлектрических реле-датчиков, путевых и конечных выключателей

простыми графическими обозначениями 254 и 255 (рис. 6, д). Здесь кнопка указывает на ручной возврат, буквы РТ — реле тепловой защиты.

По сложившейся традиции, в ряде каталогов и других документах контакт теплового реле часто изображают, как контакт электрического реле с ручным возвратом (рис. 6, е).

Измерительные приборы

Измерительные приборы на схемах изображают более или менее подробно, в которых буквами указывают: А — амперметр, V — вольтметр, Wh — счетчик ватт-часов и т. п. Очертание приборов (рис. 7, а) подчеркивает их назначение (показывающий 178, регистрирующий 179 или интегрирующий 180).

Если можно отразить взаимное расположение обмоток, то в контур прибора (его рисуют крупнее) помещают изображение измерительного механизма. Измери-

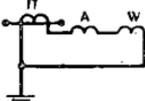
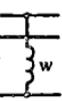
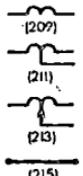
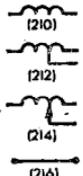
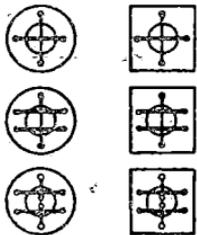
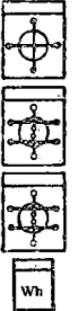
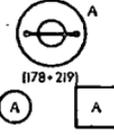
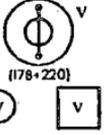
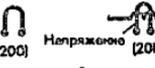
Показывающий  (178)	Регистрирующий  (179)	Интегрирующий (счетчик)  (180)	 6	 0	 A B C
Измерение					
тока		напряжения		мощности	
Обмотки измерительных приборов		Ваттметры		энергии (работы)	
					
Измерительные механизмы					
 (219)	 (220)	 W  W		 Wh	
Амперметры		Вольтметры		Гальванометр осциллографический	
 A A	 V V	V/A-вольтметр V/A _г -ваттметр V-ваттметр e		Wh-счетчик ватт-часов kWh-счетчик киловатт-часов Varh-счетчике вольтампер- часов реактивный л	
А — амперметр мА — миллиампер, мкА — микроампер.		V — вольтметр мV — милливольтметр л		 200 201 Напряжени Ток	
Логометры					
 1	 112	 17	 2	 SVH	
					

Рис. 7. Измерительные приборы

тельный механизм обозначается окружностью, перечеркнутой линиями. Толстая линия — токовая обмотка, тонкая — обмотка напряжения. По этому способу на рисунке 7, б обозначен регистрирующий ваттметр.

Когда обмотки измерительных приборов надо показать в схеме, их изображают либо двумя полукругностями (токовая обмотка), либо тремя (обмотка напряжения). Так, например, на рисунке 7, в в цепь вторичной обмотки трансформатора тока IT включены обмотки амперметра А и ваттметра W; его обмотка напряжения присоединена к шинам А и С. После этих предварительных указаний будут понятны следующие рисунки.

Амперметры, вольтметры, ваттметры. На рисунке 7, г изображены: 209 — токовая обмотка измерительных приборов; 211 — секционированная токовая обмотка с отводами; 213 — секционированная переключаемая обмотка; 215 — токовая обмотка для изображения измерительного механизма; 219 — измерительный механизм (но не прибор) однообмоточного амперметра; 178 + 219 — показывающий (окружность) и регистрирующий (квадрат) амперметры. Аналогично изображаются миллиамперметры (mA) и микроамперметры (μ A).

Рисунок 7, д показывает: 210 — обмотка напряжения измерительных приборов; 212 — секционированная обмотка напряжения с отводами; 214 — тоже переключаемая обмотка; 216 — обмотка напряжения для изображения измерительного механизма; 220 — измерительный механизм (но не прибор) однообмоточного вольтметра; 178 + 220 — показывающий (окружность) и регистрирующий (квадрат) вольтметры. Аналогично изображается милливольтметр.

На рисунке 7, е сверху вниз даны обозначения показывающих (слева) и регистрирующих (справа) ваттметров: однофазного, трехфазного одноэлементного, трехфазного двухэлементного и общее обозначение ваттметра. Аналогично изображают вольтамперметры VA (измерители полной мощности) и ваттметры Var (измерители реактивной мощности):

Интегрирующие приборы, например счетчики, показаны на рисунке 7, ж, сравнивая которые с изображенными на рисунке 7, е, легко понять, чем они отличаются.

Осциллографы. На рисунке 7, з показаны осциллографические гальванометры, называемые иногда шлейфами: 200 — гальванометр для осциллографирования то-

ка или напряжения; 201 — для осциллографирования мгновенной мощности.

На рис. 7, *и* показаны осцилоскоп 198 — прибор с визуальным отсчетом и осциллограф 199 — регистрирующий прибор.

Логометры (измерители отношений) применяются, например, в мегомметрах, благодаря чему мегомметр правильно указывает величину сопротивления даже при значительных колебаниях скорости вращения рукоятки. (Чем медленнее вращают рукоятку, тем меньше ток, проходящий через рабочую обмотку, но в такой же мере уменьшается и ток, создающий противодействующий момент. При быстром вращении рукоятки увеличиваются токи и в рабочей, и в противодействующей обмотках. Но в любом случае отношение моментов сохраняется практически неизменным.)

Логометры не имеют пружин. Противодействующий момент создается в них электрическим путем, поэтому даже в простейшем случае логометр имеет не одну, а две обмотки. При отсутствии тока стрелка совершенно исправного логометра может занимать любое положение.

Примеры обозначений логометров даны на рисунке 7, *к*, где слева направо изображены: омметр Ω , ферродинамический частотомер Hz , электродинамический однофазный фазометр φ ; трехфазный фазометр с двумя токовыми обмотками φ , трехфазный синхроноскоп SVN.

Нестандартные обозначения

Стандарты, как бы полно они ни были составлены, не могут ответить на все вопросы, возникающие в практике. Техника развивается быстро, появляются новые аппараты, приборы, машины, их нужно обозначать на схемах, а стандартных обозначений нет. Один за другим разрабатываются новые типы светильников. Возникают новые виды электропроводок, прокладываемых непосредственно в строительных конструкциях. Нередко на схеме нужно подчеркнуть положение какого-либо аппарата, например секционного выключателя и т. п. Таким образом, сравнительно часто возникает необходимость применить обозначение или знак, которых нет в стандарте. В этих случаях надо также руководствоваться указаниями стандартов, а именно:

обозначения элементов, не предусмотренные стандартом, составляют исходя из принципа работы элемента; обозначения машин, аппаратов и приборов составляют из установленных обозначений элементов с соблюдением принципов построения, принятых для аналогичных типов машин, аппаратов и приборов;

однолинейные обозначения машин, аппаратов и приборов, не приведенные в стандарте, строят на основе приведенных в нем многолинейных обозначений, но их выводы изображаются однолинейно;

расшифровку всех нестандартных обозначений, которые могут быть неправильно истолкованы, а также нестандартных буквенных или цифровых знаков нужно приводить на чертеже или в приложении к нему. Если расшифровка дана не на чертеже, то на нем обязательно указывают, на каком листе сделана расшифровка.

Особый интерес представляет изображение бесконтактных путевых выключателей, получивших широкое распространение, но не имеющих стандартных условных обозначений. Поскольку эти датчики бесконтактные (в том смысле, что они не соприкасаются с механизмом, контролируемой средой и т. п.), они не имеют привода. Поэтому к ним не применимо изображение контактов, от которых показана линия механической связи. Бесконтактные датчики многих исполнений являются чисто электрическими устройствами и притом довольно сложными. Поэтому сам датчик целесообразно изображать прямоугольником с необходимым числом входов и выходов; выходные контакты изображают так же, как контакты электрических реле.

Необходимо иметь в виду, что при составлении условных обозначений не следует уделять большого внимания изображениям деталей, если в них нет необходимости. Так, например, усилитель, выпрямитель и т. п. можно в ряде случаев изображать прямоугольником или квадратом, в который вписывается соответствующий знак. Стабилизатор напряжения можно показывать, как трансформатор (автотрансформатор), со знаком нелинейного саморегулирования. Однако если речь идет о ремонте или изготовлении, скажем, феррорезонансного стабилизатора напряжения, то уместно не только изобразить конденсатор и катушку индуктивности, но и отметить их концы и начала.

МАРКИРОВКА В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Вопрос о маркировке значительно важнее и сложнее, чем он представляется тем, кто не сталкивается с маркировкой в практической работе на монтаже, при наладке и эксплуатации. Во-первых, без маркировки нельзя понять электротехнические чертежи. Во-вторых, неправильно выполненная маркировка или маркировка, неправильно понятая, повлечет за собой недопустимые и даже опасные действия персонала. Они могут привести к коротким замыканиям, соединению несфазированных линий, несвоевременному введению в действие автоматических устройств и т. п.

Маркировка нужна не только на чертежах. Она необходима на панелях, щитах и скобах, на аппаратах, машинах и приборах, на рядах зажимов и т. п., так как без маркировки их нельзя ни определить, ни связать с чертежами.

Значительно усложнилась маркировка в связи с переходом к индустриальным методам монтажа. Унифицированные типовые изделия выпускаются заводами электропромышленности для массового применения в различных условиях, и маркировка в этих изделиях, естественно, не может совпадать с маркировкой в конкретных схемах. Кроме того, электроустановка комплектуется из нескольких типовых изделий, выпускаемых разными поставщиками. Каждый из них маркирует, как ему удобно. А когда все эти изделия собираются на одной монтажной площадке, то при их сочетании возникают трудности. Все это вынуждает вводить так называемую генеральную маркировку, которая обычно не совпадает с маркировкой изделий. А так как произвести перемаркировку изделий невозможно, приходится устанавливать определенные правила: где и как на чертежах и в натуре писать генеральную маркировку и как по ней ориентироваться.

Участки цепей маркируют независимо от нумерации или условных обозначений зажима, аппарата или прибора, к которому подходит (или отходит) конец маркируемого проводника.

Участки цепей, разделенные контактами аппаратов, катушками реле, обмотками машин, резисторами и пр., считаются отдельными участками и имеют разную маркировку. Участки, сходящиеся в одном узле принципи-

альной схемы, а также проходящие через разъемные контактные соединения, маркируют одинаково. Проводники на схемах соединений и соответствующие им участки на принципиальных схемах имеют одинаковую маркировку.

Маркировка состоит из ряда последовательных чисел, а в необходимых случаях содержит буквенную или цифровую приставку. Для цифровых обозначений применяют арабские числа, для буквенных — прописные буквы.

В схемах постоянного тока (рис. 8, а) участки положительной полярности (при прохождении по ним тока) маркируют нечетными числами; отрицательной — четными. Если в процессе работы схемы участок изменяет полярность, то участки, не имеющие явно выраженной полярности (проводник, соединяющий две последовательно соединенные катушки, резисторы и т. п.), маркируют четными или нечетными числами. Так, между лампой Л и резистором R маркировка 4 четная; между обмотками реле 2P и 3PB — нечетная — 13.

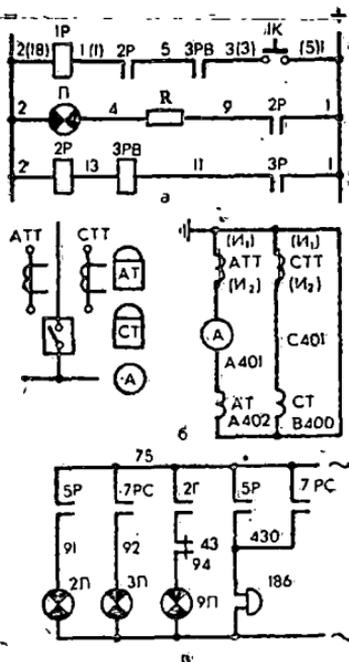


Рис. 8. Маркировка цепей по ГОСТ 9099—59

В схемах однофазного переменного тока (фаза — нуль, фаза — фаза) участки цепей маркируют аналогично цепям постоянного тока с добавлением индекса фазы. Индекс фазы А, В, С или О (характеризующий нейтраль) пишут перед цифровой частью. Четные (нечетные) числа можно присваивать участкам цепи любой фазы или нулю.

В схемах трехфазного переменного тока участки цепей маркируют без деления на четные и нечетные с добавлением перед цифровой частью индекса фазы.

На рисунке 8, б дан пример, показывающий трансформатор тока фазы А, вторичная обмотка которого питает амперметр и токовое реле АТ. Трансформатор тока фазы С питает токовое реле СТ. Участки, относящиеся к фазе А, имеют маркировку А401 и А402; к фазе С — С401. Маркировка нуля — 0400.

Если индекс фазы не нужен, как, например, в цепях управления или сигнализации, то его опускают (рис. 8, в).

Условные обозначения зажимов аппаратов и приборов, к которым присоединяют проводники маркируемых цепей, могут быть проставлены в скобках около основной маркировки. Например, на рисунке 8, а около основной маркировки 2 и 1 проводов, присоединенных к обмотке реле 1Р, в скобках написаны номера зажимов реле 18 и 1. Аналогично у кнопки 1К рядом с основной маркировкой 1 и 3 в скобках написаны номера зажимов 3 и 5. На рисунке 8, б в скобках обозначены выводы I_1 и I_2 трансформаторов тока.

Сравнительно часто в одном контрольном кабеле, пучке проводов, в общем ряду зажимов встречаются проводники, относящиеся к разным присоединениям, но с одинаковой маркировкой. Например, от шин отходит несколько однотипных линий. В таких случаях, чтобы отличить цепи различных присоединений, маркировку дополняют индексом присоединения (генератор, трансформатор, двигатель, линия и т. п.). Индекс пишут перед обозначением (маркировкой). При этом, если индекс и обозначение (маркировка) однозначны (цифра — цифра; буква — буква), то индекс ставится через разделительный знак. Например: 5—17 (5 — индекс, 17 — маркировка); Г—Д5 (Г — индекс, Д5 — маркировка).

Если индекс и маркировка разнозначны (цифра — буква или буква — цифра), то разделительный знак не ставится. Например, Д31 (Д — индекс, 31 — маркировка), 1Г25 (1Г — индекс, 25 — маркировка).

Места маркировки. На принципиальных (полных) схемах маркировку проставляют над участком проводника при горизонтальном расположении цепей (рис. 8, а) или справа (а не слева) от участка проводника при вертикальном расположении (рис. 8, в).

На схемах соединений (монтажных) маркировку проставляют в рассечке проводника или около места его присоединения к зажимам машин, аппаратов, приборов и т. п.

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ ЧЕРТЕЖИ

Рассматривая весь тракт от источников электроснабжения до электроприемников, можно ознакомиться с различными видами электротехнических чертежей.

К ним относятся: общая схема электроснабжения с энергетическими системами и линиями электропередачи; схема одной энергосистемы с электрическими станциями, районными подстанциями и линиями электропередачи; однолинейная или многолинейная схема главной коммутации электростанции (подстанции).

Указанные схемы обычно необходимы диспетчерам энергетических управлений; энергосистем, районов электросети.

Эксплуатационному персоналу такие схемы недостаточны, и они пользуются более подробными схемами, где указаны типы выключателей и приводов к ним, мощности и виды соединений трансформаторов, измерительные приборы, релейная защита и т. п.

От шин подстанции отходит ряд линий, которые питают группы электроприемников. Одна из линий, допустим, питает магистраль. К магистрали, в свою очередь, присоединены линии. Одна из них питает щит станций управления, от которого отходит распределительная сеть. Следовательно, необходимы также схемы распределительных сетей.

Линии распределительных сетей предназначены для питания электродвигателей механизмов, калориферов, осветительных установок и других электроприемников. Поэтому потребуется принципиальная схема электроприемника. Если работа электроустановки протекает в результате сравнительно сложного взаимодействия ряда аппаратов или связана регламентированными временными или иными зависимостями, то принципиальная схема дополняется диаграммой взаимодействия, таблицами переключений универсальных и путевых переключателей и т. п.

В сложном устройстве автоматики, регулирования и телемеханизации принципиальной (полной) схеме предшествовала бы структурная или функциональная схема или схема автоматизации производственного процесса.

Перечисленные выше чертежи служат для эксплуатации. Некоторые из них необходимы наладчикам. Они являются также основанием для проектирования рабо-

чих чертежей, по которым сооружаются электроустановки.

Поясняющие документы. Электротехнические чертежи дополняют рядом поясняющих документов. В одном из них формулируются условия действия электроустановки, другой является описанием сложной схемы, третий поясняет, как надлежит пользоваться электроустановкой (в какой последовательности нужно подавать на нее электропитание, что далеко не всегда безразлично, в каком порядке нужно производить переключения, какие необходимы дополнительные меры безопасности и т. п.). Важным документом является монтажная карта. В ней перечисляются все работы и очередность их выполнения со ссылками на номера чертежей, которыми нужно пользоваться.

Проектная и исполнительная документация. Следует различать чертежи проектные и исполнительные. В эксплуатации можно пользоваться только исполнительными чертежами. Различия между проектной и исполнительной документацией могут возникнуть из-за замены аппаратуры, кабелей и т. п. Не исключены изменения, которые пришлось внести в процессе наладки.

При этом изменения вносят не в один какой-нибудь чертеж, а во все чертежи, где могли быть изменения.

Названия схем

Разделение труда между изготовителями электроустановок, специализация исполнителей и различие целей той или иной работы (монтаж, наладка, эксплуатация) привели к созданию большого разнообразия схем. ГОСТ 2.701—68 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению» устанавливает виды и типы схем и общие требования к выполнению схем изделий всех отраслей промышленности, а также электрических схем энергетических сооружений (электрических станций, оборудования промышленных предприятий и т. п.). В энергетических сооружениях объект, на который выпускается схема (например, главные цепи), в тексте стандарта условно именуется установкой.

В зависимости от основного назначения схемы разделяют на ряд типов. Рассмотрим каждый из них, указывая в соответствующих местах, чему по сложившейся ранее терминологии соответствует каждый тип.

Структурная схема — определяет основные функциональные части установки, их назначение и взаимосвязи.

Функциональная схема — разъясняет определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях установки или в установке в целом. Функциональной цепью называется линия, канал, тракт определенного назначения.

Принципиальная (полная) схема — определяет полный состав элементов и связей между ними и, как правило, дает детальное представление о принципах работы установки. Элементом схемы называется составная часть схемы, которая не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное функциональное назначение (резистор, трансформатор и т. п.). Если в состав установки входят устройства, имеющие собственные принципиальные схемы, то такие устройства в схеме установки рассматриваются как элементы. В этом случае детальный принцип работы установки определяется совокупностью ее принципиальной схемы и принципиальных схем этих устройств.

Замечания: 1. Принципиальные схемы вторичных цепей в ряде организаций называли элементными или развернутыми схемами.

2. Принципиальная схема электропривода (управления вводом, релейной защиты и т. д.) дает детальное представление о работе электроустановки, так как на схеме показаны все электрические цепи. В отличие от принципиальной схемы электроустановки, принципиальная схема изделия (станции управления, панели защиты и т. п.) представляет собой только схему изделия, выполненную разнесенным способом, т. е. схему одной из составных частей установки.

Схема соединений (монтажная) — показывает соединение составных частей установки и определяет провода, жгуты, кабели, которые осуществляют эти соединения, а также места их присоединения и ввода.

Схема подключения — показывает внешние подключения изделий. В ряде организаций схемы подключения называли схемами внешних соединений.

Общая схема — определяет составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации.

Схема расположения — определяет относительное расположение составных частей изделия (установ-

ки), а при необходимости — также проводов, жгутов, кабелей, трубопроводов и т. п. На рисунках 9; 10 и 11 приведены примеры наиболее распространенных типов электрических схем. Они выполнены для установки автоматического регулирования температуры в пределах 60—70° с сигнализацией о недопустимом понижении (до 50°C) и повышении (до 80°C) температуры. Следует отметить, что для такой простой электроустановки многие из приведенных схем не нужны, например структурная и функциональная схемы. Схемы соединений и подключения следовало бы объединить. Наконец, общую схему легко настолько развить, что на ней будут видны все необходимые соединения как внешние, так и внутренние. Чтобы наглядно показать, как могут выглядеть схемы распространенных типов, лучше всего это сделать на примере простой электроустановки.

На рисунке 9, а дана структурная схема, где прямоугольниками обозначены основные функциональные части установки и даны линии взаимосвязи между ними. Стрелки указывают следующее направление хода процесса. Объект контроля и управления 2 через блок управления 3 включает и отключает нагреватель 4, благодаря чему температура воды в баке поддерживается на должном уровне. При отклонении температуры от заданных значений в блок сигнализации 1 передается сигнал.

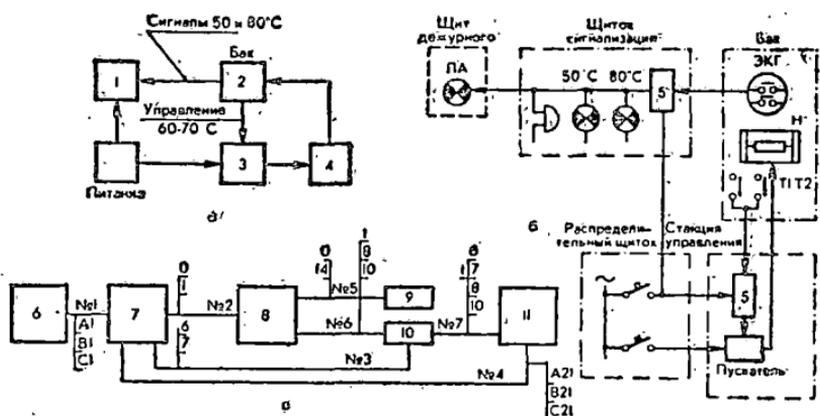


Рис. 9. Примеры, иллюстрирующие содержание структурной (а), функциональной (б) и общей (в) схем:

1, 2, 3, 4 — функциональные части установки; 5 — группа аппаратов; 6 — распределительный щит; 7 — станция управления; 8 — щиток сигнализации; 9 — щит дежурного; 10 — ящик зажимов; 11 — бак

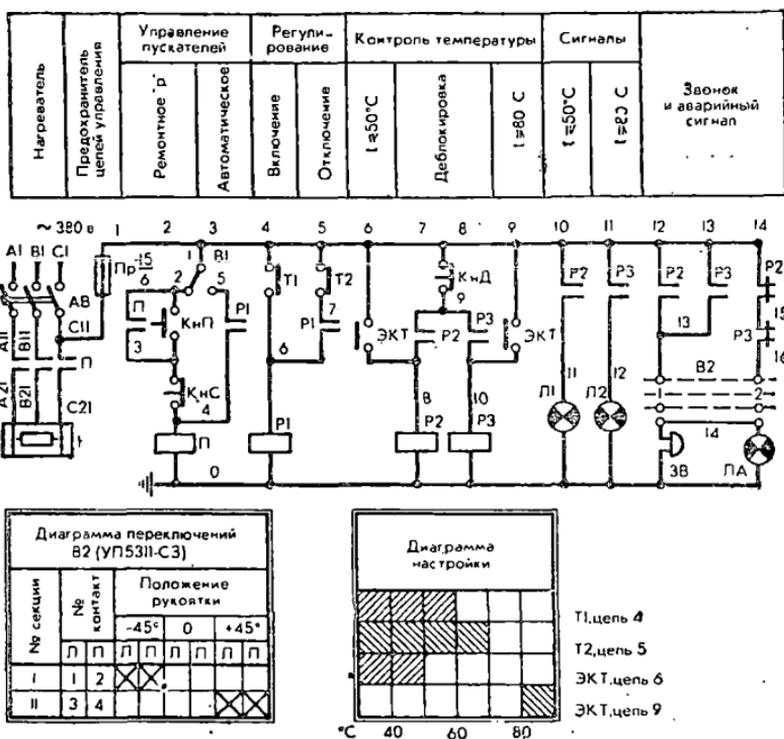


Рис. 10. Пример, иллюстрирующий содержание принципиальной (полной) схемы электроустановки

Функциональная схема (рис. 9, б) несколько подробнее и сложнее структурной схемы. Здесь уже видны основные устройства (щиток сигнализации, станция управления и т. п.), отдельные элементы (лампы, звонок) показаны в условных обозначениях, а группы аппаратов 5, осуществляющие переключения, изображены прямоугольниками. Общая схема (рис. 9, в) приведена ниже. На рисунках 10 и 11, а показаны две принципиальные схемы, но одна из них (рис. 10) относится ко всей установке и дает полное представление о ее работе*. Схема (рис. 11, б) относится только к одному из изде-

* Схема работает следующим образом. Нагреватель Н, находящийся в баке с водой, включается и отключается магнитным пускателем П. Пускатель в ремонтном режиме (Р) управляется кнопками КнП и КнС (цепь 2), а на автоматике — контактом реле Р1 (цепь 3). Реле Р1 включено при температуре 60°C и ниже по цепи 4, так как контакт температурного реле Т1 замкнут. Включившись, реле Р1 продолжает получать питание по цепи 5 до тех пор,

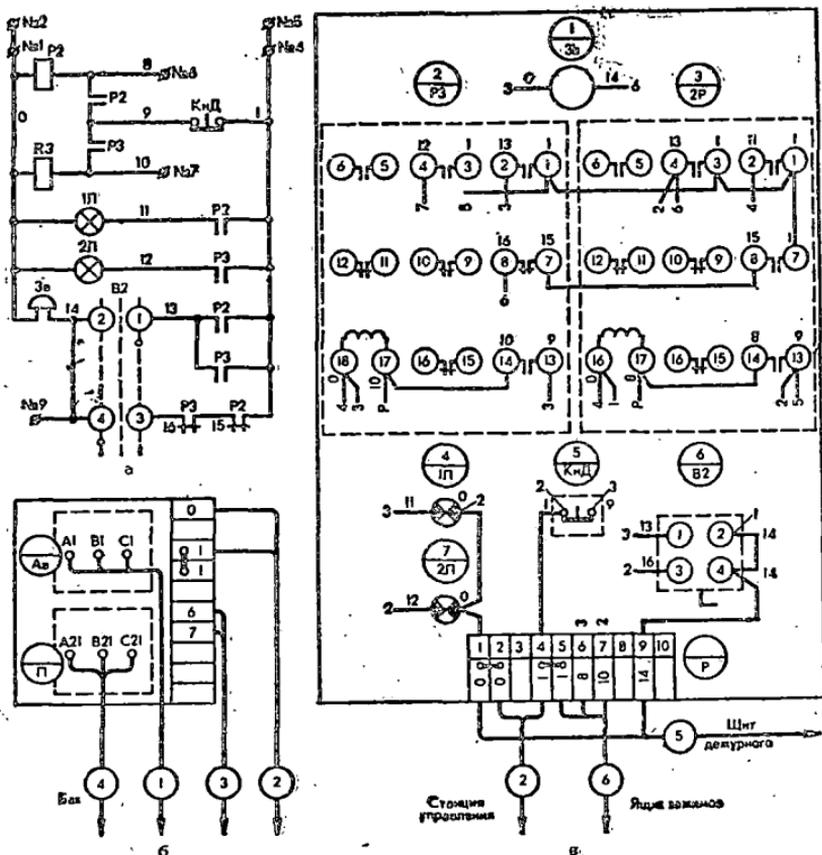


Рис. 11. Примеры, иллюстрирующие содержание принципиальной схемы изделия (а), схемы присоединения станции управления (б) и схемы соединений щитка сигнализации (в). Перечень элементов к рисунку 11, а приведен в таблице 11.

лий, входящих в установку. В данном случае это — принципиальная схема щитка сигнализации. При этом необходимо учесть:

пока температура, повышаясь, не достигнет 70°C . При этом разомкнется контакт температурного реле Т2 и реле Р1 отпустит.

Лампы Л1 и Л2 включаются контактами реле Р2 и Р3 соответственно по цепям 10 и 11, а реле Р2 и Р3 являются повторителями контактов контактного термометра ЭКТ. При температуре ниже 80°C и выше 50°C реле Р2 и Р3 могут быть деблокированы кнопкой КИД (цепи 7 и 8). Реле Р2 и Р3 включают также звонок Зв и аварийную лампу ЛА (цепи 12 и 13). Звонок и лампу квитируют переключателем В2. При восстановлении нормальной температуры звонок вновь включается по цепи 14 и должен быть опять заквитирован.

1) на рисунке 10 схема, перечень элементов, надписи, диаграмма переключений и настройки аппаратуры совместно дают ответы на вопросы, важные для эксплуатационников и наладчиков;

2) схема и перечень элементов на рисунке 11, *а* представляют конструкторский документ, цель которого показать, из чего сделано изделие и как выполнить соединения входящих в него элементов;

3) позиционные обозначения элементов (реле, лампы и т. п.) и маркировка проводов на рисунках 10 и 11, *а* строго одинаковы;

4) на схеме рисунка 11, *а* есть подробности, отсутствующие в схеме на рисунке 10: обозначения зажимов для внешних соединений, номера выводов переключателя В2.

Схема соединений с адресной маркировкой показана на рисунке 11, *в*, где видны как внутренние, так и внешние соединения (отходящие кабели). Поэтому для щитка сигнализации схема подключения не нужна.

Схема подключения дана для станции управления (рис. 11, *б*), причем питание (провода А1, В1 и С1), линия к нагревателям (провода А21, В21, С21) присоединяются непосредственно к выводам автомата Ав и магнитного пускателя П. Кабели вторичных цепей присоединены через зажимы.

Общая схема, показанная на рисунке 9, *в*, пояснений не требует. На таких схемах, очень удобных при монтаже и наладке, полезно проставлять номера кабелей (№ 1—7) и на выносках писать маркировки жил, входящих в каждый кабель. Сделать эти надписи при проектировании легко, а полезны они не только монтажникам и наладчикам, но и проектировщикам.

Чтобы убедиться в правильности схемы соединения (рис. 11, *в*), сравним ее сначала с принципиальной схемой изделия (рис. 11, *а*), затем с общей схемой (рис. 9, *в*).

Из принципиальной схемы видно, например, что зажимы 1 и 2 соединены и от одного из них в изделии провода подходят к обмоткам реле Р2 и Р3, лампам Л1 и Л2 и звонку Зв (маркировка 0). На рис. 11, *в* провод от зажима 1 подходит к лампе 2Л, от нее направляется к лампе 1Л, после чего указан адрес «2». Поэтому у аппарата, имеющего порядковый № 2, ищем вывод с маркировкой 0 и по обратному адресу «4» убеждаемся в том, что соединение выполнено правильно. В таком же порядке проверяем всю схему.

Перечень элементов к рисунку 11, а

Позиционное обозначение	Обозначение	Наименование	Количество	Примечание
В2		Универсальный переключатель типа УП5311/С3	1	
Зв		Звонок переменного тока типа З—220	1	
Кнд		Кнопочный пост типа ПКЕ112-1	1	Толкатель желтый
1Л, 2Л		Арматура сигнальная АС-220	2	Линза красная
Р2, Р3		Реле промежуточное унифицированное типа РПУ-1, паспорт 2ЛХ.309.156.213	2	220 В, 4з+4р

Замечания. Если в связи с особенностями изделия (установки) объем сведений, необходимых для его регулировки, контроля, ремонта и эксплуатации, не может быть передан при помощи установленных типов схем, допускается разрабатывать другие схемы. Примерами таких схем могут служить широко распространенные принципиальные схемы, дополненные промежуточными зажимами щитов, пультов, сборок и маркировкой выводов аппаратов. Проектные организации не всегда выпускают принципиально-монтажные схемы.

Но эксплуатационники, и особенно наладчики, считают такие схемы полезными, а опытные наладчики начинают работу с составления принципиально-монтажной схемы.

Элементы, экспликации и спецификации

Перечни элементов, называемые нередко перечнями оборудования и экспликациями (текст, поясняющий значение символов, условных обозначений), помещают на принципиальных схемах, чертежах общих видов электро-

Примечание. Столбец «Обозначение» заполняется, если нужно сделать ссылку на какой-либо другой конструкторский документ.

конструкций (и на отдельных чертежах), схемах присоединения, планах сетей и т. п. Выполняют перечни элементов, экспликации, таблицы технических данных электрооборудования, кабелей, проводов, труб и других изделий по формам соответствующих нормалей. Однако независимо от формы они должны содержать необходимые сведения, например: расшифровку буквенных и цифровых обозначений, техническую характеристику элементов, места установки и т. п.

Спецификации служат для получения исполнителем со склада необходимого количества изделий, материалов и проводов. Спецификация к электроконструкции, например к щиту станций управления, указывает, сколько и какие блоки надлежит получить, какой нужен каркас, сколько и каких требуется проводов, кабелей, труб, протяжных и ответвительных коробок, крепежных изделий и т. п.

Такие спецификации нужны исполнителям. Но чтобы определить количество изделий, проводов, кабелей, труб, материалов и т. п. для электроустановки в целом (для объекта или для всего предприятия), нужны сводные спецификации. Спецификации, по которым производят заказы, называются заказными.

Расположение, размеры и наименования граф спецификаций, а также очередность записи в них изделий определяются нормативными документами.

Надписи на чертежах

Электротехнические чертежи всегда содержат надписи.

Основная надпись (штамп) отражает содержание чертежа и указывает, к чему относится данный чертеж. В штампе, например, должно быть указано: наименование предприятия и цеха, наименование электроконструкции (щит станций управления 2ЩСУ), номер панели (№ 5), тип схемы (схема соединений).

В штампе также указываются фамилии исполнителей и должностных лиц, даны их подписи, написаны номер чертежа, число листов (если чертеж нельзя разместить на одном листе) и номер листа. На чертеже, заимствованном из типового проекта, должен быть штамп привязки с указанием на то, применен ли данный чертеж с изменениями или без изменений.

Примечания. На чертежах нередко помещают примечания. В примечаниях могут быть ссылки на другие чертежи, которые надлежит рассматривать совместно с данным. Может быть указано, что данный чертеж выпущен взамен другого, который аннулируется, и т. п.

Чертежи для справок. Очень полезно на чертеже иметь таблицу, из которой следует, например, по каким чертежам можно ознакомиться с системой принятых условных обозначений и маркировки, со схемой электропитания, с условиями действия электроустановки и почерпнуть другие важные сведения.

Условные обозначения, определенные стандартами, на чертежах, как правило, не расшифровывают. Исключение составляют чертежи электроосвещения и контрольно-измерительных приборов (КИП), где принято помещать все использованные условные обозначения. Если же пришлось применить нестандартное обозначение, то его расшифровка обязательна.

На схемах соединений, несмотря на обилие надписей — маркировки (заводской), схемной маркировки, порядковых номеров зажимов, номеров монтажных единиц и т. п., соответствующие пояснения совершенно необходимы.

ТЕХНИКА ЧТЕНИЯ СХЕМ

Знание условных обозначений и правил их применения необходимо, но этого недостаточно для чтения схем.

Чтобы читать схему, нужно обладать определенными для каждого конкретного случая знаниями из электротехники. Кроме того, нужно знать порядок, в котором надлежит читать схемы.

В процессе чтения схемы необходимо проверять правильность сделанных предположений, пользуясь приемами либо подтверждающими, либо опровергающими предположения. Значит, нужно знать приемы проверки и уметь ими пользоваться.

Нередко выводы, сделанные в результате чтения схем, не совпадают с фактами, полученными в процессе испытания. В этих случаях схема, по-видимому, слишком схематична, т. е. в ней не отражены существенные для данного случая подробности.

Пример. На рисунке 12, а показан разъединитель с приводом от электродвигателя. Кинематическая схема привода изображена на рисунке 12, г.

В обычных условиях применяется схема управления (рис. 12, б), действующая следующим образом. Для включения (отключения) привода нажимают кнопку К. Промежуточный контактор КП срабатывает, самозакрепляется и включает двигатель М. Когда привод повернет диск 4 (рис. 12, в) на 180° (цикл закончен), шпилька 5 с помощью звездочки 3 разомкнет контакт конечного выключателя КВ и отключит контактор КП, двигатель остановится.

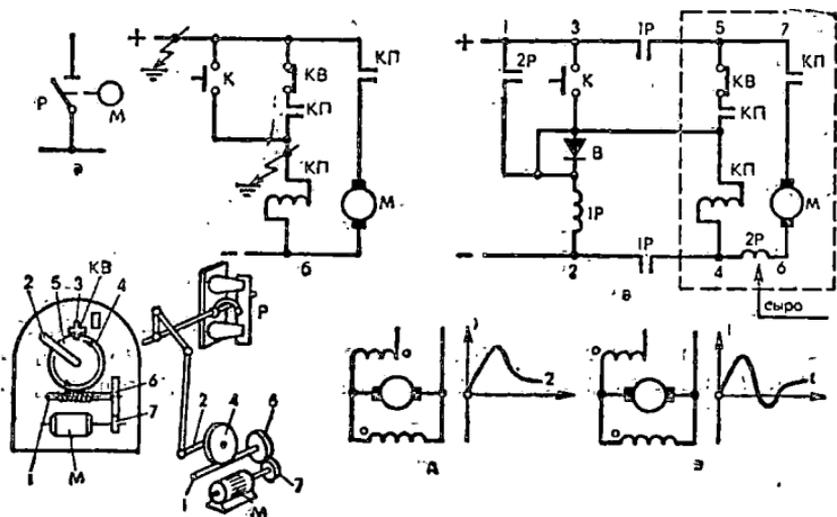


Рис. 12. Схема управления разъединителем с моторным приводом: а — схема главной цепи; б — обычная схема управления; в — схема для сырого помещения; г — кинематическая схема привода; д — схема двигателя со смешанным возбуждением, у которого обмотки последовательного и параллельного возбуждения действуют согласованно; е — то же, но обмотки действуют навстречу; 1 — червячный вал; 2 — тяга; 3 — звездочка — фазонный рычаг, размыкающий контакт конечного выключателя КВ по окончании работы привода; 4 — диск; 5 — шпилька, поворачивающая звездочку; 6, 7 — зубчатые колеса

Но рассматриваемый разъединитель и его промежуточный контактор КП могут находиться в очень сыром помещении, где весьма вероятно ухудшение изоляции. А если изоляция будет повреждена в точках, указанных на рис. 12, б, то произойдет крайне опасное самопроизвольное включение привода. Поэтому в данных условиях обычная схема не годится и применяют другую (рис. 12, в). Особенность ее состоит в том, что в сырое помещение питание подается только на время управле-

ния разъединителем, а в остальное время оно отключено, так как реле 1Р отпущено и его контакты разомкнуты. Для включения привода кнопкой К включают реле 1Р (цепь 3—2), через контакты которого подается питание. После этого срабатывает контактор КП (цепь 5—4) и включает двигатель М (цепь 7—6). Контактор самозакрепляется по цепи 5—4 и будет включен до замыкания контакта конечного выключателя КВ:

Кнопку К нажимают и тут же отпускают; но реле 1Р продолжает получать питание по цепи 1—2 через контакт реле 2Р; обмотка которого последовательно включена в цепь двигателя. (Пусковой ток двигателя велик, и поэтому обмотка реле 2Р состоит из немногих витков толстой проволоки.) Когда привод заканчивает работу и КВ отключает контактор КП, двигатель останавливается. Реле 2Р лишается питания и отключает реле 1Р; в сырое помещение питание более не подается.

Схема предельно проста и работает устойчиво на многих приводах, но на одном приводе почему-то отказывает. Отказ состоит в том, что в самом начале отключения разъединителя реле 2Р отпускает, отключает реле 1Р и лишает питания привод, следовательно, разъединитель остается в опасном положении — нож едва касается губок. Проверено все: И схема правильно собрана, и аппаратура исправна. Как же разобраться?

Единственным сложным элементом этой схемы является двигатель. И на схеме он показан менее подробно, чем все остальное. Действительно, у реле 1Р и 2Р и у контактора КП есть только по одной обмотке и контакты, что ясно видно на схеме. А у двигателя есть якорь и две обмотки возбуждения: последовательная и параллельная, не показанные на схеме (рис. 12, в). Не они ли портят все дело? Сделав такое предположение, нужно изобразить схему двигателя подробнее, что и сделано на рисунках 12, д и 12, е; причем в двух важных вариантах: обе обмотки включены согласно; обмотки включены навстречу. Эти подробности подчеркиваются расположением точек, указывающих на рисунках 12, д и 12, е: начала обмоток.

Теперь нужно рассмотреть, как в процессе отключения разъединителя нагружается двигатель. Вначале привод неподвижен, значит, ток велик. Затем начинает двигаться нож разъединителя, и, когда он выходит из гу-

бок, механическая нагрузка двигателя резко снижается, ток уменьшается.

Выясним с помощью небольшого подсчета характер изменения тока в обмотке реле 2Р при упомянутых выше изменениях тока двигателя. (Нас интересует реле 2Р, так как именно оно неверно работает.) Пусть параллельная обмотка возбуждения имеет 2000 витков и при токе 0,4 А создает намагничивающую силу $2000 \cdot (+0,4) = 800$ А·витков. При пуске через последовательную обмотку из 10 витков проходит ток 15 А, что при согласном включении дает $10 \cdot (+15) = +150$ А·витков, а при встречном включении $-10 \cdot (-15) = -150$ А·витков. В итоге поток возбуждения пропорционален: $800 + 150 = 950$ А·витков — при согласном включении и $800 - 150 = 650$ А·витков — при встречном включении.

Когда нож разъединителя выходит из губок, ток снижается до 3 А. При этом поток в машине пропорционален: $(800 + 10 \cdot (+3)) = 830$ А·витков — при согласном включении и $800 + 10 \cdot (-3) = 770$ А·витков — при встречном включении.

Сравнивая величины, имевшие место при пуске и при выходе ножа разъединителя, видим, что при согласном включении поток уменьшился (950...830 А·витков), а при встречном — увеличился (650...770 А·витков). В этом все дело. Действительно, частота вращения не может измениться сразу, а поток при встречном включении стал больше. Поэтому машина на какое-то время перешла в режим генератора, из-за чего ток в обмотке реле 2Р изменил направление. Когда ток проходил через нуль, реле отпустило. Характер изменения тока в обмотке реле 2Р показан на рисунках 12, д и 12, е.

Таким образом, причина отказа в работе одного из приводов состояла в том, что концы одной из обмоток возбуждения были перепутаны и получился не тот двигатель, для которого была составлена схема.

Нужно знать, что чтение и анализ схем неразрывно связаны. Чтобы проанализировать схему, нередко приходится прибегать к более подробным изображениям (например, показывать все обмотки, обозначать их начало и т. п.) и строить диаграммы взаимодействия.

В схемах нередко встречаются элементы, назначение которых не совсем очевидно, и тогда их объявляют лишними.

Пример. На рисунке 12, в показан вентиль В. При подробном рассмотрении действия схемы этот вентиль ни разу не упоминался. Зачем же он?

Чтобы ответить на этот вопрос (и аналогичные вопросы о назначении того или иного элемента электроустановки), предположим сначала, что вентиля в схеме нет, но в этом случае кнопкой К нельзя включить реле 1Р, а пока оно не включено, не будет питания на двигателе. Значит, выбросить вентиль из схемы нельзя.

Попробуем заменить вентиль перемычкой (штриховая линия). При этом реле 1Р будет включаться кнопкой К, но образуется паразитная цепь 1—4, по которой обмотка контактора КП, однажды включившись, уже не сможет отключиться. Значит, двигатель привода будет непрерывно вращаться, а разъединитель включаться и отключаться дважды за каждый оборот диска 4. Следовательно, вентиль служит для предотвращения паразитной цепи 1—4 и выбрасывать его из схемы нельзя.

Пример показывает, к каким опасным последствиям может привести исключение из схемы элементов, которые из-за непонимания их назначения принимают за лишние. В данном случае «лишний» вентиль служит для предотвращения ложной цепи. Однако есть и другие случаи, когда непонятные на первый взгляд резисторы, конденсаторы, контакты, вентили и другие элементы необходимы для создания определенных временных параметров. Поэтому ни один элемент схемы нельзя считать лишним до тех пор, пока схема не подвергнута самому тщательному анализу.

Таким образом, чтобы читать схемы, необходимо хорошо помнить:

наиболее распространенные условные обозначения обмоток, контактов, трансформаторов, двигателей, выпрямителей, ламп и т. п.;

условные обозначения, применяющиеся в той области, с которой преимущественно приходится сталкиваться в силу профессии;

схемы наиболее распространенных узлов электроустановок, например двигателей, выпрямителей, освещения лампами накаливания и газоразрядными и т. п.;

свойства последовательного и параллельного соединений контактов, обмоток, сопротивлений, индуктивностей и емкостей.

Условия действия схем и простые цепи

Любая электроустановка удовлетворяет определенным условиям действия. Поэтому при чтении схем, во-первых, нужно выявить эти условия; во-вторых — определить, отвечают ли полученные условия задачам, которые должны электроустановкой решаться. В-третьих, следует проверить, не получились ли попутно «лишние» условия, и оценить их последствия.

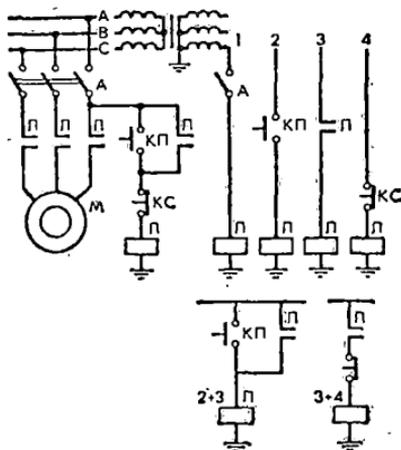


Рис. 13. Расчленение схемы на простые цепи

и т. п.), прямого провода (от источника тока к приемнику), обратного провода (от приемника тока к источнику) и одного контакта аппарата (выключателя, реле и т. п.). Понятно, что в цепях, не допускающих размыкания, например в цепях трансформаторов тока, контактов нет.

Пример. На рисунке 13 цепь управления магнитным пускателем Л расчленена на четыре цепи. При существовании каждой из них раздельно они отвечали бы следующим условиям: 1 — защита автоматическим выключателем А; 2 — пускатель включается кнопкой КП, но немедленно отключается, как только кнопку отпускают; 3 — включенный любым способом пускатель остается включенным, так как получает питание через блокирующий контакт; 4 — пускатель отключается кнопкой КС, но немедленно включается, как только кнопку отпускают. Но на самом деле простые цепи связаны. Иногда связь по-

лучается сама собой просто потому, что в несколько простых цепей входит один и тот же элемент (в нашем случае обмотка пускателя Л). Иногда цепи связывают, преднамеренно добиваясь определенной цепи, которая не может быть достигнута одной простой цепью. Например, включение должно происходить при одних условиях, а отключение — при других:

При связывании простых цепей условия действия электроустановки в целом могут измениться. Цепи 2 и 3 (рис. 13), например, совместно действуют так: пускатель, включенный кнопкой КП, остается включенным. Совместное действие цепей 3 и 4 сводится к тому, что пускатель, отключенный кнопкой КС, остается отключенным.

Значит, при чтении схемы нужно сначала мысленно расчленить ее на простые цепи, чтобы проверить возможности каждого элемента, а затем рассмотреть их совместное действие.

В примере на рисунке 13 в результате связывания цепей получились именно те условия действия электроустановки в целом, которые требуются. Однако нередко образуются цепи, по которым электроустановка будет работать неверно. Не исключены и опасные последствия. Поэтому нельзя ограничиваться выявлением только необходимых для правильного действия условий, а следует проверить все возможные цепи и убедиться в отсутствии среди них непредвиденных и ложных. При обнаружении непредвиденных недопустимых и ложных цепей их преднамеренно устраняют, «развязывают».

О реальности схемных решений

Наладчики хорошо знают, что далеко не всегда могут быть осуществлены на деле схемные решения, хотя они и не содержат явных ошибок. Иными словами, проектные схемы не всегда реальны. Поэтому одна из задач чтения схем состоит в том, чтобы проверить, могут ли быть выполнены заданные условия.

Нереальность схемных решений обычно имеет в основном следующие причины:

- не хватает энергии для срабатывания аппарата;
- в схему проникает «лишняя» энергия, вызывающая непредвиденное срабатывание или препятствующая своевременному отпусканию аппарата;

не хватает времени для совершения заданных действий;

аппаратом задана уставка, которая не может быть достигнута;

совместно применены аппараты, резко отличающиеся по свойствам;

не учтены коммутационная способность, уровень изоляции аппаратов и проводки, не погашены коммутационные перенапряжения;

не учтены условия, в которых электроустановка будет эксплуатироваться;

при проектировании электроустановки за основу принимается ее рабочее состояние, но не решается вопрос о том, как ее привести в это состояние и в каком состоянии она окажется, например в результате кратковременного перерыва питания. Именно необходимость анализировать схему с начала, а не с середины, определяет рекомендацию стандарта изображать схему в предположении, что питание на нее не подано. С этого начального состояния и надо строить диаграмму взаимодействия;

недооценка важности системы электропитания. Это выражается в неправильном расчете проводов в случайном подходе к секционированию и электрической защите вторичных цепей и т. п.

Порядок чтения чертежей

Выше было объяснено, что чтение схем всегда преследует определенную цель и подчинено задачам выполняемой работы. Поэтому прежде всего необходимо ознакомиться с имеющимися чертежами (или составить оглавление, если его нет) и систематизировать чертежи (если этого не сделано в проекте) по назначению. Чертежи чередуют в таком порядке, чтобы чтение каждого последующего являлось естественным продолжением чтения предыдущего.

Затем уясняют принятую систему обозначений и маркировки. Если она не отражена на чертежах, то ее уясняют и записывают.

На выбранном чертеже читают все надписи, начиная со штампа. Затем читают примечания, экспликации, пояснения, спецификации и т. д. При чтении экспликации обязательно находят на чертежах аппараты, в ней пере-

численные. При чтении спецификации сопоставляют их с экспликациями.

Если на чертеже сделаны ссылки на другие чертежи, то нужно эти чертежи найти и разобраться в содержании ссылок. Например, в одну схему входит контакт, принадлежащий аппарату, изображенному на другой схеме. Значит, нужно уяснить, что это за аппарат, для чего служит, в каких условиях работает и т. п.

Чертежи, отражающие электропитание, электрическую защиту, управление, сигнализацию и т. п.; целесообразно читать в следующем порядке:

1) определяют источники электропитания, род тока, величину напряжения и т. п. Если источников несколько или применено несколько напряжений, то уясняют, чем это вызвано;

2) расчленяют схему на простые цепи и, рассматривая их сочетание, устанавливают условия действия. При этом рассмотрение всегда начинают с того аппарата, который нас в данном случае интересует. Например, если не работает двигатель, то нужно найти на схеме его цепь и посмотреть, контакты каких аппаратов в нее входят. Затем находят цепи аппаратов, управляющих этими контактами, и т. д.;

3) строят диаграммы взаимодействия, выясняя с их помощью:

- последовательность работы во времени;
- согласованность времени действия аппаратов в пределах данного устройства;
- согласованность времени действия совместно действующих устройств (например, автоматики, защиты, телемеханики, управляемых приводов и т. п.); последствия перерыва электропитания. Для этого поочередно, предполагая отключенными выключатели и автоматы электропитания (предохранители перегоревшие), оценивают возможные последствия;
- возможность выхода устройства в рабочее положение из любого состояния, в котором оно могло оказаться, например после ревизии;

4) оценивают последствия вероятных неисправностей:

- незамыкание контактов поочередно по одному;
- нарушения изоляции относительно земли поочередно для каждого участка;

нарушения изоляции между проводами воздушных линий, выходящих за пределы помещений и т. п.;

5) проверяют схему на отсутствие ложных цепей;

6) оценивают надежность электропитания и режим работы оборудования;

7) проверяют выполнение мер, обеспечивающих безопасность при условии организации работ, обусловленной действующими правилами (ПУЭ, СНиП, ПТБ, ПТЭ и т. п.)*.

* В каждом конкретном случае тот или иной этап рассмотрения схемы может отсутствовать, равно как могут появиться вопросы, здесь не упомянутые. Может также измениться и порядок рассмотрения.

III. НАЛАДКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ

Номинальными данными электродвигателей являются указанные на заводском щитке электродвигателя. Они характеризуют его номинальный режим работы, например: номинальную мощность, номинальное напряжение, номинальный ток, номинальную частоту вращения. Термин «номинальный» может применяться и к данным, не указанным на электрическом щитке электродвигателя, но относящимся к номинальному режиму работы, например: номинальный момент вращения, номинальное скольжение. При переменном токе под напряжением и током, если нет иных указаний, понимают их действующие значения.

Номинальным режимом работы электродвигателя называется режим работы, для которого двигатель предназначен заводом-изготовителем и при котором он должен работать в течение всего срока службы.

Продолжительным номинальным режимом работы электродвигателя называется режим его работы при неизменной номинальной нагрузке, продолжающейся столько времени, что превышения температуры всех частей электродвигателя при неизменной температуре охлаждающей среды достигают практически установившихся значений.

Кратковременным номинальным режимом работы электродвигателя является режим его работы, при котором периоды неизменной номинальной нагрузки при неизменной температуре охлаждающей среды чередуются с периодами отключения двигателя; при этом периоды нагрузки не настолько длительны, чтобы превышения температуры всех частей двигателя могли достигнуть практически установившихся значений, а периоды останова двигателя настолько длительны, что все части ее приходят в практически холодное состояние.

Повторно-кратковременным номинальным режимом работы электродвигателя называют такой режим его ра-

боты, при котором кратковременные периоды неизменной номинальной нагрузки при неизменной температуре охлаждающей среды чередуются с кратковременными периодами отключения двигателя (паузами), причем как рабочие периоды, так и паузы не настолько длительны, чтобы превышения температуры отдельных частей электродвигателя могли достигнуть установившихся значений. Повторно-кратковременный номинальный режим работы характеризуется относительной продолжительностью включения, т. е. отношением продолжительности рабочего периода к продолжительности цикла (суммарной продолжительности рабочего периода и паузы). Относительная продолжительность включения обозначается через ПВ. Согласно стандарту, ПВ составляет 15, 25, 40 и 60% с продолжительностью одного цикла не более 10 мин.

За номинальную мощность электродвигателей принимается полезная механическая мощность на валу, выраженная в ваттах или киловаттах.

Номинальным напряжением трехфазного электродвигателя называется междуфазное (линейное) напряжение его.

Нагрузкой электродвигателя называется мощность, которую развивает электродвигатель в данный момент времени. Нагрузка выражается в ваттах, или киловаттах, либо в вольтамперах, киловольтамперах, а также в процентах или в долях номинальной мощности. При нагрузке, равной номинальной мощности, пользуются термином «номинальная нагрузка». Нагрузка может быть задана током, потребляемым электродвигателем в данный момент времени, и выражена в амперах, процентах или в долях номинального тока.

Холодным состоянием электродвигателя называется состояние, при котором температура любой его части отличается от температуры охлаждающей среды (воздуха) не более чем на 3°.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ, НЕОБХОДИМЫЕ ПРИ НАЛАДКЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Асинхронный трехфазный двигатель, как и все электрические двигатели, состоит из двух основных частей: неподвижного статора и вращающегося внутри него ро-

тора. Как статор, так и ротор имеют обмотки из витков медного или алюминиевого проводника, уложенные в пазах. Роторная обмотка может быть либо фазной, при которой концы каждой фазы выводятся на контактные кольца, насаженные на валу ротора, либо замкнутой накоротко и не имеющей выводов.

Принцип действия асинхронного трехфазного двигателя основан на том, что переменный ток, проходя по трехфазной обмотке статора, создает вокруг него магнитное поле, вращающееся с частотой питающей сети переменного тока. Силовые линии поля пересекают витки обмотки ротора (замкнутой либо накоротко, либо через сопротивление) и индуктируют в ней электродвижущую силу (э.д.с.), вызывающую в обмотке ротора ток. Ток ротора, в свою очередь, создает магнитное поле, взаимодействующее с вращающимся полем статора и заставляющее ротор двигателя вращаться в направлении, соответствующем направлению вращения поля статора.

Частота вращения магнитного потока статора зависит от частоты сети и от числа полюсов статорной обмотки и определяется формулой:

$$n_c = \frac{60f_c}{p} \text{ об/мин,}$$

где f_c — частота сети;

p — число пар полюсов статорной обмотки.

Частота вращения ротора меньше частоты вращения поля статора на величину скольжения. Это условие необходимо для работы асинхронного двигателя, так как если бы ротор вращался с той же угловой скоростью, что и вращающееся поле статора, т. е. синхронно, то витки роторной обмотки не пересекались бы силовыми линиями поля статора и в роторе не индуктировался бы ток, а следовательно, исчезла бы причина, вызывающая его вращение.

Скольжение нормальных асинхронных двигателей обычно находится в пределах от 1,5 до 7%. Меньшая величина относится к более мощным двигателям (табл. 12).

Промышленностью выпускаются специальные двигатели единой серии в модификации с повышенным скольжением. Скольжение ротора таких двигателей достигает 8—14%.

Таблица 12

**Примерные частоты вращения ротора
асинхронного двигателя при частоте сети 50 Гц**

Число полюсов	Частота вращения, об/мин	
	поля статора (синхронная)	ротора
2	3000	2920
4	1500	1440
6	1000	970
8	750	730
10	600	575
12	500	480
16	375	360
20	300	285
24	250	240

Примечание. На 12 полюсов и более производятся преимущественно двигатели мощностью выше 100 кВт,

ПУСК ДВИГАТЕЛЯ

Для того чтобы двигатель при пуске мог прийти во вращение, развиваемый им начальный момент-должен быть больше, чем статический момент сопротивления приводимого механизма, но для того чтобы уже начавший вращаться двигатель достиг заданной частоты вращения, развиваемый им момент должен быть выше момента сопротивления приводимого механизма в течение всего периода пуска агрегата при изменении частоты вращения от нуля до номинальной.

Двигатели с фазным ротором дороже короткозамкнутых и, кроме того, они менее рациональны по эксплуатационным показателям. Поэтому в практике во всех случаях, когда это возможно, стремятся применять двигатели с короткозамкнутым ротором.

Характерной особенностью асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором является сравнительно незначительная величина начального (пускового) момента и высокая величина пускового тока. У современных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором пусковой ток достигает от четырех- до десятикратной величины номинального тока,

Малый пусковой момент и большой ток асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором являются его недостатками.

В противоположность двигателям с фазным ротором, пусковой режим которых может благоприятно регулироваться величиной сопротивления, включенного в цепь ротора, у двигателей с короткозамкнутым ротором режим пуска определяется их естественными механическими характеристиками. Поэтому обычно применяемые способы пуска двигателя с короткозамкнутым ротором не могут увеличить начальный момент двигателя по сравнению с его пусковым моментом на естественной характеристике.

Наиболее распространенным и удобным в эксплуатации способом пуска двигателей с короткозамкнутым ротором является прямой пуск от полного (номинального) напряжения сети.

Вместе с тем не всегда возможно применить прямой пуск двигателей с короткозамкнутым ротором. В отдельных случаях возникает необходимость в ограничении пускового тока или пускового момента. Необходимость ограничения пускового тока двигателя может диктоваться условиями питающей сети, а величины пускового момента — характером механизма.

Если прямой пуск двигателя с короткозамкнутым ротором по перечисленным выше причинам невозможен, то могут применяться следующие способы пуска, снижающие пусковой ток и пусковой и максимальный моменты:

- переключение обмотки статора со звезды на треугольник;

- переключение числа пар полюсов;

- включение через симметричное активное сопротивление или реактор в цепи статора;

- включение через активное несимметричное сопротивление в цепи статора;

- включение через автотрансформатор.

Двигатели серии и все их модификации, кроме многоскоростных, изготавливаются на номинальную частоту 50 Гц и номинальное напряжение 220/380 В, а двигатели общего применения А2 и АО2 мощностью свыше 3 кВт — также и на напряжение 380 В. По требованию, двигатели могут быть изготовлены на 500 В, в этом случае обмотки соединяются в звезду.

Таблица 13

Предельное превышение температуры обмоток статора двигателей единой серии при продолжительном номинальном режиме работы

Исполнение серии	Температура при габаритах двигателей, °С			
	1-5	2-7	4-5	6-9
A2	—	—	—	75
AO2	75	—	—	90
АОП2	—	—	75	90
АОС2	75	—	—	90
АОТ2	—	75	—	—
A2...A*	—	—	—	75
АО2...A*	75	—	—	90
АО...2...Г	75	—	—	85
АО...2...Х	80	—	—	100
АО...2...ВМС	80	—	—	100

* По ГОСТ 183—66.

Многоскоростные двигатели изготавливаются на напряжение 380 В, а по требованию, могут быть изготовлены и на напряжение 500 и 220 В.

Двигатели в тропическом исполнении изготавливаются на номинальное напряжение 400 В, по требованию, могут быть поставлены на другое напряжение и на частоту 60 Гц.

Предельное превышение температуры обмотки статора над температурой окружающей среды при продолжительном номинальном режиме работы, измеренное методом сопротивления, составляет величины, приведенные в таблице 13.

ТИПЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве используются асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором единой серии А2 и АО2, а также их модификации в исполнении для сельского хозяйства (тип АО2-СХ).

Обозначения типов двигателей

Исполнение	Оболочка	Буквенные обозначения модификаций двигателей с короткозамкнутым ротором						
		общего применения	с повышенным пусковым моментом	с повышенным скольжением	для встраиваемого исполнения	со встроенным электромагнитным тормозом	многоростные	с алюминиевой обмоткой
Защищенное	Чугунная	A2	—	—	—	—	—	A2...A
Закрытое обдуваемое	Чугунная	AO2	АОП2*	АОС2	—	АОЭ2	—	AO2...A
	Алюминиевая	АОЛ2	АОЛ2*	—	—	—	—	—
Влаго- и морозостойкое	Чугунная	АО2...ВМС	АОП2...ВМС	АОС2...ВМС	АВ2...ВМС	—	—	АО2...ВМС
	То же	АО2...Х	АОП2...Х	АОС2...Х	—	—	—	АО2...Х
	» »	АО2...Ш	—	—	—	—	—	—
Тропическое	» »	АО2...Т	АОП2...Т	АОС2...Т	АВ2...Т	АОЭ2...Т	—	АО2...Т

* Двигатели серии АО2 (АОЛ2) 1—3-го габарита имеют повышенные значения пусковых моментов, находящихся на уровне требований для двигателей АОП2.

В последнее время в сельскохозяйственном производстве стали применяться также более современные электродвигатели, имеющие улучшенные эксплуатационные характеристики.

Основные технические характеристики двигателей, применяемых в сельскохозяйственном производстве, необходимые для проведения пусконаладочных работ, приведены в приложениях III—XVI.

Номинальные данные электродвигателей (мощность, ток, напряжение, частота вращения и др.), разработанных в соответствии с ГОСТ 183—66, относятся к работе машин на высоте до 1000 м над уровнем моря, при температуре окружающей среды до +40°C.

Электродвигатели единой серии А2, АО2 и АОЛ2 общего применения предназначены для привода механизмов с нормальными пусковыми характеристиками.

Обозначение типа электродвигателя расшифровывается следующим образом: А — защищенное исполнение, АО — закрытое обдуваемое исполнение, АОЛ — закрытое обдуваемое исполнение двигателя с алюминиевой оболочкой, цифра 2 характеризует серию. Первая цифра после дефиса — порядковый номер габарита (наружного диаметра сердечника статора), вторая — порядковый номер длины электродвигателя (сердечника статора), дальше — число полюсов, характеризующих частоту вращения двигателя. Например, АО2-52-4 означает асинхронный двигатель общего применения, закрытого обдуваемого исполнения, 5-го габарита, 2-й длины, четырехполюсный.

На базе основного исполнения двигателей общего применения с короткозамкнутым ротором изготавливаются их электрические модификации с повышенным пусковым моментом (АОП2), с повышенным скольжением (АОС2), многоскоростные (АО2).

Подробная расшифровка типов двигателей единой серии приведена в таблице 14.

Электродвигатели с повышенным пусковым моментом АОП2

Электродвигатели АОП2 предназначены для привода механизмов, отличающихся сравнительно большой статической и инерционной нагрузкой в момент пуска и

сравнительно стабильной нагрузкой при полной частоте вращения.

У электродвигателей АОП2 отношение начального пускового момента к номинальному составляет 1,7—1,8, а отношение начального пускового тока к номинальному — 6,0—7,5.

Электродвигатели с повышенным пусковым моментом по конструкции ничем не отличаются от электродвигателей АО2, за исключением исполнения ротора, который имеет залитую алюминием двойную клетку. С целью повышения пускового момента вращения магнитный поток ряда электродвигателей АОП2 несколько повышен по сравнению с электродвигателями АО2 путем соответствующего изменения числа витков и сечения провода обмотки статора.

Номинальные мощности и частоты вращения (синхр.) электродвигателей АОП2 ничем не отличаются от номинальных мощностей и скоростей вращения электродвигателей АО2 соответствующих габаритов, за исключением того, что электродвигатели АОП2 не изготавливаются на частоту вращения 3000 об/мин (синхр.).

Габаритные и установочные размеры, а также масса электродвигателей АОП2 такие же, как и у электродвигателей АО2 данной формы исполнения по способу монтажа применительно к соответствующему номеру габарита и длины.

Электродвигатели с повышенным скольжением АОС2

Электродвигатели с повышенным скольжением в закрытом обдуваемом исполнении АОС2 предназначены для привода:

механизмов, в том числе металлообрабатывающих станков, характеризующихся наличием относительно больших маховых масс и неравномерным ударным характером графика нагрузки (молотов, ножниц, прессов, штамповочных станков, кузнечно-ковочных машин и т. п.), а также для приводов с пульсирующим характером нагрузки (поршневых компрессоров малой мощности и т. п.);

механизмов с большой частотой пусков и реверсов в целях уменьшения пусковых потерь и облегчения теплового режима электродвигателей, а также для привода

механизмов, у которых требуется максимальное сокращение продолжительности пуска или реверса;

небольших лебедок, подъемно-транспортных механизмов и т. п.

Электродвигатели с повышенным скольжением характеризуются высоким отношением пускового момента к номинальному, находящимся в пределах от 1,7 до 2,2, при кратности пускового тока не более 7, а также тем, что максимальному моменту соответствует скольжение не менее 50%.

По конструкции электродвигатели АОС2 ничем не отличаются от электродвигателей АО2, за исключением исполнения ротора, который имеет уменьшенное сечение пазов и заливку не алюминием, а алюминиевым сплавом с увеличенным удельным сопротивлением, что и обеспечивает повышенное скольжение. С целью повышения пускового и максимального моментов вращения магнитный поток электродвигателей АОС2 несколько повышен по сравнению с электродвигателями АО2 путем соответствующего изменения числа витков и сечения провода обмотки статора.

В отличие от электродвигателей АО2, электродвигатели АОС2 не имеют твердой шкалы мощностей. Их номинальные мощности относятся к повторно-кратковременному режиму работы с продолжительностью включения ПВ-25%, который для них является номинальным.

Номинальное скольжение электродвигателей АОС2 в зависимости от типоразмера электродвигателя и частоты вращения (синхр.) находится в пределах 6,6—16%.

Номинальные частоты вращения (синхр.) электродвигателей АОС2 те же, что и у электродвигателей АО2.

Электродвигатели АОС2 на две, три и четыре частоты вращения

Многоскоростные электродвигатели предназначены для привода механизмов со ступенчатой регулировкой частоты вращения, например металлообрабатывающие станки, некоторые виды лебедок, механические колосниковые решетки и т. п.

Электродвигатели на две частоты вращения имеют одно-, двухслойную обмотку статора с возможностью

переключения ее на два числа полюсов, кратных двум, за исключением электродвигателей с числом полюсов 6/4, которые имеют две отдельные обмотки, уложенные в одни и те же пазы.

Электродвигатели на три и четыре частоты вращения имеют две отдельные двухслойные обмотки статора. При этом у электродвигателей на три частоты вращения одна из обмоток имеет переключение на два числа полюсов, кратных двум, вторая — на одно число полюсов; у электродвигателей на четыре частоты вращения переключаются на два числа полюсов обе обмотки.

Обмотка статора на две частоты вращения имеет схему соединения треугольник (двойная звезда Δ/Y); нормальная односкоростная обмотка соединена в звезду. Число выводных концов у двухскоростных электродвигателей — 6, у трехскоростных — 9, у четырехскоростных — 12.

Схемы включения многоскоростных электродвигателей АО2 приведены на рисунке 14.

Многоскоростные электродвигатели не имеют твердой шкалы мощностей. Их мощности установлены либо из условий допустимого превышения температуры обмотки статора, либо из условий наиболее благоприятных пусковых характеристик. Номинальная мощность при переходе от меньших скоростей вращения к большим возрастает, номинальный момент вращения на валу уменьшается.

Двухскоростные электродвигатели на 6/4 полюсов имеют два исполнения: с постоянным моментом вращения и с постоянной мощностью.

Многоскоростные электродвигатели по конструкции ничем не отличаются от электродвигателей АО2 (АОЛ2) основного исполнения на одну частоту вращения, кроме выполнения обмотки статора и оформления доски зажимов в коробке выводов для трех- и четырехскоростных электродвигателей (9 зажимов для трехскоростных и 12 — для четырехскоростных).

В двух- и трехскоростных электродвигателях 1—5-го габарита на 1500/3000 об/мин предусмотрено использование сердечников статора (без обмотки) четырехполюсных электродвигателей основного исполнения, а в электродвигателях 6—9-го габарита (за исключением двухскоростных 6—8-го габарита) — сердечников статора шестиполюсных электродвигателей.

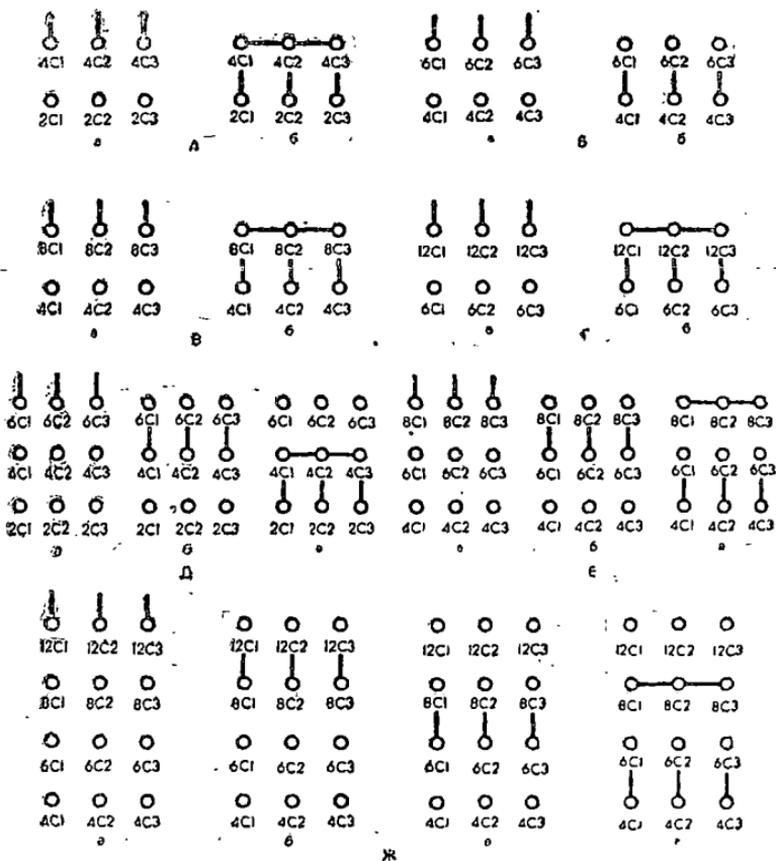


Рис. 14. Схема включения электродвигателей на две, три и четыре частоты вращения:

А, Б, В, Г — на две скорости вращения (4/2, 6/4, 8/4, 12/6); Д, Е — на три скорости вращения (6/4/2, 8/6/4); Ж — на четыре скорости вращения (12/8/6/4); а, б, в, г — варианты включения

Все многоскоростные электродвигатели, их габариты и установочные размеры такие же, как и у электродвигателей АО2 данной формы исполнения по способу монтажа применительно к соответствующему номеру габарита и длины.

Взрывонепроницаемые двигатели серии ВАО

Взрывонепроницаемые электродвигатели серии ВАО разработаны на базе двигателей серии АО2 (в них полностью совпадают диаметры статора, установочные и

некоторые другие размеры) и предназначены для работы в помещениях, где возможно образование метано-воздушной смеси и смеси воздуха с угольной пылью взрывоопасной концентрации; во взрывоопасных помещениях и наружных установках всех классов.

Обозначение типа двигателя расшифровывается аналогично обозначению двигателей серии А2, АО2 и АОЛ2 (В — взрывонепроницаемый).

Двигатели серии ВАО имеют также исполнение, предназначенное для привода трубопроводной запорной арматуры. Эти двигатели рассчитаны для работы в повторно-кратковременном режиме и имеют обозначение ВАОА, например ВАОА 32—4.

Электродвигатели рассчитаны на работу при температуре окружающей среды от -40 до $+40^{\circ}$ и относительной влажности воздуха до 97% при температуре $+35^{\circ}$. Соединение двигателя с приводным механизмом осуществляют при помощи муфты или зубчатой прямо-зубой цилиндрической передачи.

Электродвигатели серии 4А

Электродвигатели серии 4А по сравнению с двигателями серии А2, АО2 и АОЛ2 более совершенны и предназначены для их замены в ближайшие годы. Преимущества их следующие: масса двигателей по сравнению с двигателями А2, АО2 уменьшена в среднем на 18%; меньшие габариты; меньшие высоты оси вращения; большие пусковые моменты; меньший уровень воздушного шума и вибрации; удобство монтажа; повышенная надежность.

Шкала мощностей и установочные размеры соответствуют рекомендациям МЭК (Международной электротехнической комиссии) и СЭВ. По степени защиты предусмотрены два исполнения: закрытое обдуваемое (IP44) и защищенное (IP23).

Обозначение типа электродвигателя расшифровывается следующим образом; например 4АХ90LА2: 4 — номер серии; А — асинхронный; Н — защищенный IP23 (для IP44 обозначения не дается); А — алюминиевые станина и щиты; Х — алюминиевая станина и чугунные щиты (если станина и щиты чугунные — обозначение не

дается); 90 — высота оси вращения; SM, L — установочные размеры по длине корпуса согласно МЭК; А, В — длина сердечника; 2 — число полюсов. Электродвигатели рассчитаны на работу при температуре окружающей среды от -20 до $+40^\circ$ и относительной влажности воздуха до 80% при температуре $+25^\circ$.

Электродвигатели единой серии АЗ и АОЗ

Электродвигатели серии АЗ относятся к новой единой всесоюзной серии асинхронных трехфазных электродвигателей, имеющих брызгозащищенное (1Р22/23) исполнение. Они предназначены для механизмов, работающих в закрытых помещениях с нормальной атмосферой при температуре окружающего воздуха до $+40^\circ$.

Электродвигатели АЗ имеют короткозамкнутые роторы. Буква А обозначает защищенное исполнение, цифра после буквы — серию; следующие цифры — габарит машины (высоту оси вращения); буква после цифр (S, M) — длину двигателя, следующая цифра — число полюсов.

Электродвигатели АОЗ также относятся к новой единой всесоюзной серии асинхронных трехфазных двигателей, имеющей по сравнению с существующими ряд преимуществ: меньшую массу на единицу мощности; меньшие габариты; повышенные энергетические показатели; соответствие установочных размеров рекомендациям МЭК и СЭВ; высокую эксплуатационную надежность. Двигатели выполняются с применением новых прогрессивных изоляционных материалов. Конструкция подшипникового щита предусматривает замену смазки без разбора подшипникового узла.

Исполнение двигателей закрытое (1Р44). Электродвигатели предназначены для привода вентиляторов, дымососов, насосов и другого оборудования, установленных в помещениях с запыленной, химически неагрессивной и невзрывоопасной средой, и рассчитаны на работу при температуре окружающей среды от -20 до $+40^\circ$.

Буквы АО обозначают закрытое обдуваемое исполнение, цифра после букв — серию; следующее число — высоту оси вращения, буква после цифр — длину двигателя (S, M), цифра после этой буквы — число полюсов.

Скорость нарастания температуры обмоток статора в режиме короткого замыкания для двухполюсных дви-

Пределы мощностей и соответствующие им габариты
асинхронных двигателей серий АЗ и АОЗ

Частота вращения (синхронная), об/мин	Мощность, кВт	Габариты
3000	0,8—100	0—9
1500	0,6—100	0—9
1000	0,4—75	0—9
750	3,0—55	4—9
600	17,0—40	8—9

гателей не более 7°/с, а для двигателей других частот вращения — не более 6°/с.

Двигатели будут иметь твердую шкалу мощностей, аналогичную серии А2 и АО2.

Пределы мощностей и соответствующие им габариты указаны в таблице 15.

Исполнение двигателей по способу монтажа новой серии такое же, как и двигателей А2 и АО2.

**ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ СПЕЦИАЛЬНЫЕ
для СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

Электродвигатели АО2-СХ

Сельскохозяйственное исполнение распространяется на закрытые обдуваемые электродвигатели с 3-го по 7-й габарит единой серии.

Электродвигатели предназначены для привода сельскохозяйственных машин и механизмов, рассчитаны для работы при температуре окружающей среды от -45 до $+40^{\circ}\text{C}$, относительной влажности воздуха до 98% при $+20^{\circ}$.

Электродвигатели могут работать в помещениях, длительно содержащих в воздухе химически активные примеси: аммиака — до 0,03, сероводорода — до 0,03, углекислого газа — до $14,7 \text{ г/м}^3$.

Возможно кратковременное увеличение концентрации аммиака до $0,09 \text{ г/м}^3$. Допускаются облив электродвигателей дезинфицирующими растворами и пребывание их в среде аэрозолей.

Электродвигатели изготавливаются на напряжение 380 В, частотой 50 Гц. Могут длительно работать при пониженном напряжении до 90 и 80% от номинального значения со снижением мощности соответственно на 5 и 15%.

При снижении напряжения сети до 80% от номинального значения электродвигатели обеспечивают работу с сохранением на валу момента, равного номинальному, в течение 6 мин. В приложении X приведены технические данные электродвигателей АО2-СХ: ---

Обозначения типов электродвигателей соответствуют для двухполюсных машин — единой серии АО2, для четырех- и шестиполюсных 3-го и 4-го габаритов — также АО2, а для 5—7-го габарита — АОП2 с добавлением во всех случаях индекса «СХ» после обозначения полюсности, например: АО2-31-2СХ; АО2-31-6СХ; АОП2-51-4СХ.

Электродвигатели Да...С

Электродвигатели сельскохозяйственного исполнения Да...С (приложения XI, XII, XIII) предназначены для привода сельскохозяйственных машин и механизмов. Электродвигатели выпускают в химовлагоморозостойком исполнении для работы при температуре окружающей среды от -45 до $+40^{\circ}$, относительной влажности до $95 \pm 3\%$ при температуре 35° . Они рассчитаны на возможное попадание воды и снега, длительное содержание химически активных примесей в воздухе (аммиак — 0,03, сероводород — 0,03, углекислый газ — $14,7 \text{ г/м}^3$).

Электродвигатели сельскохозяйственного исполнения имеют монтажное уплотнение на валу, предотвращающее проникновение внутрь воды и пыли; обеспечивают устойчивость против струи дезинфицирующего раствора из шланга диаметром до 10 мм, под давлением до 1,5 атм, с расстояния не ближе 1 м в течение 2 мин; против воздействия аэрозолей продолжительностью до 24 ч (с последующим обмывом электродвигателя), при эксплуатации в окружающей среде, содержащей до $1,16 \text{ г/м}^3$ летучей соломистой или хлопьевидной пыли.

Промышленность выпускает проверенные, испытанные и готовые к установке электродвигатели. Распаковывать их следует только в помещении, предназначен-

ном для их установки или хранения. В холодное время года электродвигатели нужно выдержать в помещении до принятия ими температуры окружающего воздуха и только после этого приступать к распаковке, очистке от пыли и проверке состояния свободного конца вала. Хранят электродвигатели в чистом и сухом помещении при температуре воздуха не ниже 5°.

Электродвигатели серии 4А сельскохозяйственного назначения

Электродвигатели серии 4А сельскохозяйственного назначения выполняются мощностью до 30 кВт при синхронных частотах вращения 3000, 1500 и 1000 об/мин на напряжение 380 В. Шкала мощностей и увязка последних с установленными размерами соответствуют основному исполнению электродвигателей серии 4А с высотами вращения 160 и 180 мм.

Двухполюсные электродвигатели выполняются на базе серии 4А основного исполнения, четырех- и шести-полюсные — на базе электрической модификации основного исполнения серии 4А с повышенным пусковым моментом.

Все электродвигатели сельскохозяйственного назначения имеют повышенные моменты, что обеспечивает запуск их при полной загрузке производственного механизма, запуск и устойчивую работу при пониженном напряжении.

Основные параметры электродвигателей приведены в приложении XIV.

Все двигатели выполняются в закрытом обдуваемом исполнении, с чугунными оребренными корпусами и чугунными подшипниковыми щитами.

В электродвигателях применены обмоточные и установочные провода, пропиточные и лакокрасочные материалы, антикоррозионные покрытия, стойкие к воздействию повышенной влажности, агрессивных сред животноводческих помещений, дезинфицирующих растворов и аэрозолей.

По показателям надежности и долговечности, виброакустическим характеристикам, эстетическому оформлению электродвигатели сельскохозяйственного исполнения соответствуют общей серии 4А.

УКАЗАНИЯ ПО НАЛАДКЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

В действующем Ценнике нет разделов на наладку отдельных электродвигателей. Цены указаны на наладку электроприводов. Электропривод — электромеханическое устройство, посредством которого осуществляется движение рабочих органов производственного механизма.

Электрическая часть электродвигателя состоит из электродвигателя и электрической аппаратуры, включенной по той или иной схеме. С помощью электроаппаратуры осуществляется управление электродвигателем, а через него и движением рабочих органов производственного механизма.

Механическая часть может иметь в своем составе ряд элементов, как, например, редукторные передачи, преобразователи движения, коробки скоростей, муфты сцепления и т. п.

Электроприводы делятся на три группы:

- групповой привод;
- одновигательный привод;
- многодвигательный привод.

Групповой привод представляет собой такую систему, при которой один электродвигатель приводит в движение группу производственных машин.

Одновигательный привод — система, при которой каждая производственная машина приводится в движение отдельным, связанным только с ней электродвигателем.

Многодвигательный привод — система, при которой каждый рабочий орган приводится в движение отдельным электродвигателем. Характерным для многодвигательного привода является наличие того или иного вида связи между его отдельными электродвигателями.

В разделе Ценника на наладку электропривода помещены цены на наладку электроприводов с двигателями асинхронными, синхронными и постоянного тока, а также цены на наладку бездвигательных приводов.

В ценах на наладку электропривода учтены следующие работы:

- а) наладка схем управления;
- б) настройка защиты (низковольтной) и аппаратуры сигнализации данной схемы;
- в) настройка и регулировка блокировочных связей,

входящих в систему электроприводов и предусмотренных в текстовой части расценок;

г) испытание электрооборудования вхолостую и под нагрузкой.

В ценах на наладку электропривода не учтены работы, которые должны исчисляться дополнительно по соответствующим разделам Ценника:

а) наладка систем автоматического регулирования электроприводов — по разделу «Наладка устройств автоматики в схемах электроустановок»;

б) наладка схем технологической сигнализации — по разделу «Наладка сигнализации...».

Цены на наладку электроприводов приведены в зависимости от категорий сложности схем управления.

Первая категория сложности. Схема — с дистанционным управлением, с помощью магнитного пускателя, контактора или автомата.

Вторая категория сложности. Схема — с дистанционным управлением, с контроллерной или контакторно-релейной аппаратурой, с количеством блокировочных цепей до 5.

Третья категория сложности. Схема — с дистанционным управлением, функциональной или защитной контакторно-релейной аппаратурой (конечные и путевые выключатели, реле, датчики и др., требующие настройки или регулировки), с пуском или работой в функции пути, времени и других параметров либо с торможением электрическим или механическим, с количеством блокировочных цепей до 10.

Под блокировочной цепью в схеме следует понимать электрическую цепь, состоящую из одной пары контактов или любого элемента аппарата, прибора или устройства и двух проводов, посредством которых осуществляется зависимость работы данной схемы от работы другой схемы или отдельных аппаратов, приборов, устройств, не входящих в рассматриваемую схему. Блокировочные связи внутри одной схемы между отдельными аппаратами не входят в расчет количества блокировочных цепей, определяющих сложность схемы.

Стоимость работ по наладке двухскоростных асинхронных электродвигателей должна определяться с коэффициентом 1,4, а за работы по наладке каждой последующей скорости сверх двух — с добавлением 10% основной стоимости наладочных работ.

Наладка асинхронных электродвигателей напряжением до 1000 В с короткозамкнутым ротором

До начала наладочных работ необходимо ознакомиться с актом ревизии электродвигателя, представляемым монтажной организацией.

Программа испытаний асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором

При первом включении после монтажа или капитального ремонта электродвигателя производят:

внешний осмотр;

проверку схемы соединения обмоток;

измерение сопротивления обмоток постоянному току;

измерение сопротивления изоляции;

испытание электрической прочности изоляции обмоток повышенным напряжением промышленной частоты;

пробный пуск двигателя;

проверку работы электродвигателя на холостом ходу и под нагрузкой.

При периодических проверках производят: внешний осмотр, измерение сопротивления изоляции, испытание электрической прочности изоляции, проверку работы электродвигателя под нагрузкой.

После окончания всех наладочных работ составляют протокол испытаний и дают заключение о пригодности электродвигателя для эксплуатации.

Примечание. По изложенной программе испытывают электродвигатели переменного тока напряжением ниже 1000 В, мощностью до 300 кВт.

Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверяют:

соответствие паспортных данных электродвигателя проекту и механизму;

наличие всех деталей;

отсутствие механических повреждений корпуса, выводной коробки, устройств охлаждения;

отсутствие повреждения подводящих проводов (обрывов, изломов, нарушений изоляции и т. д.);

отсутствие каких-либо заеданий, царапин, ударов и т. п. при вращении вала от руки;
 наличие заземляющей проводки от электродвигателя до места присоединения к общей сети заземления;
 правильность внутренних соединений обмоток (звезда или треугольник).

Проверка схемы соединения обмоток

Статоры большинства двигателей переменного тока имеют шесть выводов, соответствующих началам и концам фазных обмоток. Предписанные стандартом обозначения выводов приводятся в таблице 16.

Таблица 16

Обозначение выводов обмоток статора

Фаза	Обмотка статора по ГОСТ 183-66	
	начало	конец
I	C1	C4
II	C2	C5
III	C3	C6

Обычно выводы всех фаз статорной обмотки присоединяют к зажимам, как указано на рисунке 15, а. Приведенная конструкция дает возможность получить соединение в звезду при горизонтальном расположении перемычек (рис. 15, б) и соединение в треугольник при их вертикальном расположении (рис. 15, в).

Таблица 17

Обозначение выводов секционированных обмоток асинхронных двигателей

Секционированные обмотки		Двухскоростные двигатели	
первая обмотка	вторая обмотка	для четырех полюсов	для восьми полюсов
1C1	2C1	4C1	8C1
1C2	2C2	4C2	8C2
1C3	2C3	4C3	8C3
1C4	2C4	4C4	8C4
1C5	2C5	4C5	8C5
1C6	2C6	4C6	8C6

В некоторых машинах обмотки статора соединены в звезду наглухо, и на доску зажимов выведено только четыре вывода: фазы C1, C2, C3 и нулевая точка 0. Выводы фазного ротора обозначают буквами P1, P2, P3.

У асинхронных двигателей с переключаемым числом полюсов выводы секционированных обмоток обозначаются дополнительными цифрами спереди прописных

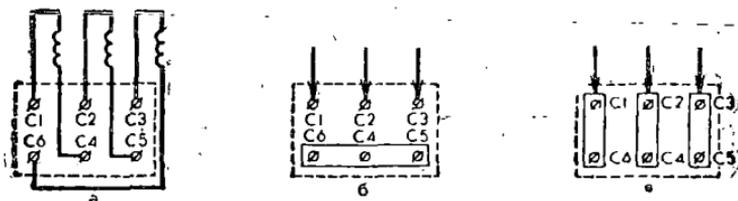


Рис. 15. Выводы обмоток статора электродвигателя: а — схема присоединения обмоток к выводным зажимам; б — включение обмоток статора в звезду; в — включение обмоток статора в треугольник

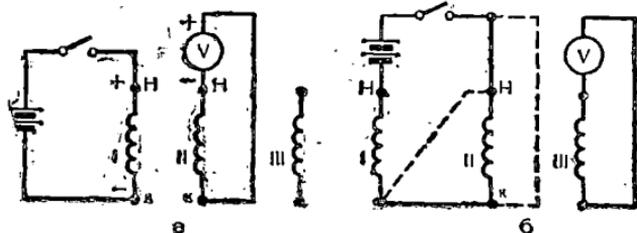


Рис. 16. Проверка маркировки выводов статора с помощью источника постоянного тока: а — при раздельном включении обмоток; б — то же, но при парном включении

букв; цифра указывает число полюсов машины при данном соединении. Обозначения даны в таблице 17.

В случае отсутствия маркировки концов обмоток взаимная их согласованность проверяется индуктивным методом на постоянном или переменном токе. У крупных машин согласованность обмоток рекомендуется проверять даже при наличии заводской маркировки. Предварительно определяется полярность концов и находятся парные выводы каждой фазы.

Метод проверки напряжением постоянного тока. Маркировку выводов проще всего проверить или определить с помощью аккумуляторов (или сухого элемента) и вольтметра. Батарею включают импульсом на од-

ну из фаз, как показано на рисунке 16, а, к другим фазам поочередно подсоединяют вольтметр. Путем присоединения выводов подбирают такое включение вольтметра, при котором в момент подачи напряжения от батареи стрелка прибора дает отклонение вправо. В этом положении против плюса батареи и минуса вольтметра находятся начала фазных обмоток. Для контроля переносят батарею на другую фазу и повторяют опыт.

Дополнительная проверка маркировки выводов в спорных или ответственных случаях может быть произведена также с помощью батареи и вольтметра, но при парном включении фаз (рис. 16, б). Две фазы соединяются последовательно (попарно) между собой и импульсами включаются на батарею. К третьей фазе подсоединяется вольтметр. Если первые две фазы соединены одноименными зажимами (как указано на рисунке 16, б сплошными линиями), вольтметр не будет реагировать на включение батареи. При соединении фаз разноименными зажимами (пунктирные линии) в моменты включения и отключения батареи стрелка вольтметра будет давать отклонения.

Метод проверки напряжением переменного тока. Две произвольные фазы статора соединяют последовательно и включают на пониженное напряжение сети переменного тока (рис. 17). При отсутствии пониженного напряжения можно последовательно с обмотками включить реостат или лампу. На третью свободную фазу подключают вольтметр переменного тока или лампу. Если первые две фазы соединены одноименными выводами (как указано на рисунке 17 сплошными линиями), то вольтметр (или лампа) покажет отсутствие напряжения на третьей фазе. При соединении двух фаз разноименными зажимами (пунктирные линии) вольтметр или лампа покажет наличие напряжения. Аналогично определению взаимного соответствия выводов первых двух фаз маркируют выводы третьей фазы.

Определение начала и конца фазных обмоток электродвигателей при помощи стенда МИИСП. Для опреде-

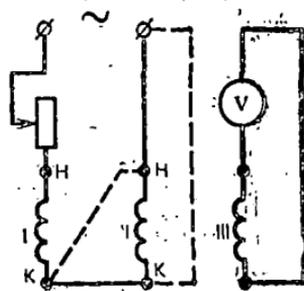


Рис. 17. Проверка маркировки выводов статора с помощью источника переменного тока

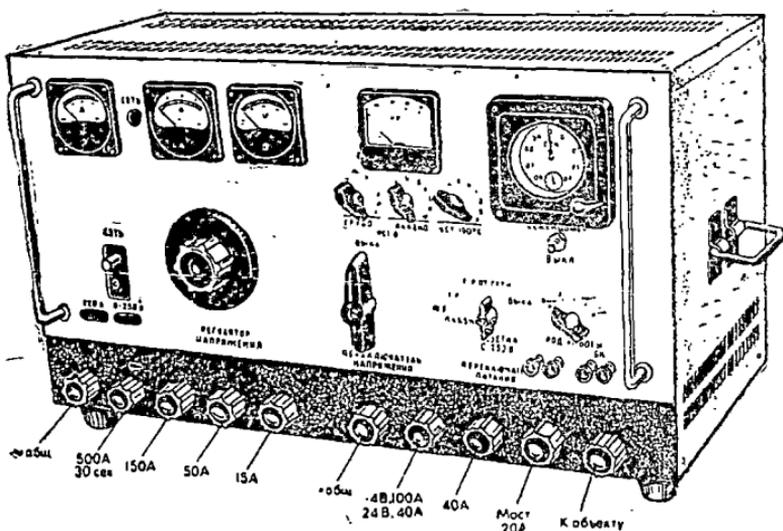


Рис. 18. Внешний вид универсального стенда МИИСП

ления выводов обмоток статора асинхронных электродвигателей при помощи стенда сначала находят по-фазно выводы обмоток. Для этого один вывод подключают к общей клемме постоянного тока «+общ», а остальные — поочередно к клемме «-4В» (рис. 18). По наличию тока в цепи судят о принадлежности обоих выводов к общей фазе. На этих выводах закрепляют бирки C_1 и C_2 (начало и конец первой фазы). Аналогично определяют выводы второй фазы. Оставшиеся выводы будут принадлежать третьей фазе.

Не снимая с клемм стенда выводов второй фазы, устанавливают напряжение 1—2 В.

Вывод обмотки, присоединенной к клемме «+общ», сразу маркируют, как начало второй фазы C_3 , а вывод на минусовой клемме — как конец C_5 . К выводам первой фазы, а затем третьей подключают милливольтметр стенда. При выключении стенда в обмотке, подключенной к милливольтметру, будет индуцироваться электродвижущая сила того же направления, что и во второй фазе, т. е. плюс будет на начале, а минус на конце обмотки. При отклонении стрелки милливольтметра вправо, вывод которой был соединен с клеммой «+общ», помечают C_1 , а с минусом — C_4 . Аналогично определяют выводы третьей фазы.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току

Сопротивление обмоток электродвигателей измеряют с целью проверки исправности схемы соединений, надежности паяк, отсутствия межвитковых замыканий.

Для измерения сопротивлений величиной более чем 1 Ом наиболее удобными являются одинарные мосты ММВ, принцип действия которых основан на создании равновесия сопротивлений в плечах моста и нулевом отсчете по гальванометру. Измерение выполняется с точностью до 1%.

Для измерения сопротивлений менее 1 Ом применяют двойные мосты типа МО-62, питаемые от батареи или от сети.

Измеренные сопротивления различных фаз обмотки не должны отличаться друг от друга, или от ранее измеренных, или от заводских данных более чем на 2%.

Допускается включение двигателя, имеющего расхождение сопротивления более чем на 2%, но при этом во время пробных пусков и обкатки необходимо измерять токи в каждой фазе. Расхождение токов в фазах не должно превышать 5%.

Измерение сопротивления изоляции

Электроизоляционные материалы применяют для изоляции проводников обмотки один от другого; между фазами и относительно земли (корпуса). Выбор изоляционных материалов для изоляции обмоток определяется условиями работы машины и свойствами изоляционных материалов.

Наиболее важным свойством этих материалов является электрическая прочность, которая определяется пробивным напряжением и выражается в киловольтах на 1 мм толщины изоляционного материала. Если изоляция состоит из отдельных слоев различных материалов, то напряжение, действующее на такую изоляцию, распределяется по слоям неравномерно и может оказаться, что один из слоев, на который приходится наибольшее напряжение (на единицу толщины), будет пробит. В частности, из-за неплотного прилегания слоев изоляции образуются прослойки воздуха, пыли и влаги, которые под воздействием напряжения ионизируются, что приводит к постепенному разрушению соседних слоев изоляции.

Места, где секции обмотки выходят из пазов машины, являются наиболее слабыми, так как, кроме неравномерной электрической нагрузки, в этом месте наиболее часты механические повреждения изоляции.

Весьма важной характеристикой изоляционных материалов является их теплостойкость, т. е. способность электроизоляционных материалов и изделий выдерживать кратковременное и длительное воздействие высокой температуры, а также резкие смены температуры.

Таким образом, сопротивление изоляции машины зависит от качества и свойств изоляционных материалов; толщины и поверхности изоляции между частями машины, находящимися под напряжением, и корпусом машины; содержания влаги в изоляции, температуры и т. д. Все это приводит к тому, что величина сопротивления изоляции не будет постоянной и не всегда может служить совершенно достаточным критерием для установления состояния изоляции и степени ее надежности. Однако величина сопротивления изоляции характеризует электрическую прочность, которую необходимо знать перед производством основных испытаний.

Измерение сопротивления изоляции должно предшествовать испытанию электрической прочности изоляции повышенным напряжением.

При проведении пусконаладочных работ сопротивление изоляции обмоток каждой фазы измеряется по отношению к заземленному корпусу и двум другим заземленным фазам.

При профилактической проверке сопротивление изоляции может быть измерено без отключения обмоток друг от друга совместно с подводящими проводами; обмотки отключают от схемы только при необходимости отыскания мест с пониженной изоляцией.

Согласно ПУЭ, величина сопротивления изоляции не нормируется. В ГОСТ 183—66 указано, что сопротивление изоляции машин всех типов должно быть не менее 1 МОм на 1 кВ номинального напряжения машины.

Во время наладки нормы контроля изоляции должны согласовываться с последними инструкциями и действующими правилами.

Измерение сопротивления изоляции обмоток электродвигателя производят мегомметром на напряжение 1000 В.

Процесс измерения состоит в следующем.

Зажим экрана мегомметра присоединяют к корпусу машины; от второго зажима гибкий провод с надежной изоляцией (типа магнето) подводят к выводу обмотки, коллектору или иному испытываемому элементу машины. Ручку мегомметра следует вращать со скоростью примерно 120 об/мин. При испытании небольших машин; имеющих незначительную емкость, стрелка прибора быстро устанавливается в положение, соответствующее сопротивлению изоляции, и отсчет производят уже через несколько секунд от начала вращения индуктора. После окончания испытаний сохранившийся на обмотке потенциал высокого напряжения снимают путем ее заземления на 1—2 мин. Заземляющий проводник сначала надежно присоединяют к корпусу машины, а затем другим концом подводят к выводу обмотки.

При пользовании мегомметром необходимо соблюдать установленные правила техники безопасности. Особую осторожность проявляют при испытании изоляции обмоток без отсоединения подводящих проводов, ибо в этом случае возможно возникновение напряжения на удаленных участках, где работают люди.

Величину сопротивления изоляции желательнее измерять при нагретых машинах; следует иметь в виду, что замеры, выполненные при температуре ниже 10°C, совершенно не показательны.

Сопротивление изоляции машины резко снижается по мере ее нагревания; степень снижения зависит от сорта изоляционных материалов, сорта применяемого при пропитке обмоток компаунда и конструктивных особенностей.

По опыту наладки нового, вводимого в эксплуатацию оборудования сопротивление изоляции машин, измеренное при температуре около 20°C; как правило, значительно превышает 1 МОм и находится в пределах от 5 до 100 МОм.

Падение сопротивления изоляции обмоток ниже указанных значений вызывается разными причинами: проникновением в толщу изоляции влаги, поверхностной влажностью или оседанием токопроводящей пыли на выводах, обмотках и коллекторе машины.

В этих случаях рекомендуется произвести следующее:

продуть машину и почистить салфетками выводы обмоток;

Таблица 18

**Минимальные показания мегомметра
для включения асинхронных двигателей**

Р, кВт	<0,3	0,3—2	2—20	40—200		
t, °С	20	20	20	20	40	60
R, кОм	100	10	50	400	100	10

Примечание. Здесь t — минимальная температура, при которой должно оцениваться сопротивление изоляции.

произвести повторное измерение сопротивления изоляции;

если окажется, что очистка деталей не помогла, произвести поверхностную сушку обмоток и их выводов с помощью воздуходувки, а затем провести контрольное измерение сопротивления изоляции.

Как правило, электрические машины мощностью до 100 кВт и напряжением до 380 В включают без сушки, даже в тех случаях, когда их сопротивление изоляции менее 1 МОм. Из практики эксплуатации известно, что асинхронные двигатели вспомогательных приводов, включающиеся иногда при сопротивлении изоляции 100 кОм и ниже, в ходе работы постепенно подсушивались и затем служили много лет. Однако включение при пониженной величине сопротивления изоляции машин, не прошедших испытания повышенным напряжением, допустимо только в тех случаях, когда имеются запасные машины и стоимость подвергаемой риску машины несравненно ниже технико-экономических потерь из-за простоев оборудования.

Показания мегомметра зависят от длительности приложения напряжения к обмоткам. В упрощенной форме это явление можно объяснить следующим образом: при неувлажненной изоляции во время подачи напряжения емкость машины постепенно заряжается, ток зарядки (ток утечки) снижается и мегомметр показывает увеличение сопротивления изоляции. В случае увлажненной изоляции и при наличии каких-либо токопроводящих дорожек (например, по слою пыли или по каналу пробоя) показания мегомметра быстро устанавливаются и перестают возрастать. Поскольку нет четких ука-

заний относительно того, при каких температурах следует измерять и оценивать изоляцию, ниже даны соответствующие рекомендации. Приведенные величины основаны на обобщении опыта наладки и эксплуатации.

Асинхронные двигатели с номинальным напряжением до 500 В могут быть включены (кратковременно) при минимальных показаниях мегомметра, приведенных в таблице 18.

При низких показателях сопротивление изоляции обмоток должно контролироваться после каждого кратковременного включения двигателя, и в случае дальнейшего снижения сопротивления изоляции (не связанного с нагревом) повторные включения необходимо прекратить и осуществить сушку машины.

Минимальный норматив 10 кОм указан для машин мощностью 0,3—2 кВт. Этот норматив, взятый из практики, является очень низким, и включать двигатели при таком сопротивлении изоляции допустимо только в тех случаях, когда из-за них задерживается пуск ответственных агрегатов. Включение рекомендуется производить на 5—20 с, а затем на 2—5 мин с последующей проверкой изоляции. Подобные включения (если это допускает механизм) желательно повторить несколько раз. Изоляция должна улучшиться вследствие вентиляции и частичного прогрева током.

Машины очень малых мощностей (меньше или равных 0,3 кВт) имеют обычно относительно слабую изоляцию, чувствительную к токам утечки; кроме того, такие машины легко высушиваются с помощью рефлекторов (мощностью 60 Вт) или вентиляторов (до 50 Вт). По указанной причине для микромашин нижний норматив составляет 100 кОм.

Для машин мощностью 40—200 кВт даны три контрольные температуры 20, 40, 60°С. Наиболее показательными являются измерения при повышенных температурах 60° и более. Поэтому машины ответственных и малодоступных механизмов (например, крановых приводов) желательно специально нагревать воздуходувками до 60° и испытывать при таких температурах. Вместе с тем опыт показывает, что двигатели напряжением 380 В, мощностью до 200 кВт могут испытываться и при меньших температурах — 40 и 20°, для которых даны соответствующие нормативы сопротивления изоляции.

**Испытание электрической прочности изоляции обмоток
повышенным напряжением промышленной частоты**

Испытание машин на заводах-изготовителях, а также после перемотки в электроремонтных цехах производят по нормам ГОСТ 183—66, повышенным напряжением переменного тока промышленной частоты синусоидальной формы и строго определенной величины. На месте монтажа испытание повышенным напряжением машин, входящих в схему электропривода, по нормам ПУЭ производить не обязательно, и оно выполняется только по усмотрению заказчика.

Изоляция обмоток машин имеет большой запас прочности, и для нее испытание повышенным напряжением является безвредным. Пробои изоляции новых машин при включении на рабочее напряжение бывают очень редко, поэтому организация испытаний высоким напряжением может быть оправдана только в случае длительного хранения в сыром помещении или при сборке машины на месте монтажа.

Испытание повышенным напряжением производят после окончания всех монтажных и наладочных работ, предшествующих пробному пуску. К началу испытаний убеждаются, что показатели увлажненности обмоток машины удовлетворяют нормам.

Испытания каждой обмотки статора относительно корпуса и двух других заземленных обмоток производят на полностью собранном электродвигателе.

Таблица 19

**Величины испытательного напряжения
для обмоток электродвигателей**

Испытательный объект	Номинальное напряжение электродвигателя, В	Мощность электродвигателя, кВт	Испытательное напряжение, В	Примечание
Обмотки статоров	Ниже 1000 В	Менее 1 кВт	$500+2U_n$	Согласно ГОСТ 183—66, по ПУЭ не требуется
То же	Ниже 1000 В	1 кВт и более	$0,8(1000+2U_n)$	Согласно п. 3 ПУЭ 1966 г.
» »	Выше 1000 В	До 1000 кВт	$0,8(1000+2U_n)$, но не менее 1500 В	Согласно п. 6 ПУЭ 1966 г.

У электродвигателей, не имеющих выводов каждой фазы в отдельности, допускается испытание всей обмотки относительно корпуса. Величины испытательного напряжения принимают согласно правилам устройства электроустановок (табл. 19).

Для испытаний рекомендуется пользоваться переносной установкой ИВК, позволяющей изменять испытательное напряжение в пределах 0...2000 В.

Правила пользования установкой ИВК

1. Работа с установкой ИВК допускается при соблюдении условий, предусмотренных правилами техники безопасности при производстве работ в устройствах и на оборудовании напряжением выше 1000 В.

2. Работают с установкой два лица.

3. Перед включением установку заземляют.

4. Выходные клеммы 0—2000 В соединяют специальным кабелем с испытуемым объектом.

5. Клеммы 220 В соединяют с сетью переменного тока 220 В или с соответствующим выходом регулятора напряжения.

6. Клеммы 0—250 В соединяют с соответствующими клеммами регулятора напряжения.

7. Рукоятку регулятора «Напряжение» устанавливают в крайнее положение, соответствующее напряжению на выходе 0—250 В.

8. Включают регулятор напряжения в сеть, при этом должна загореться зеленая сигнальная лампа, указывающая, что напряжение подано на цепи управления приставки.

9. Устанавливают переключатель (II—I) в положение «И» для измерения выходного напряжения приставки, нажимают кнопку «Пуск» (КЗ), при этом должна загореться красная сигнальная лампа, указывающая, что повысительный трансформатор включен.

10. Удерживая кнопку (КЗ) «Пуск» в нажатом положении, плавно поворачивают рукоятку регулятора напряжения и устанавливают по киловольтметру испытательное напряжение.

Переводят переключатель (II—I) в положение «I» для измерения тока утечки и следят за током утечки.

11. При повышенных токах утечки (более 125 мА) или пробое изоляции испытуемого объекта установка

автоматически отключается. Повторно включают установку по пп. 7, 8, 9, 10 Правил пользования.

12. По окончании испытания установку отключают от питающей сети.

Испытание производит квалифицированный наладочный персонал в присутствии представителей монтажной организации и заказчика, а в ответственных случаях желательно также присутствие представителя завода — изготовителя машины. Перед испытанием проверяют сопротивление изоляции мегомметром. Поднимают напряжение плавно или ступенями, не превышающими 5% полного значения; время повышения испытательного напряжения от половинного до полного — не менее 10 с. Продолжительность испытания полным напряжением — 1 мин. Снижают напряжение также постепенно до значения не более $\frac{1}{3}$ испытательного, после чего установку отключают. По окончании испытания обмотку разряжают, соединив ее с корпусом машины, и вновь проверяют сопротивление изоляции мегомметром.

Машину можно считать выдержавшей испытание, если в течение минуты не произойдет пробоя или частичного нарушения изоляции, что может быть выявлено показаниями приборов, а также внешними признаками: по выделению дыма, специфического запаха и звука, напоминающего шелест, или визуальным наблюдением искры на поверхности изоляции. В случае полного пробоя изоляции испытательную установку отключает автомат. Вероятность пробоя изоляции может быть обнаружена по непрерывному возрастанию тока утечки во время поддержания испытательного напряжения (1 мин). В этом случае испытание приостанавливают и внимательно обследуют обмотку машины.

Пробный пуск двигателя

После окончания наладочных работ по проверке и испытанию аппаратов, схем управления и испытанию неподвижного электродвигателя производят пуск последнего.

При первом включении электродвигателя на 2—3 с проверяют:

направление вращения;

состояние ходовой части;

надежность действия отключающих устройств.

Кратковременное включение повторяют 2—3 раза, по-

стоянно увеличивая длительность включения. Во всех случаях получения сигнала о неисправностях схемы управления машины или механизма привода наладчик обязан без предупреждения отключить двигатель.

Проверка электродвигателя на холостом ходу и под нагрузкой*

Проверку на холостом ходу производят при отсоединенном механизме. В случае невозможности отсоединения проверяют при ненагруженном механизме.

Величина тока холостого хода не нормируется. Продолжительность проверки — 1 ч.

Одновременно проверяют нагревание подшипников, обмоток в доступных местах и стали, отсутствие заметной вибрации, характер шума подшипников.

После проверки на холостом ходу переходят к проверке под нагрузкой. При этом контролируют токи в каждой фазе. Нагрузка должна быть не менее 50% номинальной.

Для облегчения нормальной работы электродвигателя поддерживают напряжение на шинах в пределах от 100 до 105% номинального. Допускается работа электродвигателя при отклонении напряжения от 5 до 10% номинального, при этом ток статора не должен превышать номинальный более чем на 5%.

После пробного включения на 20—30 мин приступают к включению двигателя с механизмом на обкатку. Обкатка, производимая в течение 8 ч или более, служит для шлифовки подвижных связей механизмов, выявления слабых мест схемы управления и проверки электрооборудования на нагревание. В отличие от предыдущих пусков, режим испытания при обкатке диктуется механиками, производившими монтаж технологической части установки.

Двигатели, допускающие только повторно-кратковременный режим работы (например, крановые и металлургические), соединенные обычно с механизмами, имеющими ограниченный ход, обкатывают по специально составленному графику или в условиях эксплуатации.

* В некоторых случаях при наладке возникает необходимость проверки тока холостого хода электродвигателя, который определяется по формуле: $I_{х.х} = I_n \left(\sin \varphi_n - \frac{\cos \varphi_n}{2\mu_n} \right)$, где $\mu_n = \frac{M_{\max}}{M_n}$ находится в пределах 1,7—2,2.

IV. НАЛАДКА ЦЕПЕЙ И АППАРАТОВ ВТОРИЧНОЙ КОММУТАЦИИ ДО 1000 В

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

Нормальная работа электрооборудования и всей электроустановки зависит не только от качества и состояния электрооборудования, но и от электрических соединений, связывающих электрооборудование данной электроустановки в единую систему. Благодаря этим соединениям образуются электрические цепи — первичные (силовые), в которые входит первичное оборудование, и цепи вторичной коммутации, в которые входит оборудование вторичной коммутации.

Первичные цепи служат для осуществления энергетических функций: производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии; цепи вторичной коммутации — для осуществления контроля за работой основного (первичного) оборудования и управления режимом его работы. Воздействие цепей вторичной коммутации на первичные цепи осуществляется через элементы непосредственного управления соответствующим первичным оборудованием (обмотки управления электрических машин и электромагнитных аппаратов, управляющие электроды электронно-ионных и полупроводниковых приборов, приводы коммутационных аппаратов и др.). Информация о состоянии первичной цепи поступает во вторичную цепь через первичные преобразователи (измерительные трансформаторы, блок-контакты коммутационных аппаратов, датчики).

Наиболее наглядно электрические цепи изображают на чертежах в виде принципиальных схем, на которых все элементы электрической цепи отображают условными обозначениями в соответствии с ЕСКД.

Схемы первичных цепей энергетических установок чаще всего бывают однолинейные и трехлинейные. Схемы вторичной коммутации бывают совмещенные и развернутые. При наладочных работах применение получили преимущественно принципиальные однолинейные

схемы первичных цепей и развернутые схемы вторичных цепей.

Кроме того, выполняются схемы внутренних соединений, относящиеся к электрическим цепям внутри отдельных конструктивно-обособленных частей электроустановки (аппаратов, щитовых панелей, блоков), и схемы внешних соединений, относящиеся к электрическим цепям, расположенным между частями электроустановки, и заканчивающиеся на их выводных зажимах. Первые бывают как принципиальные, так и монтажные, а вторые — только монтажные.

Цепи вторичной коммутации обычно много сложнее первичных цепей, поскольку они содержат значительно большее количество элементов. Поэтому проверка цепей и аппаратов вторичной коммутации составляет основной объем работ при проверке электрических цепей налаживаемой электроустановки.

ТЕРМИНОЛОГИЯ

При наладке аппаратов низкого напряжения принято пользоваться следующими терминами:

номинальный ток аппарата — ток, определяемый условиями нагрева главной цепи аппарата в его основном номинальном режиме. Иногда, например по условиям коммутации, номинальный ток устанавливается меньшим, чем допустимо по нагреву;

номинальный рабочий ток аппарата — определяемый применением аппарата в данных условиях;

номинальное напряжение главной цепи аппарата — наибольшее напряжение, для работы при котором предназначен аппарат;

номинальное рабочее напряжение — напряжение сети, в которой в данных условиях может работать аппарат;

номинальное напряжение по изоляции — напряжение, по которому выбирают напряжение для испытания изоляции, а также расстояния между частями аппарата;

втягивание, отпадание — действие аппарата, при котором якорь электромагнитной системы перемещается из одного крайнего положения в другое;

напряжение (ток) втягивания — значение повышающегося напряжения (тока) катушки электромагнита, при котором начинается (и должно полностью закончиться) притягивание якоря;

напряжение (ток) отпадания — значение снижающегося напряжения (тока) катушки, при котором начинается (и должно полностью закончиться) отпадание якоря;

выдержка времени — время от момента подачи команды в цепь управления до момента переключения контактов;

уставка выдержки времени, тока, напряжения — значение заданной величины выдержки времени, тока или напряжения срабатывания;

коэффициент возврата — отношение напряжения (тока) отпадания к напряжению (току) втягивания;

начальное нажатие контакта — нажатие пружины на контактный рычаг при разомкнутом контакте, пересчитанное к точке (линии) первоначального касания контактов;

конечное нажатие контакта — нажатие в момент окончания процесса замыкания подвижного контакта с неподвижным;

провал контакта — расстояние, на которое может сместиться место конечного касания контактов, если будет удален жестко закрепленный контакт. Провал — запас на срабатывание контактов;

ход якоря (сердечника) — расстояние в линейном измерении или угол поворота подвижной части электромагнита;

воздушный зазор — расстояние между подвижной и неподвижной частями электромагнита (включая толщину металлической немагнитной прокладки и зазоры между неподвижными частями), измеренное по условной магнитной силовой линии, проходящей через ось сердечника;

раствор контактов — кратчайшее расстояние между контактными поверхностями одной пары контактов в разомкнутом положении.

ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТАМ ЗАЩИТЫ, ВТОРИЧНЫМ ЦЕПЯМ И ПУСКРЕГУЛИРУЮЩИМ АППАРАТАМ СОГЛАСНО ПУЭ

Аппараты защиты по своей отключающей способности должны соответствовать токам короткого замыкания в начале защищаемого участка сети.

Автоматы — предохранители пробочного типа — включают в сеть таким образом, чтобы при вывинченной пробке предохранителя (автомата) винтовая гильза предохранителя (автомата) оставалась без напряжения, для чего защищаемый (отходящий) проводник присоединяют к винтовой гильзе предохранителя (автомата).

Каждый автомат защиты имеет надпись, указывающую номинальный ток аппарата, величину уставки расцепителя или номинальный ток плавкой вставки, требующихся для защищаемой ими цепи. Надписи наносят на аппарате или схеме, которую вывешивают вблизи места установки защитных аппаратов.

Электрические сети должны иметь защиту от токов короткого замыкания с наименьшим временем отключения и обеспечением, по возможности, требований селективности.

При этом защита обеспечивает отключение аварийного участка при коротких замыканиях в конце защищаемых линий:

одно- и многофазное — в сетях с глухозаземленной нейтралью;

двух- и трехфазное — в сетях с изолированной нейтралью.

Аппараты защиты располагают по возможности в доступных для обслуживания местах таким образом, чтобы была исключена возможность их механических повреждений. Установку их выполняют так, чтобы при оперировании или при их действии была исключена опасность для обслуживающего персонала и окружающих предметов.

Аппараты защиты с открытыми токоведущими частями поручают для обслуживания только квалифицированному персоналу.

Аппараты защиты устанавливают во всех местах сети, где сечение проводников уменьшается (по направлению к местам потребления электроэнергии), или в местах, где это необходимо для соблюдения селективности.

Вторичные цепи

Рабочее напряжение вторичных цепей допускается не выше 440 В постоянного и 400 В переменного тока, при этом исполнение присоединяемых аппаратов должно соответствовать условиям окружающей среды и требованиям техники безопасности.

Изоляция вторичных цепей с рабочим напряжением не выше 60 В, в которых применяются аппараты связи и телемеханики, должна соответствовать нормам для устройства связи, если питание их обеспечивается от отдельных источников питания.

Соединение контрольных кабелей допускается, если длина трассы превышает строительную длину кабеля. В этих случаях жилы кабеля соединяют пайкой и в местах соединения устанавливают соединительные муфты.

В одном контрольном кабеле допускается объединение цепей управления, измерения, защиты и сигнализации постоянного и переменного тока, а также цепей, питающих электроприемники небольшой мощности (например, электродвигатели задвижек). Допускается также применение общих кабелей для разных объектов.

Кабели, подходящие к панели, присоединяют к сборкам зажимов или выводам испытательных блоков, а подходящие к выводам измерительных трансформаторов или отдельных аппаратов — непосредственно к ним.

Соединения аппаратов между собой в пределах одной панели выполняют непосредственно, без завода соединяющих проводов на промежуточные зажимы.

На зажимы или испытательные блоки выводят испытательные цепи, которыми включают испытательные проверочные аппараты и приборы.

Промежуточные зажимы устанавливают только там, где провод переходит в кабель, объединяются одноименные цепи (сборка зажимов цепей отключений, сборка зажимов цепей напряжения), требуется включать переносные испытательные и измерительные аппараты, если нет испытательных блоков или аналогичных устройств.

Зажимы, относящиеся к разным присоединениям или устройствам, выделяют в отдельные сборки.

Сборки зажимов блок-контакта включателей и разъединителей и аппараты устанавливают, а заземляющие проводники монтируют так, чтобы была обеспечена безопасность обслуживания сборок и аппаратов вторичных

цепей без снятия напряжения с первичных цепей напряжением выше 1000 В.

На панели или сбоку зажимов предусматривают устройства (испытательные зажимы или блоки), обеспечивающие без отсоединения проводов и кабелей:

отключение панелей от цепей тока, напряжения и оперативного тока закорачиванием токовых цепей;

присоединение к панели испытательных аппаратов для проверки и наладки устройства.

Контроль изоляции цепей оперативного постоянного тока предусматривают при наличии общего для всех присоединений питания.

В схемах защит заземление во вторичных цепях трансформаторов тока осуществляют в одной точке в удобном для присоединения месте (распределительное устройство или щит управления).

Для служебных защит, объединяющих несколько комплектов трансформаторов тока, допускается заземление через разрядник напряжением не более 1000 В с шунтирующим сопротивлением 100 Ом для стекания статического заряда.

Вторичные обмотки трансформаторов напряжения заземляют при помощи соединения нулевой точки или одного из концов обмотки с заземляющим устройством.

Заземление вторичных обмоток трансформаторов напряжения выполняют на сборке зажимов.

Для трансформаторов напряжения, соединенных в звезду, допускается заземление вторичных обмоток через пробивной предохранитель.

Трансформаторы напряжения защищают от коротких замыканий во вторичных цепях с предохранителями или автоматами. Предохранители и автоматы устанавливают во всех незаземленных проводах после сборки, за исключением обмоток, соединенных в разомкнутый треугольник. У таких обмоток ставят только один автомат или предохранитель на испытательной жиле, используемый для испытаний защиты нулевой последовательности и для периодического контроля цепей разомкнутого треугольника. Предохранители можно не устанавливать при отсутствии разветвленной цепи.

Установка на заземленных проводах предохранителей, переключателей блок-контактов и подобных им аппаратов запрещается.

На электростанциях и подстанциях с постоянным оперативным током выполняют автоматические устройства контроля изоляции оперативного тока.

Вторичные цепи отдельного присоединения питают оперативным током, как правило, через отдельные для этого соединения, предохранители или автоматы.

Пускорегулирующие аппараты

Для группы электродвигателей, служащих для привода одной машины или же ряда машин, осуществляющих единый технологический процесс, как правило, применяют общий аппарат или комплект пусковых аппаратов, если это оправдывается требованиями удобства или безопасности эксплуатации. В остальных случаях каждый электродвигатель должен иметь отдельные аппараты управления.

Аппараты управления должны отключать одновременно от сети все проводники, находящиеся под напряжением.

Применение в цепи отдельных электродвигателей аппаратов управления, отключающих от сети не все проводники, находящиеся под напряжением, допускается при наличии нескольких электродвигателей на данном технологическом механизме (например, на станке) или на данной группе механизмов, связанных общим технологическим процессом (например, на автоматической линии), и общего для всей группы электродвигателей разъединяющего аппарата, отключающего все проводники при необходимости длительного останова всей группы электродвигателей.

При наличии управления из нескольких мест предусматривают аппараты (выключатели, переключатели), исключающие возможность дистанционного пуска механизма или линии, остановленных на ремонт.

Питание цепей управления электродвигателями допускается как от главных цепей, так и от других источников электроэнергии, если это вызывается необходимостью.

Во избежание внезапных пусков электродвигателя при восстановлении напряжения в главных цепях (когда внезапный пуск недопустим) предусматривают блокировочную связь, обеспечивающую автоматическое от-

ключение главной цепи во всех случаях исчезновения напряжения в ней.

Для включения и отключения короткозамкнутых электродвигателей мощностью не более 10 кВт допускается применение рубильников.

Пускорегулирующие аппараты обязательно защищают от токов короткого замыкания.

Использование штепсельных соединений для управления переносными электродвигателями допускается только при мощности электродвигателей не более 1 кВт.

Штепсельные соединения, служащие для присоединения передвижных электродвигателей мощностью более 1 кВт, обеспечивают блокировкой, при которой отключение и включение соединения возможны только при отключенном положении пускового аппарата в главной силовой цепи электродвигателя.

Включение катушек магнитных пускателей, контакторов и автоматов в сети напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью, как правило, производят на междофазное напряжение.

Допускается включение катушек указанных выше аппаратов на фазное напряжение, если обеспечивается одновременное отключение всех трех фаз ответвления к данному электродвигателю автоматом, а при защите предохранителями — специальными устройствами, действующими на отключение пускателя или контактора при сгорании предохранителей в любых фазах или в одной и двух фазах.

При включении катушки на фазное напряжение нулевой вывод катушки должен быть надежно присоединен либо к нулевой жиле кабеля или отдельному изолированному проводнику, либо непосредственно к заземленному корпусу аппарата (внутри его).

Пусковые аппараты электродвигателей, питаемых по схеме блока трансформатор — электродвигатель, как правило, устанавливают на стороне большего напряжения трансформатора без установки коммутационных аппаратов между трансформатором и электродвигателем.

Аппараты управления располагают ближе к электродвигателю в местах, удобных для обслуживания, если по условиям экономичности, удобства обслуживания и расхода кабелей не требуется иное размещение.

Если с места, где установлен аппарат управления электродвигателя, не виден приводимый им механизм и если этот механизм имеет постоянный обслуживающий персонал, для предотвращения несчастных случаев предусматривают следующие мероприятия:

установку кнопки электродвигателя непосредственно у механизма;

сигнализацию или звуковое оповещение о предстоящем пуске механизма;

установку вблизи электродвигателя и приводного механизма аппаратов для аварийного отключения электродвигателя, исключающих возможность дистанционного пуска.

На корпусах аппаратов управления и разъединяющих аппаратов наносят четкие знаки, позволяющие легко распознавать включенное или отключенное положение рукояток аппарата.

ПРОГРАММА НАЛАДКИ И ИСПЫТАНИЙ АППАРАТОВ И ЦЕПЕЙ ВТОРИЧНОЙ КОММУТАЦИИ

При проведении пусконаладочных работ производят: внешний осмотр;

проверку аппаратов;

проверку схем управления, сигнализации, блокировок;

измерение сопротивления изоляции;

испытание электрической прочности изоляции вторичных цепей повышенным напряжением переменного тока;

опробование работы аппаратов и цепей вторичной коммутации при пониженном и номинальном напряжении оперативного тока.

При периодических проверках работу производят по той же программе, кроме проверки схем управления, сигнализации и блокировок.

Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверяют:

соответствие установленных аппаратов и приборов проекту и защищаемому механизму и завершение всех монтажных работ;

наличие оконцевателей на проводах и жилах контрольных кабелей в панелях управления, бирок на кабелях с указанием марки кабеля и направления его прокладки;

параметры обмоток реле, катушек магнитных пускателей;

наличие и исправность тепловых элементов реле и соответствие их параметров защищаемому электродвигателю;

отсутствие вблизи тепловых реле реостатов, приборов отопления, струи воздуха от вентилятора и т. п.;

отсутствие механических повреждений (обрывов, изломов, нарушений изоляции, трещин, сколов на корпусах приборов и реле, плотность прилегания и целостность стекол реле и приборов и т. д.);

надежность крепления аппаратов и правильность их установки;

состояние основных и блокировочных контактов у пускателей, контакторов, реле, ключей, кнопок управления и т. д.;

отсутствие пыли, грязи, ржавчины;

целость заземляющей проводки от аппаратов до места присоединения ее к общей сети заземления;

отсутствие прокладок, аретиров и других элементов, ограничивающих ход подвижных частей во время транспортировки;

отсутствие перекосов контактов и механических частей, заеданий и залипаний подвижных частей аппаратов в промежуточных положениях (свободный ход подвижных частей аппаратов проверяется нажатием руки на подвижную часть);

наличие и исправность возвратных пружин подвижной системы;

наличие растворов и провалов у главных контактов и блок-контактов (время определяется ходом подвижной системы пускателя с момента замыкания контактов до момента замыкания магнитной системы). Величины растворов и провалов должны соответствовать указанным в прикладываемой к пускателю инструкции.

У реверсивных пускателей также проверяют надежность работы механической блокировки с целью предотвращения одновременного срабатывания двух контакторов.

Проверка аппаратов

Перед проверкой аппарат отключают от схемы и измеряют сопротивление изоляции токоведущих частей.

Пускатели и электромагнитные реле проверяют в два этапа:

- на механическую регулировку;
- на напряжение срабатывания и отпадания.

В объем механической регулировки входят следующие операции:

- проверка плотности прилегания якоря к ярму;
- проверка крепления демпферных витков;
- зачистка рабочих поверхностей главных и блокировочных контактов (если в том имеется необходимость);
- проверка отсутствия затирания между контактами и дугогасительными камерами;
- проверка крепления катушки;
- регулировка растворов и провалов главных контактов и одновременности их замыкания. Проверка нажатия контактов.

В объем механической регулировки входит также затяжка всех болтов, гаек, а также установка недостающих деталей.

После механической регулировки производят проверку на напряжение срабатывания и отпадания.

Для определения величины напряжения срабатывания и отпадания используют автотрансформатор ЛАТР-1 и вольтметр. При проверке срабатывания напряжение повышают плавно, но с достаточной скоростью, чтобы избежать перегрева катушки магнитного пускателя или реле, так как в момент срабатывания пускатели переменного тока потребляют мощность значительно (в 5—10 раз) больше, чем во включенном состоянии.

При определении напряжения отпадания напряжение катушки пускателя, реле уменьшают плавно от величины $U_{ном}$ до момента отпадания подвижной магнитной системы.

По техническим требованиям, аппараты переменного тока должны четко включаться при подаче на втягивающие катушки напряжения, равного $85\% U_{ном}$.

Аппараты постоянного тока должны включаться при напряжении $68\% U_{ном}$ при температуре окружающей среды 20° . Следует учесть, что напряжение срабатывания аппаратов постоянного тока зависит от температу-

ры окружающей среды. Для уточнения результатов измерений можно внести поправку на отклонение температуры от 20° : $\pm 10^{\circ}$ соответствует изменению напряжения $\pm (2,5-3) \% U_{\text{ном}}$.

Напряжение отпадания аппаратов переменного тока должно происходить при понижении напряжения до $0,35-0,5 U_{\text{ном}}$.

Для аппаратов постоянного напряжения отпадания не лимитируются и они могут иметь любые значения.

К контакторам, реле и автоматическим выключателям предъявляются общие требования. Например, условия работы: высота над уровнем моря — не более 1000 м; температура окружающего воздуха от -40 до $+40^{\circ}\text{C}$, относительная влажность окружающего воздуха не более 90% при температуре $+20^{\circ}$ и не более 50% — при температуре $+40^{\circ}$.

Проверка автоматических выключателей*

Автоматические воздушные выключатели (автоматы) оборудованы устройствами защиты, ручным или электромагнитным приводом, удерживаются во включенном положении с помощью рычажного механизма защелки. Автоматы рассчитаны на отключение больших мощностей, возникающих в аварийных режимах. Допустимые количество и частота включений автоматов значительно ниже, чем у контакторов. Важным свойством автоматов является малое собственное время отключения, что во многих случаях имеет решающее значение для защиты электроприводов с полупроводниковыми приборами. Благодаря отмеченным достоинствам с каждым годом автоматы находят все более широкое применение. Конструкция автоматов сложнее других электромагнитных аппаратов, и для их обслуживания требуется более высокая квалификация.

Большинство установочных автоматов, выпускаемых промышленностью, предназначено для схем асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. Они включаются вручную, но имеют механизм моментного включения, обеспечивающий быстрое (и полное) замыкание

* Обязательной проверке подлежат автоматы с I_n выше 200 А, остальные проверяются по требованию заказчика.

контактов независимо от скорости движения рукоятки. Такой же принцип, предохраняющий контакты от подгорания, заложен в современных однополюсных автоматах и маломощных выключателях (например, для цепей осветительной нагрузки).

По видам защиты автоматы делятся:

с электромагнитным расцепителем, предназначенные для защиты от коротких замыканий;

с тепловым расцепителем, предназначенные для защиты от перегрузок;

с комбинированным (электромагнитным и тепловым) расцепителем;

с расцепителем минимального напряжения.

Автоматы могут иметь дополнительные устройства, например блок-контакты, независимый расцепитель для дистанционного отключения (должно оговариваться при заказе).

Автоматы, служащие для защиты асинхронных двигателей, должны удовлетворять следующим условиям:

$$U_{н.а} \geq U_{н.с},$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.дв} \text{ — для двигателей}$$

повторно-кратковременного режима при ПВ=25% или длительного режима работы и легкими условиями пуска;

$$I_{н.а} \geq 1,5I_{н.дв} \text{ — для двигателей,}$$

работающих в напряженном повторно-кратковременном режиме, а также для двигателей с длительным режимом работы, но с тяжелыми условиями пуска,

где $U_{н.с}$ — номинальное напряжение сети;

$I_{н.дв}$ — номинальный ток двигателя;

$U_{н.а}$, $I_{н.а}$ — номинальные напряжения и ток автомата.

Автоматы с электромагнитным расцепителем характеризуются током уставки электромагнитного расцепителя:

$$I_{уст.эл.магн} = (7-10)I_{н.а}.$$

Ток уставки электромагнитного элемента, с учетом неточности срабатывания расцепителя и отклонений действительного пускового тока от каталожного значения, должен соответствовать:

для двигателя с короткозамкнутым ротором

$$I_{\text{уст.эл.магн}} \geq (1,5-1,8) I_{\text{пуск}},$$

для двигателя с фазовым ротором

$$I_{\text{уст.эл.магн}} \geq (2,5-3) I_{\text{н.дв}},$$

для группы короткозамкнутых двигателей

$$I_{\text{уст.эл.магн}} \geq (1,5-1,8) [\Sigma I_{\text{н.дв}} + (I_{\text{пуск}} - I_{\text{н.дв}})],$$

где $I_{\text{пуск}} - I_{\text{н.дв}}$ — для двигателя, у которого разность имеет наибольшую величину;

для группы двигателей с фазовым ротором

$$I_{\text{уст.эл.магн}} \geq (1,5-2) I'_{\text{н.дв}} + \Sigma I_{\text{н.дв}},$$

где $I'_{\text{н.дв}}$ — для двигателя, у которого это значение наибольшее в группе.

Автоматы с тепловым расцепителем характеризуются номинальным током уставки теплового расцепителя:

$$I_{\text{н.уст.тепл}} = (0,63-1) I_{\text{н.а.}}$$

Во всех случаях, когда температура окружающей среды в месте установки автомата отличается от температуры, при которой калибруется автомат на заводе (обычно $+25^\circ$), ток теплового расцепителя должен быть пересчитан по формуле:

$$I_{\text{н.расц.т}} = I_{\text{н.а}} [1 + 0,06 (f_{\text{н.окр}} - t_{\text{окр}})] = \alpha I_{\text{н.а}},$$

$$I_{\text{н.уст.тепл}} = \frac{I_{\text{н.дв}}}{\alpha}.$$

Автоматы с комбинированными расцепителями характеризуются:

током уставки электромагнитного расцепителя $I_{\text{н.эл.магн}}$;

током уставки теплового расцепителя $I_{\text{н.уст.тепл}}$.

Автоматы с расцепителями минимального напряжения характеризуются:

напряжением включения автомата;

напряжением отключения автомата.

Например, автомат АП50, снабженный расцепителем минимального напряжения (с катушкой на 127, 220 или 380 В), может включаться при напряжении сети не ниже 80% номинального, отключение его произойдет при снижении напряжения сети до 50% номинального.

Проверка электромагнитных элементов автоматов

Электромагнитные элементы проверяют поочередно испытательным током каждого полюса автомата.

Проверка электромагнитных расцепителей, не имеющих тепловых элементов, не представляет сложности, испытательный ток может быть поднят от нуля до величины срабатывания расцепителя.

При проверке электромагнитных элементов комбинированных расцепителей следует учитывать, что тепловой элемент может отключить автомат раньше, чем сработает электромагнитный элемент.

Кроме того, длительное прохождение испытательного тока через тепловой элемент может вызвать порчу последнего. Учитывая все замечания, сделанные выше, проверку электромагнитных элементов рекомендуется производить следующим образом:

- а) Проверка электромагнитных расцепителей, не имеющих тепловых элементов

Автомат включают вручную и к одному из полюсов присоединяют нагрузочное устройство.

При помощи регулирующего устройства, включенного последовательно с проверяемым электромагнитным элементом, устанавливают величину испытательного тока на 30% ниже тока уставки для автоматов А-3110 и на 15% ниже для прочих автоматов. При этом ток автомат не должен отключаться. Затем испытательный ток поднимают до величины, при которой произойдет отключение автомата. При этом величина тока срабатывания не должна превышать ток уставки больше, чем на 30% для автоматов А-3110 и на 15% для прочих автоматов. После отключения автомата испытательный ток уменьшается до 0, и в том же порядке проверяют электромагнитные элементы в остальных полюсах автомата. Если автомат удовлетворяет указанным условиям, то он пригоден к нормальной эксплуатации.

- б) Проверка электромагнитных элементов комбинированных расцепителей

К нагрузочному устройству подключают эквивалентное сопротивление, равное полному сопротивлению одного полюса испытуемого автомата (имеется в виду суммарное сопротивление теплового элемента, электромагнитного и коммутирующих проводов). При помощи регулирующего устройства и амперметра, включаемого в

цепь эквивалентного сопротивления, устанавливают ток на 30% ниже тока уставки для автоматов А-3110 и на 15% для прочих автоматов.

Не изменяя величины установившегося испытательного тока, отключают от нагрузочного устройства эквивалентное сопротивление и вместо него поочередно включают все полюсы автомата. При этом отключение автомата не должно происходить. После этого эквивалентное сопротивление вновь присоединяют к нагрузочному устройству и устанавливают величину испытательного тока на 30% выше тока уставки для автоматов А-3110 и на 15% для прочих автоматов. Затем, не изменяя величины установившегося испытательного тока, отключают от нагрузочного устройства эквивалентное сопротивление и вместо него поочередно включают все полюсы автомата. При этом должно происходить отключение автомата от воздействия каждого электромагнитного элемента.

Чтобы убедиться в том, что отключение происходит от действия электромагнитных элементов, а не от тепловых, необходимо после каждого отключения незамедлительно (пока не остыли тепловые элементы) вручную выключить автомат. Если автомат включается нормально, следовательно, он был отключен от действия электромагнитного элемента.

При срабатывании теплового элемента повторное включение автомата не произойдет.

Проверка тепловых элементов автоматов

- а) Проверка каждого теплового элемента на срабатывание при пополюсной нагрузке испытательным током (рис. 19, а).

В каждом полюсе автомата смонтирован свой тепловой элемент, действующий на общий расцепитель автомата. Проверку тепловых элементов производят двух-, трехкратным током.

Если тепловой элемент не работает и не произойдет отключения автомата за максимально допустимое время, определяемое из время-токовой характеристики автомата, то необходимо незамедлительно отключить испытательный ток во избежание порчи автомата. Такой автомат к эксплуатации не пригоден и дальнейшим испытаниям не подлежит.

У всех тепловых элементов, удовлетворяющих условиям испытания на срабатывание, проверяют характеристики при одновременной нагрузке испытательным током всех полюсов автомата,

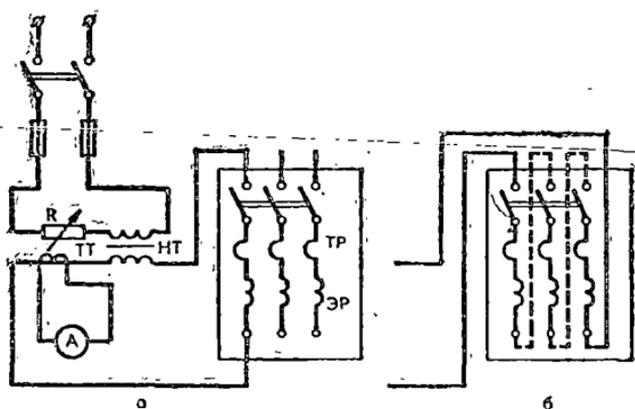


Рис. 19. Схемы включения фаз автоматов для проверки тепловых и электромагнитных расцепителей:

а — включение одной фазы автомата; б — включение фазы при одновременной нагрузке всех полюсов автомата испытательным током; R — реостат, ЭР — электромагнитный расцепитель; ТР — тепловой расцепитель; НТ — нагрузочный трансформатор; ТТ — трансформатор тока

б) Проверка характеристики тепловых элементов при одновременной нагрузке всех полюсов автомата испытательным током (рис. 19, б)

Для этой цели все полюсы соединяют последовательно, автомат включают вручную и все его тепловые элементы нагружают испытательным током.

Через определенное время автомат от воздействия тепловых элементов на расцепитель должен отключиться.

Если время отключения автомата находится в пределах, указанных в характеристике, то для такого автомата проверка тепловых элементов заканчивается и можно считать, что автомат пригоден к нормальной эксплуатации. В противном случае проверяют тепловые элементы на начальный ток срабатывания.

Иногда в случае отсутствия специальных нагрузочных устройств защита автоматов может быть проверена с помощью асинхронных короткозамкнутых двигателей.

Максимальная защита большинства установочных автоматов настраивается на десятикратный (по отношению к номинальному) ток. Подбирают различные асинхронные двигатели (например, из резерва или вы-

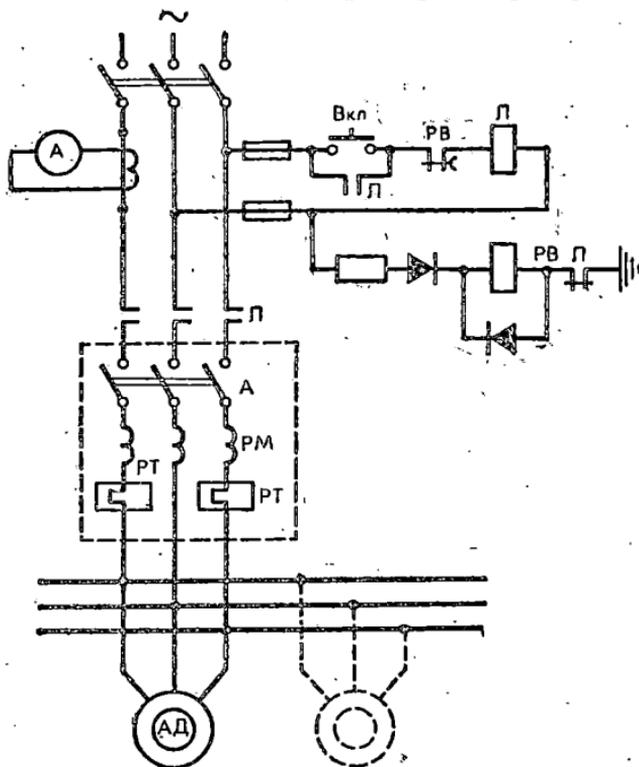


Рис. 20. Использование асинхронного двигателя для испытания защиты автомата:

АД — асинхронный двигатель; РТ — тепловое реле; РВ — реле времени; РМ — электромагнитное реле; Л — промежуточное реле

шедшие из строя из-за повреждения механической части); пусковой ток одних двигателей должен быть несколько ниже, а других — несколько выше уставки мгновенных расцепителей автомата. Двигатели кратко- временно включают через автомат; при этом поочередно заклинивается по два максимальных реле разных фаз. Для проверки тепловой защиты двигатель включают на две фазы. Длительность включения рекомендуется ограничивать (рис. 20) с помощью электромагнитного реле РВ, настраиваемого примерно на 2 с. Такая дли-

тельность протекания пусковых токов ($I_{п}=5-7 I_{н}$) лежит в пределах термической устойчивости двигателя.

в) Проверка тепловых элементов на соответствие техническим условиям завода-изготовителя по начальному току срабатывания

Автоматы, у которых время срабатывания при испытании двух-, трехкратным током получилось меньше допустимого, проверяют на несрабатывание испытательным током, равным $1,1 I_{н}$.

Если автомат не отключится в течение 1 ч, его характеристика удовлетворяет техническим условиям завода и такой автомат пригоден к эксплуатации. В противном случае автомат бракуют.

Автоматы, у которых время срабатывания при испытании получилось выше допустимого, проверяют в зависимости от типа автомата испытательным током, равным $1,3-1,45 I_{н}$, на срабатывание.

Если автомат отключится за время, не более указанного в таблице 20, то основная характеристика его тепловых элементов — начальный ток срабатывания — находится в пределах, гарантируемых заводом. Такой автомат пригоден к нормальной эксплуатации.

Таблица 20

Время срабатывания тепловых реле автоматов

Тип автомата	Кратность тока нагрузки, А	Время срабатывания — более, мин
АЕ-2000	1,45	60
А-3110	1,45	60
А-3120	1,45	60
А-3130	1,45	60
А-3140	1,45	60
А-3160	1,35	120
АП-50	1,35	30
АК-50	1,35	30
АК-63	1,20	20

Проверка и регулировка тепловых реле магнитных пускателей

Для проверки соответствия реле требованиям защищаемого электродвигателя необходимо определить: соответствие типа реле (номинального тока реле

$I_{н.р}$) и номинального тока нагревательного элемента номинальному току электродвигателя;

время срабатывания реле в функции от тока реле с холодного состояния;

время срабатывания реле в функции от тока реле после подогрева нагревательного элемента номинальным током.

Тепловое реле может надежно защищать двигатель только при условии, что законы нагревания и охлаждения теплового элемента реле подобны законам нагрева и охлаждения двигателя.

Следует иметь в виду, что при температуре окружающей среды выше $t_{н.окр} = +35^\circ$ допустимая нагрузка двигателя снижается (его номинальный ток уменьшается примерно на 1% на каждый градус превышения температуры).

При $t_{окр} < +35^\circ$, наоборот, допустимая нагрузка двигателя увеличивается.

В случае, когда $t_{окр} \neq t_{н.окр}$, номинальный ток нагревателя $I_{н.нагр}$ необходимо привести к действительной температуре.

$$I_{н.нагр} \approx I_{н.нагр} \left(1 - \frac{\delta}{100} \frac{t_{окр} - t_{н.окр}}{10} \right) \approx I_{н.нагр} \alpha,$$

где δ — изменение номинального тока нагревателя на каждые 10°C разницы величины $t_{окр}$ по сравнению с $t_{н.окр}$, %.

Величина δ в среднем равна:

5%	для	реле	серии	ТРП
4%	»	»	»	ТРТ
2%	»	»	»	ТРН

Точные данные δ приводятся в паспортах реле.

Учитывая, что $I_{н.нагр} \approx I_{н.дв}$, находят расчетное значение, по которому производят регулировку уставки или выбор нагревательного элемента реле.

При включении нагревательных элементов через отдельные дополнительные трансформаторы тока выбор реле и нагревателей производят аналогично, но в расчетных формулах вместо $I_{н.дв}$ подставляют величину

$$I_{н.дв} = \frac{I_{н.дв}}{K_{тт}},$$

где $K_{тт}$ — коэффициент трансформации тока.

Рекомендуемая методика настройки:
регулирующий рычаг реле выставляют в среднее положение;

испытательную схему включают в сеть с помощью регулирующего аппарата. Ток нагрузки поднимают до номинального тока защищаемого объекта;

тепловые элементы остаются под током в течение 2 ч.

Считается, что за 2 ч внутри реле установится постоянная температура. В течение этого времени тепловые реле не должны вызывать ложного отключения объекта;

по прошествии 2 ч ток нагрузки поднимают сверх номинального на 20%.

Начиная с этого момента, реле должно отключать объект не менее чем через 20 мин.

Если при нагрузке на 20% тепловое реле за 20 мин не сработает, начинают медленно перемещать регулятор в сторону срабатывания реле до момента его отключения. Для контроля полученной установки испытание реле может быть повторено.

В тех случаях, когда с помощью регулирующего рычага не удается получить требуемую настройку, заменяют нагревательный элемент реле. По окончании настройки наносят краской метку на корпусе реле около выставленных рычагов.

Методика настройки реле, описанная выше, приемлема только в тех случаях, когда испытывается небольшое количество реле.

При наладке большого количества аппаратуры из-за чрезмерной продолжительности этот метод не применяют.

Настройку в таком случае производят следующим образом:

включают испытательную схему и ток в нагревателе поднимают до величины трехкратного от номинального.

Для тепловых реле ТРТ, ТРН и ТРП время срабатывания должно быть не более величин, указанных в графиках ампер-секундных характеристик (см. раздел VI).

Следует иметь в виду, что:

а) нагревательные элементы калибруются заводом-изготовителем при температуре окружающей среды $+35$ или $+40^{\circ}$;

б) тепловые реле допускают работу при токах до 10—15-кратных от номинального в кратковременном режиме;

в) ток в цепи размыкающего контакта в длительном режиме не должен превышать 8 А при напряжении до 380 В.

В случае, если время срабатывания реле при нагрузке трехкратным током выходит за установленные пределы, реле проверяют по полной программе.

Величины растворов, провалов и нажатий главных контактов и блок-контактов должны находиться в определенных пределах, соответствующих техническим требованиям.

Малое нажатие контактов в условиях повышенной влажности и агрессивной среды ведет за собой их перегрев и окисление, что в итоге приводит к работе электродвигателей на двух фазах. Чрезмерное нажатие препятствует включению двигателей при пониженном напряжении (часто бывает в сельских протяженных сетях). Недовключение магнитного пускателя (между якорем и ярмом есть зазор) вызывает увеличение тока в катушке, в результате чего изоляция обугливается.

Настройка защитных характеристик тепловых реле на стенде МИИСП

Защитной характеристикой реле или автомата называется зависимость времени срабатывания от тока, проходящего через нагревательный элемент реле. Различают две зоны защитных характеристик:

зона времени срабатывания реле с холодного состояния и зона срабатывания с горячего состояния, т. е. когда реле прогрето током уставки. Ток уставки — это наибольший ток, при котором реле с нагревательным элементом при данном положении регулятора тока уставки находится на грани срабатывания, но не срабатывает при длительной работе.

У тепловых реле типа ТРН ширина зоны зависит от разброса и расстояния параметров реле, нагревательных элементов, а также от их смещения при установке и положении регулятора тока уставки. При повороте регулятора тока уставки в сторону знака «+» защитная характеристика опускается, реле срабатывает при

нагреве биметаллической пластины до большей температуры, при этом время срабатывания реле меньше зависит от температуры окружающего воздуха. При одинаковой кратности перегрузки двигатель будет отключаться быстрее, запуск двигателя из холодного состояния с разбегом более 10 с не обеспечивается.

При повороте регулятора тока уставки в сторону знака «—» защитная характеристика поднимается, срабатывание реле происходит при меньшей температуре. При одинаковой кратности перегрузки двигатель будет отключаться через промежуток времени, примерно в 2 раза больший. Поэтому настройка защиты прежде всего предполагает правильный выбор нагревательного элемента с учетом времени разбега электродвигателя, его номинального тока, характера нагрузки рабочей машины и ее некоторых особенностей. Например, при неравномерном характере нагрузки с большим коэффициентом неравномерности нагревательный элемент следует выбирать на ток, на 20—30% превышающий номинальный ток электродвигателя, а для центробежных насосов нагревательные элементы необходимо выбирать по рабочему току. Это объясняется тем, что в последнем случае при обрыве фазы рабочий ток в двух других фазах увеличивается всего на 25—35%.

При наладке реле на стенде защитную характеристику можно привести к некоторой усредненной характеристике.

Порядок работы на стенде следующий. Нагревательный элемент реле подключают к клеммам переменного тока с соответствующим пределом его регулирования, блок-контакты к клеммам БК. Затем проводят регулировку с учетом того, что поворотом регулятора тока уставки в реле ТРН в сторону знака «+» или знака «—» на каждое деление ток уставки увеличивается или уменьшается на 5%. Таким образом достигается равенство тока уставки и номинального тока электродвигателя.

Затем, предварительно установив ручку регулятора напряжения в начальное положение, увеличивают ток до величины $1,5 I_{уст}$. Если нагревательный элемент выбран и установлен правильно, а также правильно выбрана тепловая уставка, то реле сработает за время, определяемое по кривой защитной зоны из холодного состояния, соответствующей положению регулятора ус-

тавки. Граничные кривые зоны соответствуют положениям регулятора на отметке «+5» и «-5».

Нагревательные элементы из трансформаторной стали (марки Э-31, Э-310, Э-43 и др., имеющие содержание кремния 3—4%) имеют удельное сопротивление, равное сопротивлению марганца и константана, и более высокий температурный коэффициент сопротивления.

Высокий температурный коэффициент сопротивления приводит к более значительному выделению тепла, чем в обычном элементе при сравнительно небольших, но опасных перегрузках электродвигателя. При этом реле становится более чувствительным и реагирует на перегрузку 5%. Работа реле протекает при более высоких температурах нагревательного элемента, а это значит, что реле будет работать с меньшими погрешностями в зависимости от окружающей температуры. Реле становится более точным.

Физическая сущность процесса нагрева элемента из пластины трансформаторной стали заключается в следующем: при увеличении тока сверх номинального тока нагревателя последний нагревается интенсивно и благодаря высокому температурному коэффициенту резко увеличивает сопротивление, а следовательно, и потребляемую мощность. Это вызывает выделение дополнительного тепла, резкий рост сопротивления и потребляемой нагревателем мощности. Процесс здесь лавинообразный. Заметим, что ток в нагревателе при этом практически не изменяется в связи с тем, что сопротивление нагревателя остается малым по сравнению с сопротивлением обмоток электродвигателя и полностью определяется режимом электродвигателя.

В качестве материала для изготовления нагревательных элементов можно использовать листы трансформаторной стали от силовых трансформаторов толщиной 0,2, 0,35 и 0,5 мм. Перед изготовлением элементов трансформаторную сталь отжигают. Для этого ее нагревают до 800—1000° с последующим медленным охлаждением (угасание костра) со скоростью 3—6° в минуту. После отжига сталь становится менее хрупкой, лучше обрабатывается, более устойчива к коррозии. При изготовлении большого количества элементов набор пластин стягивают болтами и двумя толстыми пластинами и фрезеруют на станке.

Таблица 21

Зависимость номинального тока нагревательных элементов от ширины плоскости и толщины листа

Ширина нагревательного элемента, мм	Номинальный ток (А) при толщине стали	
	0,35 мм	0,5 мм
6	9	16,4
7	11	18,8
8	13	20,1
9	14,5	21,3
10	15	22,3
11	17,5	23,2
12	19	24,1
13	21	25,2
14	22	26,2
15	23,5	27,1
16	25	28

Таблица 22

Ориентировочная зависимость номинального тока нагревательных элементов от длины, ширины и толщины пластины

Ширина нагревательного элемента, мм	Длина, мм	Номинальный ток (А)
		при толщине стали 0,35 мм
6	120	4
	100	4,6
	80	5,5
8	120	4,6
	100	5,5
	80	6,5
10	120	5,5
	100	6,6
	80	7,8
12	120	6,4
	100	7,8
	80	9,5

Контактные части нагревательного элемента меднят или лудят, а элемент покрывают печным или кремний-органическим лаком.

В таблице 21 приведена ориентировочная ширина нагревательных элементов, рассчитанных на большие токи, а в таблице 22 — нагревательные элементы с дополнительным изгибом (по форме нагревательных эле-

ментов, показанных на рисунке 21). В таблице 22 указана также рабочая длина нагревательного элемента (расстояние заготовки между отверстиями).

Подгонка нагревательных элементов. При настройке тепловых реле наладчику приходится подгонять

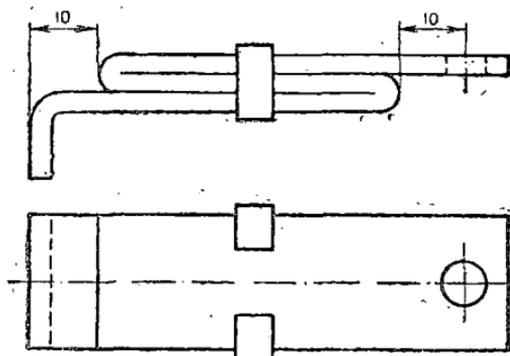


Рис. 21. Нагревательный элемент из полосы (с дополнительным изгибом)

имеющиеся заводские нагревательные элементы, просверливая ряд отверстий диаметром 3—3,5 мм (рис. 22) или стачивая их по ширине.

При подгонке нагревательного элемента на меньший ток необходимо знать конечное сопротивление, которое определяют по справочнику или рассчитывают по формуле:

$$R = \frac{P}{I_{н.нагр}^2},$$

где P — мощность, потребляемая одним полюсом реле (для каждого типа реле приводится в паспорте магнитного пускателя); $I_{н.нагр}$ — номинальный ток нагревателя.

При подгонке нагревательных элементов автоматов АП50- на токи 25 А и выше надо руководствоваться следующим. Нагревательные элементы состоят из двух подковообразных элементов, один из которых би-

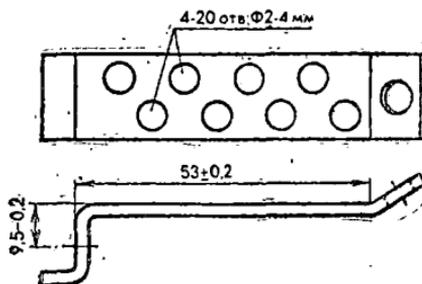


Рис. 22. Нагревательный элемент с отверстиями

металлический, с регулировочным винтом. Если снять один элемент, то ток срабатывания уменьшится в 2 раза. Кроме того, регулятор тока установки позволяет уменьшить ток срабатывания еще на 37%. А при сверлении и стачивании элементов (но не более чем на 30% первоначальных размеров) можно снизить ток срабатывания на 50—60%.

Настройка защиты электродвигателей для гермоклапанов и задвижек

Характерной особенностью работы электродвигателей указанных приводов является повторно-кратковременный режим.

Конструктивное исполнение приводов гермоклапанов и задвижек предусматривает отключение электродвигателей как в конечных положениях, так и в любом промежуточном положении при превышении крутящего момента на валу электродвигателя.

Однако этой защиты недостаточно, так как имеют место случаи отказа в срабатывании муфты или конечных выключателей, вследствие чего двигатель останавливается в заторможенном состоянии. Это обстоятельство вынуждает прибегать к защите от трехфазного торможения.

Опыт наладки показал, что двигатель может быть надежно защищен и отключен в течение 15—25 с с момента торможения. Для защиты двигателей в настоящее время применяют тепловые реле серии ТРН, имеющие температурную компенсацию.

Настройку защиты производят следующим образом: отсоединяют одну обмотку электродвигателя на магнитном пускателе. Включают электродвигатель и замеряют ток в одной из двух его обмоток, находящихся под напряжением $I_{\text{дв.фазн.торм}}$;

измерение проводят оперативно во избежание сгорания обмоток двигателя;

известно, что ток трехфазного торможения равен пусковому току электродвигателя:

$$I_{\text{тр.фазн.торм}} = I_{\text{пуск}}$$

Зная, что ток в обмотках электродвигателя при двухфазном торможении равен 87% пускового тока, определяют:

$$I_{\text{тр.фазн.торм}} = \frac{I_{\text{дв.фазн.торм}}}{0,87};$$

пользуясь графиком ампер-секундной характеристики реле, с холодного состояния, определяют кратность тока уставки реле, соответствующую времени срабатывания 20 с;

находят ток уставки реле:

$$I_{\text{уст.р}} = \frac{I_{\text{тр.фазн.торм}}}{\text{кратность}};$$

подбирают нагревательный элемент, соответствующий току уставки, и испытывают реле током $I_{\text{тр.фазн.торм}}$. Реле должно сработать не позднее 25 с.

Проверка схем управления, сигнализации, блокировки

Проверку производят с целью определения соответствия выполненных схем управления сигнализации и блокировок принципиальным схемам проекта.

Перед проверкой схем знакомятся с проектом, характером технологического процесса, работой оборудования, проверяют работоспособность принципиальных схем проекта.

Схемы проверяют путем прозвонки каждого провода и сверки отдельных участков цепи с принципиальными схемами. Одновременно подключают и затягивают винтовые соединения на аппаратах (нулевые провода не подключают).

Последовательность проверки цепей зависит от сложности схем, территориального расположения оборудования, количественного состава бригады и некоторых других особенностей.

Прозвонку, как правило, производят с помощью омметра, комбинированного прибора, прозвоночного аппарата, телефонных трубок.

Все обнаруженные ошибки монтажа немедленно исправляют силами монтажной организации. Допустимые отклонения от проекта отмечают в исполнительных схемах.

Любое изменение схем с целью улучшения работы согласовывают с проектной организацией и заказчиком.

Минимальные значения величин сопротивления изоляции приборов, генераторов, вторичных цепей и электропроводок

Испытываемая изоляция	Напряжение мегомметра, В	Наименьшая величина сопротивления изоляции, МОм	Примечание
Катушки контакторов, магнитных пускателей и автоматов	500—1000	0,5	
Вторичные цепи управления, защиты, измерения и т. п.: шины постоянного тока и шины напряжения на щите управления (при отсоединенных цепях)	500—1000	10	
Каждое присоединение вторичных цепей и цепей питания приводов выключателей и разъединителей	500—1000	1	Производится со всеми присоединенными аппаратами (катушки приводов, контакторы, реле, приборы, вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения и т. п.)
Цепи управления, защиты и возбуждения машины постоянного тока напряжением 500—1000 В, присоединенных к цепям главного тока	500—1000	1	
Силовые и осветительные электропроводки	1000	0,5	Сопротивление изоляции при снятых плавких вставках измеряется на участке между смежными предохранителями или за последними предохранителями между любым проводом и землей, а также между двумя любыми проводами

Испытываемая изоляция	Напряже- ние мегом- метра, В	Наи- мень- шая ве- личи- на сопро- тивле- ния изоля- ции, МОм	Примечание
Распределительные уст- ройства и токопрово- ды напряжением до 1000 В	1000	0,5	При измерении сопро- тивления в силовых цепях должны быть отключены электро- приемники, а также аппараты, приборы и т. п. При измерении сопротивления в осве- тительных цепях лам- пы должны быть вы- винчены Производятся для каж- дой секции РУ

Измерение сопротивления изоляции

Во время измерения сопротивления изоляции измерительные приборы, исполнительные механизмы и электрическую аппаратуру отключают. Полупроводниковые элементы и приборы отпаивают или закорачивают. Провода и кабели подключают к сборкам зажимов соединительных коробок, щитов и пультов.

Сопротивление изоляции относительно земли электрически связанных цепей релейной защиты, электроавтоматики, телемеханики и всех других вторичных цепей поддерживают для каждого присоединения на уровне не ниже 1 МОм. Сопротивление изоляции вторичных цепей с применением аппаратуры пониженного напряжения (60 В и ниже), нормально питающихся от отдельного источника, поддерживают не ниже 0,5 МОм.

Сопротивление изоляции для цепей напряжением выше 60 В измеряют мегомметром на 1000 В, для цепей 60 В и ниже — мегомметром на 500 В.

Величины сопротивления изоляции аппаратов, вторичных цепей и электропроводок до 1000 В должны быть не менее приведенных в таблице 23.

Испытание электрической прочности изоляции вторичных цепей повышенным напряжением переменного тока

Испытанию повышенным напряжением переменного тока подвергают электрически связанные цепи релейной защиты, электроавтоматики и все другие вторичные цепи, за исключением тех, где применяется аппаратура пониженного напряжения (60 В и ниже).

Величину испытательного напряжения изоляции принимают равной 1000 В переменного тока.

Продолжительность приложения испытательного напряжения — 1 мин для каждого присоединения.

Цепи и элементы, рассчитанные на рабочее напряжение 60 В и ниже, напряжением 1000 В переменного тока не испытывают.

Испытание напряжением промышленной частоты, равным 1 кВ, изоляции электрооборудования, кроме ответственных вращающихся шин, а также вторичных цепей, может быть заменено измерением поминутного значения сопротивления изоляции мегомметром на напряжение 2500 В.

При выполнении испытаний вторичных цепей соблюдают требования правил техники безопасности.

Опробование работы аппаратов и цепей вторичной коммутации при пониженном и номинальном напряжении оперативного тока

Проверка работы аппаратов (контакторы, пускатели, автоматы) и схем управления при пониженном и номинальном напряжении оперативного тока является заключительным этапом наладки и испытаний вторичных цепей перед их включением в постоянную работу. Перед проверкой устанавливают все предохранители, сигнальную арматуру, подключают нулевые провода и т. п.

Полупроводниковые приборы (если они имеются в схеме), закороченные или выпаянные, на время испытания изоляции устанавливают, закоротки снимают.

Регулируемое напряжение в схему подают любым регулятором напряжения.

В ходе проверки схем при номинальном напряжении определяют:

соответствие работ схем принципиальным чертежам проекта;

соответствие сигнализации положению аппаратов;

четкость и правильность действия блокировок;

отсутствие ложных срабатываний.

Проверкой аппаратов и схем при пониженном напряжении определяют:

четкое и надежное срабатывание аппаратов (автоматов, пускателей и электромагнитных реле);

отсутствие гудения магнитной системы пускателей, реле и т. п.

Величины напряжений и количество операций при испытании аппаратов многократными выключателями приведены в таблице 24.

Таблица 24

Величины напряжений и количество операций при испытании аппаратов

Операция	Напряжение на шинах оперативного тока, % от номинального	Количество операций
Включение	90	5
Включение и отключение	100	5
Отключение	80	10

После окончания всех вышеуказанных работ составляют протокол испытаний и дают заключение о пригодности аппаратов и цепей к эксплуатации.

V. НАЛАДКА ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

В ценах на наладку заземляющих устройств учтены затраты на следующие работы:

а) при измерении сопротивления заземлителей относительно земли (очаг, контур):

ознакомление с технической документацией;
осмотр заземляющего устройства;

определение места и забивка вспомогательных электродов в грунт;

сборка схемы;

производство замеров в трех точках для контура, в одной точке — для очага;

разработка схемы, оформление протокола;

б) при проверке наличия цепи между заземлителями и заземленными элементами:

осмотр заземляющего устройства;

подготовка мест присоединения приборов и производство измерений;

в) при определении удельного сопротивления грунта: ознакомление с заданием;

выбор места и глубины забивки электродов;

забивка электродов в грунт;

сборка и разборка схемы;

определение сопротивления заземлителей относительно земли;

расчет удельного сопротивления грунта;

г) при замере полного сопротивления фаза — нуль: ознакомление с технической документацией и электроустановкой;

подготовка мест присоединения приборов;

проверка качества контактных соединений (протестированием) магистрали и отпаек нулевого провода;

сборка схемы и производство замеров.

ТРЕБОВАНИЯ К ЗАЗЕМЛЯЮЩИМ УСТРОЙСТВАМ

Требования СНиП и ПУЭ на монтаж и испытания заземляющих устройств распространяются на установки постоянного и переменного тока.

Заземление электроустановок выполняют:

при напряжении 500 В и выше переменного и постоянного тока во всех случаях;

при номинальных напряжениях выше 36 В переменного тока и 110 В постоянного тока — в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках.

Заземление электроустановок не требуется для переменного тока при номинальном напряжении 36 В и ниже, для постоянного тока — при 110 В и ниже. Эти требования обязательны во всех случаях, за исключением взрывоопасных установок.

К частям, подлежащим заземлению, относятся:

корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т. п.;

приводы электрических аппаратов;

вторичные обмотки измерительных трансформаторов;

каркасы камер распределительных устройств, распределительных щитов, щитов и пультов управления, щитков и шкафов;

металлические конструкции распределительных устройств, металлические кабельные конструкции, металлические корпуса кабельных муфт, металлические оболочки и брони силовых и контрольных кабелей, металлические оболочки проводов, стальные трубы электропроводки и другие металлические конструкции, связанные с установкой электрооборудования;

металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников.

Заземлению не подлежат:

арматура подвесных штырей опорных изоляторов, кронштейны и осветительная арматура при установке их на деревянных опорах линий электропередачи и на деревянных конструкциях открытых подстанций, если это не требуется по условиям защиты от атмосферных перенапряжений;

оборудование, установленное на заземленных металлических конструкциях; при этом для обеспечения элект-

трического контакта на опорных поверхностях должны быть предусмотрены зачищенные и незакрашенные места;

корпуса электроизмерительных приборов, реле и т. п., установленных на щитах, щитках, в шкафах, а также на стенах камер распределительных устройств;

электроприемники с двойной изоляцией;

рельсовые пути, выходящие за территорию электростанций, подстанций распределительных устройств и промышленных предприятий;

съёмные или открывающиеся части на металлических заземленных каркасах и камерах распределительных устройств, ограждений, шкафов, дверей и т. п.

Допускается вместо заземления отдельных электродвигателей, аппаратов и другого оборудования, установленного на станках, заземлять станины станков при условии обеспечения надежного контакта между корпусами электрооборудования и станиной.

Каждый заземляемый элемент электроустановки присоединяют к заземлителю или к заземляющей отдельного ответвления. Последовательное включение в заземляющий проводник несколько заземляемых частей установки запрещается.

Ответвления к однофазным электроприемникам для их заземления осуществляют отдельным (третьим) проводником. Использование для этой цели нулевого (рабочего) провода ответвления запрещается.

У мест ввода заземляющих проводников в здание предусматривают опознавательные знаки, либо делают вводы, обозримые снаружи. Открыто проложенные заземляющие проводники, за исключением нулевых проводов, а также все конструкции, провода и полосы сети окрашивают в черный цвет.

Допускается окраска открытых заземляющих проводников в иные цвета соответственно с оформлением помещения, но при этом они должны иметь в местах присоединений и ответвлений не менее чем две полосы черного цвета на расстоянии 150 мм друг от друга.

В электроустановках напряжением до 1000 В медные или алюминиевые заземляющие проводники имеют сечения, не менее приведенных в таблице 25.

В электроустановках напряжением до 1000 В с глухим заземлением нейтрали для обеспечения автоматического отключения аварийного участка заземляющие

проводники выбирают такими, чтобы при замыкании на корпус или на нулевой провод возник ток короткого замыкания, превышающий не менее чем:

в 3 раза номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя;

в 3 раза номинальный ток расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратно зависимую от тока характеристику.

Таблица 25

Сечения медных и алюминиевых заземляющих проводников
в электроустановках напряжением до 1000 В

Заземляющие проводники	Медь, мм ²	Алюминий, мм ²
Голые проводники при открытой прокладке	4	6
Изолированные провода	1,5	2,5
Заземляющие жилы кабелей или многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами	1	1,5

При защите сетей автоматическими выключателями, имеющими только электромагнитный расцепитель (отсечку), проводник должен быть выбран таким, чтобы в петле фаза — нуль был обеспечен ток короткого замыкания, равный величине уставки тока мгновенного срабатывания, умноженный на коэффициент, учитывающий разброс (заводским данным), и на коэффициент запаса 1,1.

При отсутствии заводских данных для автоматов с номинальным током 100 А кратность тока короткого замыкания относительно величины уставки следует принимать равной 1,4, для прочих автоматов — 1,25.

Полная проводимость заземляющих проводников во всех случаях должна быть не менее 50% проводимости фазного проводника.

В случаях, когда эти требования не удовлетворяются в отношении величины токозамыкания на корпус или нулевой провод, отключение при замыканиях обеспечивают при помощи специальных защит.

Независимо от выполнения указанных требований при проектировании условия в отношении токоотключения проверяют испытаниями или измерениями до пус-

ка электроустановки в эксплуатацию, а также периодически в процессе ее эксплуатации.

В сетях напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью для проверки обеспечения отключения замыканий между фазным и нулевым проводами ток замыкания определяют по приближенной формуле:

$$I_3 = \frac{U_{\phi}}{Z_{\Pi} + \frac{Z_T}{3}},$$

где U_{ϕ} — фазное напряжение сети;

Z_{Π} — полное сопротивление проводов петли фаза — нуль;

Z_T — полное сопротивление трансформатора току замыкания на корпус.

В цепи нулевых проводов, если они одновременно служат для цепей заземления, не должно быть разъединяющих приспособлений и предохранителей. Допускается, однако, применение таких выключателей, которые одновременно с отключением нулевых проводов отключают также все провода, находящиеся под напряжением.

Однополюсными выключателями выключают фазные, а не нулевые провода.

Заземляющие проводники в помещениях делают доступными для осмотра. Это требование не относится к нулевым жилам, металлическим оболочкам кабелей, трубопроводам скрытой электропроводки, находящимся в земле металлоконструкциям, а также проводникам заземления, проложенным в трубах.

В помещениях сухих, не содержащих едких паров и газов, заземляющие проводники допускается прокладывать непосредственно по стенам.

В сырых и особо сырых помещениях и в помещениях с едкими парами заземляющие проводники прокладывают на расстоянии от стен не менее чем на 10 мм.

Заземляющие проводники предохраняют от химических воздействий. В местах перекрещивания заземляющих проводников с кабелями, трубопроводами, железнодорожными путями, а также в других местах, где возможны механические повреждения заземляющих проводников, последние должны быть защищены.

Использование специально проложенных заземляющих проводников для иных целей не допускается.

ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Заземляющие устройства состоят из трех элементов:

а) грунта (земли), свойства которого определяются его удельным сопротивлением: хороший грунт (влажный глинистый) имеет удельное сопротивление до $1 \cdot 10^4$ Ом·см, плохой (сухой песок, каменистые участки) — более $10 \cdot 10^4$ Ом·см;

б) искусственных заземлителей, которые обычно выполняются из погруженных в землю стальных электродов; ПУЭ рекомендует к искусственным заземлителям присоединять сваркой естественные заземлители — все имеющие надежное соприкосновение с землей металлические и железобетонные элементы зданий и сооружений, металлические конструкции и оборудование (оболочки кабелей, трубопроводы и т. п.), которые могут быть использованы для стекания токов в землю;

в) заземляющих магистралей и проводников — наружных (наземных) проводников, связывающих отдельные заземлители и заземлители с подлежащим заземлению оборудованием.

ОБЪЕМ ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Согласно ПУЭ (§ 1—8—36), вводимые в эксплуатацию заземляющие устройства подвергаются приемо-сдаточным испытаниям в следующем объеме:

проверке состояния элементов заземляющего устройства;

проверке состояния пробивных предохранителей в установках напряжением до 1000 В;

проверке полного сопротивления петли фаза — нуль в установках напряжением до 1000 В с глухим заземлением нейтрали. Проводится для наиболее удаленных, а также наиболее мощных электроприемников (проверке подвергают не менее 10% общего количества электроприемников);

измерению сопротивления заземляющих устройств;

проверке наличия цепи между заземлителями и заземленными элементами;

проверке соответствия сечения или проводимости заземляющих проводников.

Проверка состояния элементов заземляющего устройства

Состояние элементов заземляющего устройства проверяют путем выборочного осмотра элементов, находящихся в земле, со вскрытием грунта, а остальных — в пределах допустимости.

При осмотре проверяют соответствие проекту сечения, глубине заложения заземлителей, надежности соединений элементов искусственного заземлителя (труб, полос и др.), а также соединений искусственного заземлителя с естественными, соответствие проекту сечения

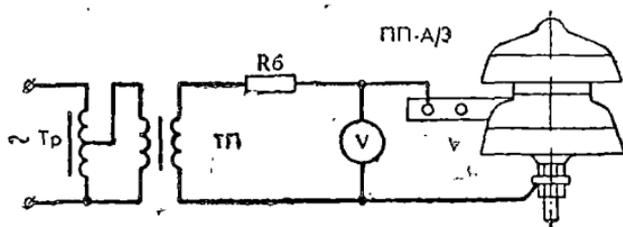


Рис. 23. Схема измерения напряжения пробоя пробивного предохранителя

заземляющих проводников от механических повреждений (в местах, где возможны механические повреждения) и т. д.

Проверка состояния пробивных предохранителей

Предохранители подвергают наружному осмотру, при котором проверяют состояние наружной поверхности и внутренних частей, отсутствие сколов, трещин, загрязнения фарфоровой изоляции, целостность слюдяной прокладки, чистоту разрядных поверхностей электродов.

Для проверки исправности пробивных предохранителей измеряют сопротивление изоляции и определяют пробивное напряжение промышленной частоты. Сопротивление изоляции (его измеряют мегомметром на 250 В) не нормируется. На основании опытных данных величина сопротивления изоляции должна быть не менее 4 МОм.

По схеме на рисунке 23 при помощи регулировочного Тр и повысительного ТП трансформаторов поднимают напряжение до пробоя промежутка в пробивном

предохранителе. Балластное сопротивление $R_6=5-10$ кОм ограничивает ток пробоя, защищает разрядные поверхности от подгорания, и облегчает фиксирование напряжения, при котором произошел пробой.

Т а б л и ц а 26

Основные технические данные
пробивных предохранителей-разрядников типа ПП-А/3
(в двух исполнениях)

Исполнение	Номинальное напряжение, В	Пределы пробивного напряжения, В	Разрядный промежуток (толщина слюдяной прокладки), мм
Первое	220	351—500	$0,08 \pm 0,02$
Второе	500	701—1000	$0,21 \pm 0,03$

Если пробивное напряжение соответствует таблице 26, то напряжение снижают и снова повышают до $0,75 U_{проб}$. Если при этом не наступает пробой, то испытательную установку отключают и повторно измеряют сопротивление изоляции. При существенном снижении сопротивления изоляции (более 30%) следует разобрать предохранитель, зачистить подгоревшие разрядные поверхности и повторить испытания, увеличив балластное сопротивление.

Предохранитель считается исправным, если величина сопротивления его изоляции не ниже 4 МОм и величина пробивного напряжения находится в пределах, указанных в таблице 26.

**Проверка полного сопротивления
петли фаза — нуль**

Целью проверки является определение величины тока короткого замыкания между фазами и заземляющими проводниками. Ток этот должен иметь определенную кратность по отношению к номинальному току плавкой вставки или расцепителя автомата защищаемого присоединения.

Сопротивление петли фаза — нуль состоит из сопротивлений фазы трансформатора, фазного провода и заземляющего провода. При протяженных линиях и больших мощностях трансформаторов измерение сопротив-

ления петли допустимо без учета сопротивления обмотки трансформатора.

Проверку производят для наиболее удаленных и мощных электроприемников, но не менее чем для 10% их общего количества. Проверку можно производить расчетом по формуле:

$$Z_{\text{пет}} = Z_{\text{л}} + \frac{Z_{\text{т}}}{3},$$

где $Z_{\text{л}}$ — полное сопротивление проводов петли фаза — нуль;

$Z_{\text{т}}$ — полное сопротивление питающего трансформатора току замыкания на корпус.

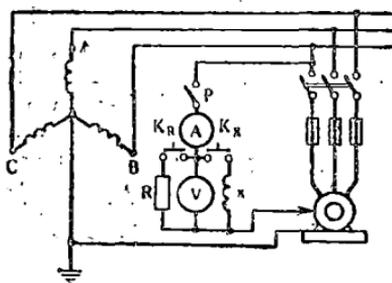


Рис. 24. Схема измерения сопротивления петли (фаза трансформатора; фазный провод, заземляющий провод)

Для алюминиевых и медных проводов удельное сопротивление можно принять равным 0,6 Ом/км. Значения сопротивления $Z_{\text{т}}$ даны в таблице 27.

Если расчет показывает, что кратность тока однофазного короткого замыкания на 30% превышает допустимые кратности по таблице 28, то можно ограничиться расчетом. В противном случае следует произвести измерения по схеме на рисунке 24.

Следует учитывать, что если в измеряемой цепи есть стальные проводники, их сопротивление при малых токах значительно больше, чем при фактических токах короткого замыкания. Поэтому в таких случаях сопротивление при измерениях будет несколько больше, чем при фактических токах короткого замыкания.

Измерения проводят без отключения оборудования. При включенном рубильнике Р и отключенных кнопках снимают показания вольтметра. С помощью кнопки K_{R} включают активное сопротивление R и измеряют ток и напряжение, которые должны быть несколько меньше, чем до включения нагрузки. Активное сопротивление петли может быть вычислено из выражения:

$$r_{\text{л}} = \frac{\Delta U_{\text{л}}}{I_{\text{R}}} \text{ Ом,}$$

Расчетные сопротивления трансформаторов
при однофазном коротком замыкании на стороне 400/230 В

ГОСТ	Тип	Номиналь- ная мощность, кВ·А	Напряже- ние обмотки ВН, кВ	Схема соединений	Полное сопротив- ление Z_t , Ом
1	2	3	4	5	6
401—41	ТМ, ТМА	20	6—10	У/У _н	1,39
	ТМ	30	6—10	У/У _н	0,9
	ТМ	50	6—10	У/У _н	0,54
	ТМ	100	6—10	У/У _н	0,27
	ТМА	100	35	У/У _н	0,25
	ТСМА	100	6—10	У/У _н	0,26
	ТСМ	100	35	У/У _н	0,25
	ТМ, ТМА	180	6—10	У/У _н	0,15
	ТМ, ТМА	180	35	У/У _н	0,14
	ТМ, ТМА	320	6—10	У/У _н	0,085
	ТМ, ТМА	320	35	У/У _н	0,08
	ТМ, ТМА	560	6—10	У/У _н	0,048
	ТМ, ТМА	560	35	У/У _н	0,046
	ТМ, ТМА	750	6—10	У/У _н	0,036
ТМ, ТМА	1000	6—10	У/У _н	0,027	
ТМ	1000	35	У/У _н	0,026	
12022—66	ТМ	25	6—10	У/У _н	1,04
	ТМ	40	6—10	У/У _н	0,65
	ТМ	63	6—10	У/У _н	0,413
	ТМ	63	20	У/У _н	0,38
	ТМ	100	6—10	У/У _н	0,26
	ТМ	100	20—35	У/У _н	0,253
	ТМ	160	6—10	У/У _н	0,162
	ТМ	160	20—35	У/У _н	0,159
	ТМ	250	6—10	У/У _н	0,104
	ТМ	250	20—35	У/У _н	0,102
12022—66	ТМ	400	6—10	У/У _н	0,065
	ТМ	400	20—35	У/У _н	0,064
	ТМ	400	6—10	Д/У _н	0,022
	ТМ	630	6—10	У/У _н	0,043
	ТМ	630	20—35	У/У _н	0,04
	ТМ	630	6—10	Д/У _н	0,014
12920—66	ТМ	1000	6—10	У/У _н	0,027
	ТМ	1000	20—35	У/У _н	0,026
	ТМ	1000	6—10	Д/У _н	0,009
	ТМ	1000	20—35	Д/У _н	0,01
	ТСЗ	160	6—10	Д/У _н	0,055
	ТСЗ	180	6—10	У/У _н	00,15
	ТСЗ	250	6—10	Д/У _н	0,035
	ТСЗ	320	6—10	У/У _н	0,085

1	2	3	4	5	6
	ТСЗ	400	6—10	Д/У _н	0,022
	ТСЗ	560	6—10	У/У _н	0,048
	ТСЗ	630	6—10	Д/У _н	0,014
	ТСЗ	750	6—10	У/У _н	0,036
	ТСЗ	1000	6—10	Д/У _н	0,009
	ТСЗ	1000	6—10	У/У _н	0,027

Примечания: 1. Для понижающих трансформаторов с напряжением вторичных обмоток 230/133 В значения сопротивлений в 3 раза меньше указанных в таблице.
 2. Условные обозначения схем соединений трансформаторов:
 У — звезда;
 У_н — звезда с выведенной нулевой точкой;
 Д — треугольник;
 По $Z_{\text{пет}}$ можно определить ток однофазного короткого замыкания.

где ΔU_1 — разность показаний вольтметра при отключенном и включенном сопротивлении R; I_R — ток в петле при включении сопротивления.

Повторяют измерения тока и напряжения с помощью кнопки K_x (кнопка K_R отключена). По результатам измерений определяют индуктивное сопротивление петли:

$$x_{\text{п}} = \frac{\Delta U_2}{I_x} \text{ Ом,}$$

где ΔU_2 — разность показаний вольтметра при отключенном и включенном сопротивлении x; I_x — ток в петле при включении сопротивления x.

Полное сопротивление петли определяется по формуле:

$$Z_{\text{п}} = \sqrt{r_{\text{п}}^2 + x_{\text{п}}^2}.$$

В качестве активного может быть использовано проволочное сопротивление порядка 8—12 Ом, рассчитанное на кратковременный ток 20—30 А. Индуктивным сопротивлением могут быть дроссели и катушки с железным сердечником. Колебания напряжения в сети могут привести в процессе измерения к ошибочным выводам.

На аналогичном принципе основан прибор типа М-417, который измеряет разность модулей фазных напряжений до и после включения нагрузочного сопротивления с фазовым углом сдвига $\varphi_{\text{п}} = 32^\circ$.

**Наименьшая допустимая кратность тока
однофазного короткого замыкания
относительно номинальных уставок защитных устройств**

Виды защиты сети от однофазных замыканий	Кратность тока однофазного короткого замыкания относительно уставки защиты для сети, проложенной в помещении	
	нсвз, взво- опасном	взрыво- опасном
Плавкий предохранитель	3	4
Автомат с обратной зависимой от тока характеристикой	3	6
Автомат с электромагнитным расцепителем, если известен коэффициент разброса уставки K_p (по данным завода)	$1,1K_p$	$1,1K_p$
То же при отсутствии заводских данных по K_p при $I_{ном}$ уставки: до 100 А более 100 А	1,4 1,25	1,4 1,25

Прибор используют при температуре окружающего воздуха от -30 до $+40^\circ$ и относительной влажности до 90% (при 30°).

Измерение сопротивления заземляющих устройств

Сопротивление растеканию заземлителя или контура заземления для электроустановок R_a нормируется ПУЭ. Оно не должно превышать следующих величин, Ом:

для электроустановок напряжением до 1000 В — 10;
то же, но при суммарной мощности генераторов или трансформаторов 100 кВ·А или более — 4;

для электроустановок напряжением выше 1000 В с токами замыкания на землю I_3 не более 500 А — $\frac{250}{I_3}$;

то же, но когда заземляющее устройство используется одновременно для установок напряжением до 1000 В — $\frac{125}{I_3}$;

для электроустановок напряжением выше 1000 В с токами замыкания на землю I_3 более 500 А — 0,5;

для заземления опор линий электропередач напряжением выше 1000 В при удельном сопротивлении грунта:

- до $1 \cdot 10^4$ Ом·см — 10;
- от $1 \cdot 10^4$ до $5 \cdot 10^4$ Ом·см — 15;
- от $5 \cdot 10^4$ до $10 \cdot 10^4$ Ом·см — 20;
- более $10 \cdot 10^4$ Ом·см — 30.

Прежде чем приступить к измерению сопротивления растеканию заземлителя, необходимо ознакомиться с проектом на выполнение заземлителя и актом на скрытые работы по заземлению. Акт на скрытые работы представляет либо заказчик, либо представители той организации, которая выполняла задания проекта. Если в акте указано, что заземление выполнено по проекту, а все отклонения согласованы с авторами проекта, то приступают к осмотру открытых элементов заземляющего устройства. При осмотре проверяют, чтобы проводники и заземлители были выполнены сечениями, не меньшими, чем указаны в таблице 29 и в проекте. Надежность сварки проверяют простукиванием молотком; сварка проводников должна быть выполнена внахлестку.

Таблица 29

Наименьшие размеры стальных заземлителей и заземляющих проводников (ПУЭ § 1—7—51)

Конструктивное выполнение заземлителей и проводников	В зданиях	В наружных установках	В земле
Круглые сплошные с диаметром, мм	5	6	6
Прямоугольные:			
сечением, мм ²	24	48	48
толщиной, мм	3	4	4
Угловая сталь с толщиной полок, мм	2	2,5	4
Стальные газопроводные трубы с толщиной стенок, мм	2,5	2,5	3,5
Стальные тонкостенные трубы, с толщиной стенок, мм	1,5	Не допускаются	

Элементы заземляющих устройств не окрашивают (ржавчина допустима). Подземная часть заземляющего устройства должна иметь связь с наземной не менее чем в двух местах. Выборочно осматривают участки заземляющего устройства, находящиеся в земле, после вскры-

тия заземлителей в нескольких местах. Осматривают места подключения естественных заземлителей.

Для измерения сопротивления заземлителей создают искусственную цепь тока через испытуемый заземлитель. Для этого на некотором расстоянии от испытуемого заземлителя располагают вспомогательный заземлитель, подключаемый вместе с испытуемым заземлителем к источнику питания. Для измерения падения напряжения в сопротивлении испытуемого заземлителя при прохождении через него тока в зоне нулевого потенциала располагается зонд.

Таблица 30

Рекомендуемое взаимное расположение и минимальные расстояния между испытуемым и вспомогательными заземлителями

Заземлитель		Расположение вспомогательных заземлителей	Минимальное расстояние, м
Сложный (контурный)	Двухлучевая схема		$80 \leq (R_{XB} = R_{XZ} = 2R_{BZ}) \geq 2d$
	Однолучевая схема		$160 \leq (2R_{XZ} = R_{XB}) \geq 3d$
Лучевой			$(R_{XB} = R_{XZ} = 2R_{BZ}) \geq \frac{1}{2}$
Сосредоточенный			$R_{XB} = R_{XZ} = R_{BZ} \geq 20$

Примечание. В — вспомогательный заземлитель; З — зонд; X — испытуемый заземлитель; d — большая диагональ; l — линия точных измерений.

Точность измерения сопротивления заземлителей зависит от взаимного расположения испытуемого и вспомогательных заземлителей и от расстояния между ними. Рекомендуемое взаимное расположение испытуемо-

го и вспомогательных заземлителей и минимальные расстояния между ними приведены в таблице 30.

В качестве вспомогательного заземлителя и зонда применяют стальные неокрашенные электроды диаметром 10—20 мм, длиной 0,8—1 м. Электроды забивают в плотный естественный (ненасыпной) грунт на глубину не менее 0,5 м. Грунты с большим сопротивлением места, в которое нужно забить вспомогательные заземлители, уплотняют либо увлажняют водой, раствором соли или кислоты. В качестве вспомогательных заземлителей используют отрезки металлических труб, рельсов и другие металлические предметы, находящиеся в земле и не связанные с испытуемым заземлителем.

Существует много методов измерения сопротивления заземлителей, однако в практике наладочных работ наибольшее распространение получил метод измерений с помощью специального прибора — измерителя сопротивления заземления типа М416.

Максимально допустимые сопротивления заземляющих устройств приведены в таблице 31.

Измерители сопротивления заземления М416 предназначены для измерения сопротивления заземляющих устройств, активных сопротивлений, а также используются для определения удельного сопротивления грунта.

Прибор рассчитан для работы при температуре окружающего воздуха от -25 до $+60^{\circ}$ и относительной влажности до 95% при температуре $+35^{\circ}$.

Принцип действия прибора основан на компенсационном методе измерения с применением вспомогательного заземлителя и потенциального электрода (зонда).

Прибор имеет четыре диапазона измерения:
0,1—10, 0,5—50, 2—200, 10—1000 Ом.

Для подключения измеряемого сопротивления, вспомогательного заземления и зонда на приборе имеется четыре зажима, обозначенных цифрами 1, 2, 3, 4.

Для грубых измерений сопротивления заземления и измерений больших сопротивлений зажимы 1 и 2 соединяют перемычкой и прибор подключают к измеряемому объекту по трехзажимной схеме (рис. 25).

При точных измерениях снимают перемычку с зажимов 1 и 2 и прибор подключают по четырехзажимной схеме (рис. 26). Это позволяет исключить погрешность, вносимую сопротивлением соединительных проводов и контактов.

**Максимально допустимые сопротивления
заземляющих устройств**

Номинальное напряжение сети или установки, В	Характеристика установки или заземленного объекта	Измеряемая величина	Максимально допустимое сопротивление заземляющего устройства при наименьшей проводимости почвы, Ом	Примечание
1	2	3	4	5
Электроустановки: выше 1000	<p>Установка с большими токами замыкания на землю (свыше 500 А)</p> <p>Установка с малыми токами замыкания на землю (500 А и ниже).</p>	<p>Сопротивление заземляющего устройства каждого объекта</p> <p>Сопротивление заземляющего устройства каждого объекта</p>	<p>0,5 (с учетом естественного заземления)</p> <p>$\frac{125^*}{I}$</p> <p>$\frac{250^{**}}{I}$</p>	<p>Сопротивление искусственно заземляющего устройства должно быть не более 10 Ом</p> <p>В сетях без компенсации емкостных токов сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 10 Ом</p>
до 1000	<p>Все электрооборудование, за исключением генераторов и трансформаторов, мощностью 100 кВ·А и менее</p> <p>Генераторы и трансформаторы мощностью 100 кВ·А и менее, нейтрали которых присоединены к заземляющему устройству</p>	<p>Сопротивление заземляющего устройства</p> <p>То же</p>	<p>4</p> <p>10</p>	

* Для заземляющего устройства, одновременно используемого для электроустановок напряжением до 1000 В, I — расчетный ток замыкания на землю, А.

** Для заземляющего устройства, используемого только для электроустановок напряжением выше 1000 В.

1	2	3	4	5
	Установка с глухим заземлением нейтрали	Сопротивление заземляющего устройства каждого из повторных заземлений нулевого провода	10	

Перед работой переключатель устанавливают в положение «Контроль 5 Ом», нажимают кнопку и вращением ручки «Реохорд» добиваются положения стрелки индикатора на нулевой отметке. На шкале расхода при этом должно быть показание $5 \pm 0,35$ Ом при нормальных климатических условиях и номинальном напряжении источника питания.

Прибор рассчитан для работы при напряжении источника питания от 3,8 до 4,8 В.

При измерении прибор располагают в непосредственной близости от измеряемого заземления, так как при этом на результате измерения меньше сказывается сопротивление проводов, соединяющих R_x с зажимами 1,2.

Стержни, образующие вспомогательный заземлитель и потенциальный электрод (зонд), устанавливают на расстояниях, указанных в таблице 30. Глубина погружения в грунт должна быть не менее 500 мм.

Во избежание увеличения переходного сопротивления заземлителя и зонда стержни забивают в грунт прямыми ударами, стараясь не раскачивать их.

При грунтах с высоким удельным сопротивлением измерения будут приблизительными.

Для повышения точности измерения уменьшают сопротивление вспомогательных заземлителей путем увлажнения почвы вокруг них или увеличивают их количество.

Дополнительные стержни забивают на расстоянии не менее 2—3 м друг от друга. Все стержни, образующие контур зонда или вспомогательного заземлителя, соединяют между собой электрически.

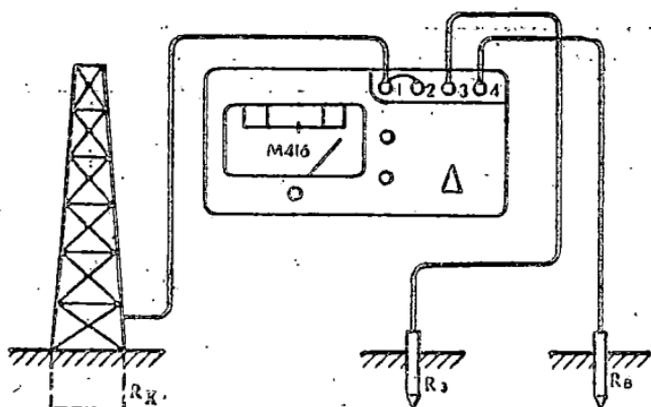


Рис. 25. Подключение прибора по трехзажимной схеме:

R_x — измеряемое сопротивление; $R_в$ — сопротивление вспомогательного заземления; $R_з$ — сопротивление зонда

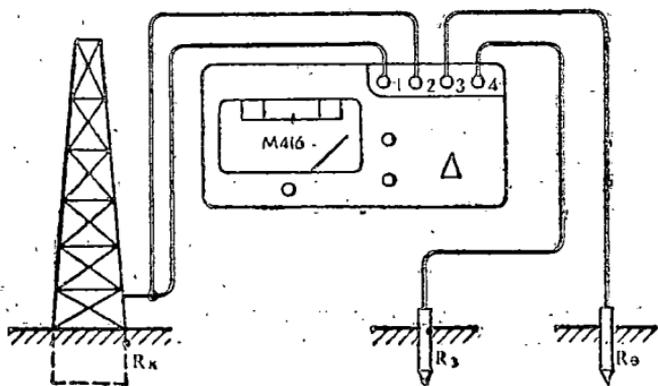


Рис. 26. Подключение прибора по четырехзажимной схеме

Измерение проводят по схемам, указанным на рисунках 25 и 26, в зависимости от величины измеряемого сопротивления и точности измерения. В случае измерения по схеме, изображенной на рисунке 25, в результат измерения входит сопротивление провода, соединяющего зажим 1 с R_x , поэтому такое включение используют, когда не требуется точное измерение или при измерении сравнительно больших (больше 1 Ом) сопротивлений.

Для сложных заземлителей, выполненных в виде контура с протяженным периметром, расстояние между

контуром, вспомогательным заземлителем и зондом должно быть не менее указанного в таблице 30, где d — наибольшая диагональ контура измеряемого заземляющего устройства в метрах.

Независимо от выбранной схемы измерения проводят в следующей последовательности:

- а) переключатель В1 устанавливают в положение «х1»;
- б) нажимают кнопку и, вращая ручку «Реохорд», добиваются максимального приближения стрелки к нулю;
- в) результат измерения равен произведению показания шкалы «Реохорд» на множитель. Если измеряемое сопротивление окажется больше 10 Ом, переключатель устанавливают в положение «х5», «х20» или «х100» и повторяют операции б и в.

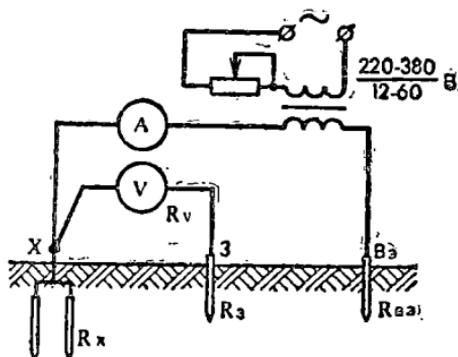


Рис. 27. Измерение сопротивления растеканию заземлителя методом амперметра-вольтметра

Для получения высокой точности и чувствительности измерений, при достаточной чувствительности приборов, что иногда требуется при исследовательских измерениях, применяют схему с амперметром и вольтметром (рис. 27).

Питание схемы непосредственно от сети недопустимо из-за влияния на результаты измерения проводимости изоляции сети. Для питания схемы могут быть использованы сварочные, нагрузочные и котельные трансформаторы. Амперметр и вольтметр к испытуемому заземлителю подключают отдельными проводами, так как в противном случае при случайном отсоединении от заземлителя соединенных вместе проводов вольтметр окажется под полным напряжением и может быть поврежден.

Сущность метода заключается в измерении тока I , проходящего через испытуемый заземлитель, и напряжения U между заземлителем и зондом. Сопротивление испытуемого заземлителя $R = \frac{U}{I}$.

Для достаточной точности измерения сопротивление вольтметра должно быть значительно больше сопротивления зонда, которое может достигать 1—2 кОм. Так, для того чтобы погрешность не превышала 2%, сопротивление вольтметра должно быть по крайней мере в 50 раз больше сопротивления зонда.

Перед измерениями при отключенной схеме убеждаются по вольтметру в отсутствии посторонних токов в земле. Если же есть значительные напряжения от посторонних токов, то необходимо их устранить (например, отключить электросварку) либо, когда устранение невозможно, изменить место расположения зонда.

Влияние посторонних токов можно снизить увеличением тока в испытательной цепи. Измерения проводят только тогда, когда нет постороннего напряжения либо величина его незначительна. При измерении малых сопротивлений достаточной является величина тока 20—25 А. Если при измерениях ток имеет величину, достаточную для отклонения стрелки вольтметра, но стрелка не отклоняется или отклоняется слабо, необходимо измерить сопротивление зонда. Для измерения сопротивления зонда провод токовой цепи отсоединяют от испытуемого заземлителя и присоединяют к зонду. Остальная часть схемы остается прежней, и сопротивление зонда определяется делением измеренного напряжения на величину тока.

Для измерения сопротивления вспомогательного заземлителя достаточно провод, идущий к вольтметру, отсоединить от испытуемого и присоединить к вспомогательному заземлителю. Сопротивление последнего определяется так же, как и для зонда.

Исходя из условий техники безопасности, желательно применять как можно меньшее напряжение. Если применение безопасного напряжения не представляется возможным, необходимо принять меры, исключая появление людей и животных в районе вспомогательного заземлителя.

Оценка результатов измерений. Результаты измерений сопротивления растеканию сравнивают с нормами, приведенными в таблице 31. Если измеренные сопротивления превышают нормы, то проверяют, подключены ли все естественные заземлители, измеряют удельное сопротивление грунта в разных местах в районе электроустановки. Результаты измерений удельного сопротив-

ления грунта сравнивают с данными проекта и получают от проектной организации новое решение по улучшению заземлителя.

Если результаты измерений удовлетворяют нормам, то дают заключение о допустимости использования заземлителя в данной электроустановке. В протоколе испытаний указывают дату испытаний, состояние грунта (сухой, влажный, мерзлый). Если испытаниям предшествовали дожди и грунт был увлажнен, то в процессе дальнейшей эксплуатации в наиболее неблагоприятное (для заземлителя) время года повторяют испытания.

Измерение удельного сопротивления грунта. При приемо-сдаточных испытаниях измерения удельного сопротивления грунта не производят. По просьбе проектных организаций или когда результаты измерений сопротивления растеканию оказываются хуже расчетных, удельное сопротивление грунта определяют в нескольких местах в районе испытываемого заземлителя. Измерения производят при помощи измерителя М-416 или методом амперметра-вольтметра.

Измерение удельного сопротивления грунта при помощи прибора М-416 производят аналогично измерению сопротивления заземления. При этом к зажимам 1 и 2 вместо R_x присоединяют дополнительный электрод в виде металлического стержня или трубы известных размеров.

Вспомогательный заземлитель и зонд располагают от дополнительного электрода на расстояниях, указанных в таблице 30.

В местах забивки стержня вспомогательного заземлителя и зонда растительный или насыпной слой удаляют.

Удельное сопротивление грунта на глубине забивки трубы подсчитывают по формуле:

$$\rho = 2,73R \frac{1}{\lg \frac{4l}{d}} \text{ Ом/см,}$$

где R — сопротивление, измеренное измерителем заземления, Ом;

l — глубина забивки трубы, см;

d — диаметр трубы, см.

Проверка наличия цепи между заземлителями и заземленными элементами

Проверяют целостность проводников, соединяющих аппаратуру с контуром заземления, надежность болтовых соединений, а также наличие непосредственной связи каждого аппарата с магистралью заземления или заземленными металлическими конструкциями. Последовательное подключение отдельных аппаратов недопустимо.

Величина сопротивления связи не нормируется, но практикой установлено, что хорошее подсоединение к заземлителю обеспечивает сопротивление связи 0,05—0,1 Ом. Поэтому помимо внешнего осмотра качества соединений производят также электрические измерения: данные этих измерений нужны для эксплуатационных измерений как исходные.

Измерения сопротивления связи производят различными способами, в том числе мостами постоянного тока, методом амперметра-вольтметра (рис. 28).

В случае измерения мостами постоянного тока, при малых значениях сопротивления между заземлителями и заземленными элементами, из полученного результата необходимо вычесть значение сопротивления соединяющих проводов.

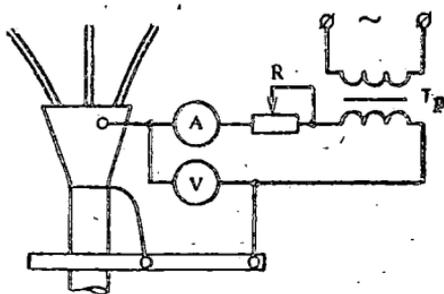


Рис. 28. Измерение сопротивления связи методом амперметра-вольтметра

VI. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ АВТОМАТОВ И ТЕПЛОВЫХ РЕЛЕ

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ СЕРИИ А-3100

В объем наладочных работ по выключателям серии А-3100 входят проверка тепловых и электромагнитных расцепителей и испытание изоляции выключателей.

Уставки расцепителей автоматов серии А-3100 не регулируются. После калибровки расцепителей на заводе-изготовителе их крышки опечатываются. На месте установки автоматов проверяют соответствие фактических уставок расцепителей их номинальным данным для оценки пригодности автоматов для эксплуатации.

Начальные токи срабатывания расцепителей или тепловых элементов комбинированных расцепителей при нагрузке одновременно всех полюсов автомата из холодного состояния при температуре окружающей среды $+25^{\circ}$, а также время остывания теплового элемента приведены в таблице 32.

Таблица 32

Время срабатывания и остывания тепловых элементов автоматов

Тип автомата	Время срабатывания (ч) при		Время (ч), в течение которого элемент не срабатывает при $\frac{I_{исп}}{I_{ном}} = 1,1$	Время остывания, мин
	$\frac{I_{исп}}{I_{ном}} = 1,35$	$\frac{I_{исп}}{I_{ном}} = 1,45$		
А-3110	—	1	2	2
А-3120	—	1	2	2,5
А-3130	—	1	3	3
А-3140	—	1	4	4
А-3160	2	—	2	1

При температуре окружающего воздуха $+40^{\circ}$ и относительной влажности 60—80% сопротивление изоляции выключателя в холодном состоянии должно быть

не менее 10 МОм; а в прогретом (номинальным током расцепителя) — не менее 5 МОм.

Характеристики тепловых элементов при одновременной нагрузке всех полюсов автоматов приведены в таблице 33.

Дистанционный расцепитель автомата должен четко срабатывать в пределах 75—105% номинального напряжения.

Токи срабатывания электромагнитного расцепления автоматов А-3100 превышают токи теплового расцепителя в 9—11 раз. Номинальные токи тепловых расцепителей, приведенные в таблице 33, действительны для температуры окружающей среды +25° и при подсоединении к автомату внешних проводов достаточного сечения (собственный нагрев автоматов от токов перегрузок должен быть не выше +40°).

На табличке автомата указывается номинальный ток расцепителя и ток тепловой уставки. Номинальная уставка на ток срабатывания тепловых элементов есть среднее значение между нормируемыми токами срабатывания и несрабатывания.

Промежуточные значения токов, в том числе и токи уставки тепловых элементов, образуют зону производственных допусков на неточность калибровки и неточность срабатывания тепловых элементов. В пределах этой зоны автомат может срабатывать и не срабатывать.

Если номинальный ток расцепителя автомата будет равен номинальному току двигателя, то, вероятно, при перегрузке двигателя на 45% автомат может не сработать в течение часа.

Кроме того, с течением времени из-за старения биметалла, деформации корпуса под действием температуры, влияния влажной и агрессивной среды автоматы не среагируют и на большие перегрузки.

Если автомат откалиброван так, что при нормированной температуре воздуха он срабатывает за определенное время, то при температуре, отличной от этой, он будет срабатывать за иное время или не работает вообще.

Относительное увеличение номинального тока расцепителя при изменении температуры от 0 до 40° определяют по формуле:

$$\frac{I_{расц.т}}{I_{н.расц}} \sqrt{\frac{\Theta + 25 - t_{окр}}{\Theta}}$$

Характеристика тепловых элементов при одновременной нагрузке всех полюсов автомата двукратным (тип А-3160 и А-3110) и трехкратным током (тип А-3120, А-3130 и А-3140)

Тип автомата	Номинальный ток расцепителя, А	Испытательный ток (А) при различной температуре окружающего воздуха, °С									Предельное время срабатывания при одновременной нагрузке всех полюсов испытательным током, с	Максимальное время нахождения автомата под испытательным током, с
		Испытательный ток (А) при различной температуре окружающего воздуха, °С										
		0	5	10	15	20	25	30	35	40		
А-3160	15	34	33	32	32	31	30	29	29	28	15-20	40
	20	45	44	43	42	41	40	39	38	37	18-23	45
	25	57	56	54	53	51	50	49	47	46	19-27	50
	30	67	66	64	63	62	60	59	57	55	25-35	70
	40	90	88	86	84	82	80	78	76	74	35-45	90
	50	114	112	109	106	103	100	97	94	91	58-78	150
	15	37	35	34	33	32	30	29	27	25	19-27	50
	20	48	46	44	43	42	40	38	37	35	27-37	70
	25	59	57	55	54	52	50	48	47	45	35-45	90
	30	74	71	62	66	63	60	57	54	50	55-65	130
40	96	91	89	86	83	80	77	74	70	50-80	160	
50	114	111	109	106	103	100	97	90	90	80-100	200	
60	137	133	131	127	124	120	116	113	109	70-90	180	
70	157	154	151	150	144	140	136	133	129	75-95	190	
85	190	187	187	182	174	170	165	162	156	110-140	240	
100	228	224	212	212	206	200	194	187	180	100-150	240	

A-3120

15	50	49	48	46	45	44	43	41	18-22	45
20	67	65	64	62	60	59	57	55	16-22	45
25	84	81	80	77	75	73	71	69	24-30	60
30	101	97	96	92	90	88	85	83	28-38	70
40	134	130	128	123	120	117	114	110	40-50	100
50	168	162	161	154	150	146	143	138	50-60	120
60	202	194	193	185	180	176	171	166	50-60	120
80	269	259	257	246	240	234	228	221	70-80	160
100	336	324	321	306	300	293	285	276	60-70	140

A-3130

120	403	389	385	369	360	351	342	331	65-75	150
140	470	454	449	431	420	410	399	386	65-75	150
170	571	551	546	523	510	497	485	469	68-78	150
200	672	648	642	615	600	585	570	552	78-88	170

A-3140

250	840	810	803	769	750	731	713	690	60-70	140
300	1008	972	963	923	900	878	855	828	65-75	150
350	1176	1134	1124	1076	1050	1024	998	966	65-75	150
400	1344	1296	1284	1230	1200	1170	1140	1104	50-60	120
500	1680	1620	1605	1538	1500	1463	1425	1380	50-60	120
600	2016	1944	1926	1845	1800	1755	1710	1656	65-75	150

где Θ — превышение температуры биметаллической пластинки расцепителя в момент его срабатывания при температуре окружающей среды $+25^\circ$. Значения приведены в таблице 34 и на рисунке 29; $t_{\text{окр}}$ — температура окружающего воздуха.

Из рисунка видно, что при температуре окружающего воздуха -15°C автоматы А-3100 могут загроубляться на 38%. Следовательно, при настройке защиты необхо-

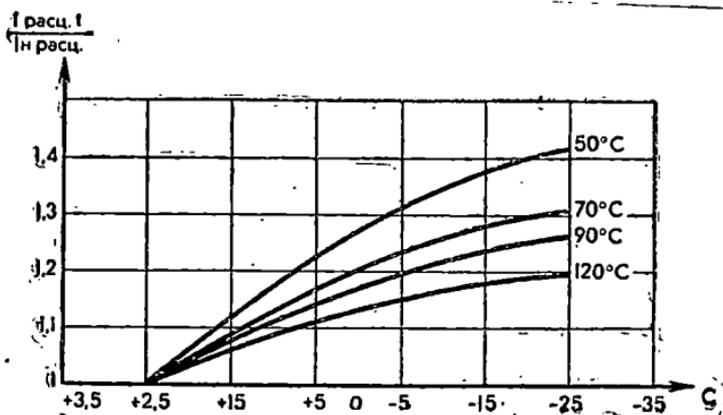


Рис. 29. График относительного увеличения тока расцепителя в зависимости от температуры биметаллической пластины при срабатывании автоматов А-3100

димо учитывать как температурные зависимости, так и характеристики аппаратов, особенно при настройке защиты на водокачках.

Настройка автоматов А-3100 сводится к проверке фактических номинальных токов каждого из трех элементов и установке винтов на биметаллических пластинах в соответствии с нужным током расцепителя.

Из таблицы 34 видно, что один и тот же расцепитель может быть отрегулирован на различные токи путем установки винтов на биметаллических пластинах.

Для этого пропускают при помощи стенда ток, равный ориентировочно двукратному, и засекают время срабатывания. По этому времени определяют кратность тока и ток уставки.

При токе $1,1 I_{\text{нуст}}$ автомат не должен срабатывать в течение 10 мин, в противном случае уставка выбрана неправильно.

Таблица 34

Значения Θ

Тип автомата	Номинальный ток расцепителя, А	Превышение температуры нагревателя расце- пителя при сраба- тывании, °С
А-3161	15	49
	20	59
	25	67
	30	71
	40	49
	50	62
А-3162	15	77
А-3163	20	82
	25	107
	30	89
	40	123
	50	155
А-3110	15	50
	20	65
	25	70
	30	50
	40	65
	50	85
	60	85
	70	95
	85	95
	100	80
А-3120	15	70
	20	85
	25	95
	30	110
	40	75
	50	90
	60	105
	80	85
	100	125
А-3130	120	75
	140	105
	170	77
	200	98
	250	85
	300	92
А-3140	350	95
	400	95
	500	113
	600	93

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ СЕРИИ АЕ-2000

Автоматические выключатели АЕ-2000 в стационарном исполнении с ручным приводом предназначены для защиты электрических цепей от перегрузок и токов короткого замыкания, пуска, остановки и защиты асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором с частотой оперативных включений до 30 в час. Аппараты рассчитаны для установки в электрических цепях переменного тока напряжением до 500 В, частотой 50—60 Гц и до 220 В постоянного тока.

В помещениях с агрессивной средой (животноводческие фермы) применяют автоматические выключатели АЕ-2000 (табл. 35), встроенные в герметизированные оболочки распределительного устройства типа РУС.

Таблица 35

Термическая и электродинамическая устойчивость выключателей серии АЕ-2000

Исполнение выключателя	Номинальный ток, А	Номинальный ток расцепителя, А	Предельная коммутационная способность, кА	Допустимый ток короткого замыкания, кА. ($\tau=0,01$ с)	
				110 В	220 В
АЕ-2030	25	0,6—1,6	5	1,5	1,5
		2,0—6,0		0,9	0,9
		8,0—12,5		1,5	1,5
		16—25		2,5	2,0
АЕ-2040	63	10—12,5	10	2,0	2,0
		16		3,0	3,0
		20—25		3,5	3,5
		32—63		5,0	4,0
АЕ-2050	100	16	16	3,0	3,0
		20—25		4,0	4,0
		32—40		6,0	6,0
		50—100		12,0	10,0

Примечание. τ — постоянная времени цепи постоянного тока.

Автоматические выключатели изготавливаются с тепловым, электромагнитным, комбинированным и независимым расцепителями, с расцепителями минимального напряжения, с контактами вспомогательной цепи, с регулированием тока несрабатывания в условиях эксплуатации, с температурной компенсацией. Аппараты нормально работают при температуре от -40 до $+40^\circ$.

Регулировка тока несрабатывания тепловых расцепителей находится в пределах 0,9—1,15 номинального,

Электромагнитные расцепители максимального тока имеют уставки тока в зоне короткого замыкания, 12-кратные номинальному току теплового расцепителя.

Время-токовая характеристика срабатывания показана на рисунке 30. В выключателях с расцепителями максимального тока могут быть встроены дополнительные расцепители (табл. 36).

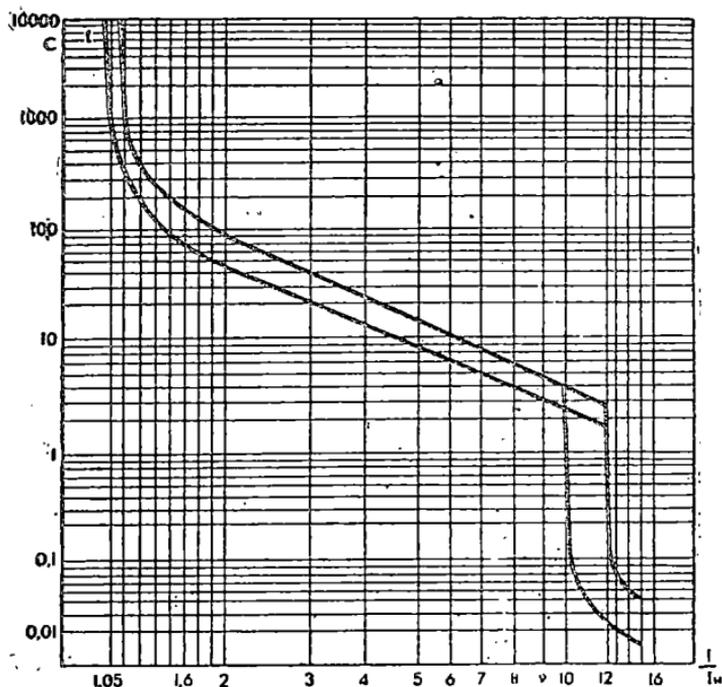


Рис. 30. Время-токовая характеристика срабатывания выключателей серии АЕ-2000 с комбинированными расцепителями при 20°

Расцепитель минимального напряжения отключает автомат при напряжении от 70 до 35% номинального, допускает включение при напряжении расцепителя не менее 85% и не допускает включения при 35% номинального напряжения расцепителя. Независимый расцепитель четко срабатывает при напряжении от 70 до 120% номинального.

Электромагнитные расцепители максимального тока проверяют аналогично выключателям серии А-3100, но испытательный ток устанавливают на 20% ниже тока

уставки — для проверки несрабатывания выключателя и на 20% выше тока уставки — для фиксации четкого срабатывания электромагнитного расцепителя.

Таблица 36

Напряжения катушек дополнительных расцепителей для выключателей серии АЕ-2000

Вид дополнительного расцепителя	Номинальное напряжение, В	
	постоянный ток	переменный ток
Независимый	24, 48, 110 220	24, 36, 110 127, 220, 380
Минимального напряжения	48, 110, 220	440

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ СЕРИИ А-3700

Предназначены для максимальной токовой защиты электрических установок от перегрузок и коротких замыканий в цепях постоянного тока напряжением до 440 В и переменного тока напряжением до 660 В, частотой 50 и 60 Гц (табл. 37, 38 и 39), а также для нечастых оперативных включений и отключений электрических цепей.

Выключатели могут осуществлять пуск асинхронных двигателей. По роду максимальной защиты они имеют токоограничивающее и селективное исполнения.

Расцепители токовой защиты могут быть выполнены:

для токоограничивающих выключателей — на полупроводниковых, биметаллических и электромагнитных элементах;

для селективных выключателей — на полупроводниковых элементах.

Кроме того, выключатель может иметь расцепитель минимального напряжения и независимый отключающий расцепитель для дистанционного отключения выключателя.

Токоограничивающее устройство обеспечивает быстрое размыкание контактов при прохождении через них токов короткого замыкания независимо от действия расцепителей максимального тока и механизма свободного расцепителя.

Таблица 37

Технические данные токоограничивающих выключателей
серии А-3700 с полупроводниковым
и электромагнитным расцепителями максимального тока

Исполнение выключателя	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Полупроводниковый расцепитель			Электромагнитный расцепитель, ток срабатывания		
			пределы регулирования тока			уставка тока срабатывания от перегрузки	уставка тока срабатывания, А	допустимое отклонение тока уставки, А
			номинального, А	в зоне короткого замыкания, К. в	И _н			
А-3713Б	440	160	20—40	2—6	—	960	±140	
А-3713Б	660		40—80	—	1,2—1,3	1600	±240	
А-3714Б	660		80—160	—	1,15—1,3			
А-3723Б	440	250	—	2—6	1,2—1,3	1500	±220	
А-3723Б	660		160—250	3—10	1,15—1,3	2500	±370	
А-3724Б	660		—	—	—			
А-3733Б	440	440	160—250	2—6	1,2—1,3	2400	±360	
А-3733Б	660		250—400	3—10	1,15—1,3	4000	±600	
А-3734Б	660		—	—	—			
А-3743Б	440	630	250—400	2—6	1,2—1,3	3800	±570	
А-3743Б	660		400—630	3—10	1,15—1,3	6300	±950	
А-3744Б	660		—	—	—			

Примечание. Дополнительные данные для выключателей типа А-3720: а) пределы регулирования тока полупроводникового расцепителя в зоне перегрузки: $\frac{I_{пер}}{I_n} = 1,25$; ток несрабатывания — $1,05 I_n$;

б) предел регулирования времени срабатывания в зоне перегрузки при $I_{пер} = 6 I_n$ составляет 4—16 с.

Селективные выключатели снабжаются компенсационным устройством, которое компенсирует электродинамические силы, отбрасывающие контакты. Это устройство надежно прижимает неподвижный контакт к подвижному при протекании тока короткого замыкания в течение заданного времени.

Полупроводниковые расцепители регулируют номинальный ток расцепителя, уставку тока в зоне короткого замыкания, время срабатывания в зоне короткого замыкания и перегрузки. Время-токовые характеристики

ки выключателей с полупроводниковыми расцепителями приведены на рисунке 31.

Время-токовая характеристика выключателя типа А-3710Б с тепловыми расцепителями приведена на рисунке 32.

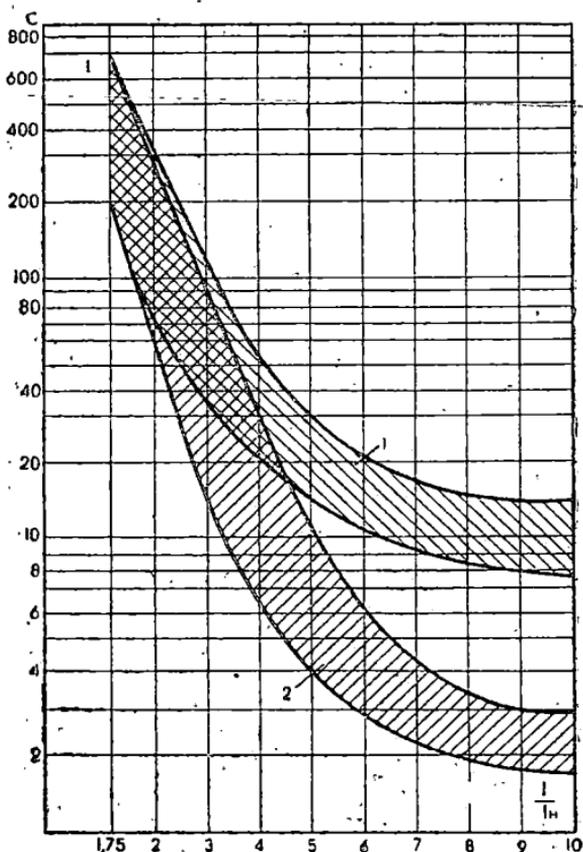


Рис. 31. Время-токовые характеристики выключателей переменного тока с полупроводниковым расцепителем:

1 — при уставке срабатывания по времени 16 с при $I=6 I_{н}$; 2 — при уставке срабатывания по времени 4 с при $I=6 I_{н}$

Расцепитель минимального напряжения срабатывает при напряжении ниже 0,3 номинального при переменном и ниже 0,2 номинального — при постоянном токе.

Полное время срабатывания выключателя с приводом не превышает 0,3 с.

Технические данные селективных выключателей серии А-3700 с полупроводниковым расцепителем

Исполнение выключателя	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Пределы регулирования номинального тока расцепителя, А	Пределы регулирования тока установки короткого замыкания, $\frac{I_{к.з}}{I_H}$	Ток уставки перегрузки, $\frac{I_{пер}}{I_H}$	Ток срабатывания при перегрузке, $\frac{I_{пер}}{I_H}$	Пределы регулирования времени срабатывания, с	
							при токе перегрузки 5 I_H постоянного и 6 I_H переменного тока	в зоне короткого замыкания
А-3733С	440		160—250	2—6	1,25	1,2—1,3		
А-3733С	660							0,1—0,25 (при постоянном токе);
А-3734С	660	400	250—400	3—10	Без защиты в зоне перегрузки	1,15—1,3	4—16	0,1—0,4 (при переменном токе)
А-3733С	440		160—250	2—6		1,2—1,3	Без защиты в зоне перегрузки	
А-3733С	660							
А-3734С	660		250—400	3—10		1,15—1,3		
А-3743С	440		250—400	2—6	1,25	1,2—1,3	4—16	
А-3743С	660							
А-3744С	660	630	400—630	3—10	Без защиты в зоне перегрузки	1,15—1,3	Без защиты в зоне перегрузки	
А-3743С	440		250—400	2—6		1,2—1,3		
А-3743С	660							
А-3744С	660		400—630	3—10	1,25	1,15—1,3	4—16	

Примечание. Ток несрабатывания при перегрузке для всех исполнений выключателей составляет $\frac{I_{пер}}{I_H} = 1,05$.

Для настройки полупроводниковых расцепителей в блок управления подают напряжение в пределах 0,8—1,15 номинального. Для проверки уставок выключателей собирают испытательную схему (рис. 33). К гнездам 1 и 2 на лицевой стороне блока управления через

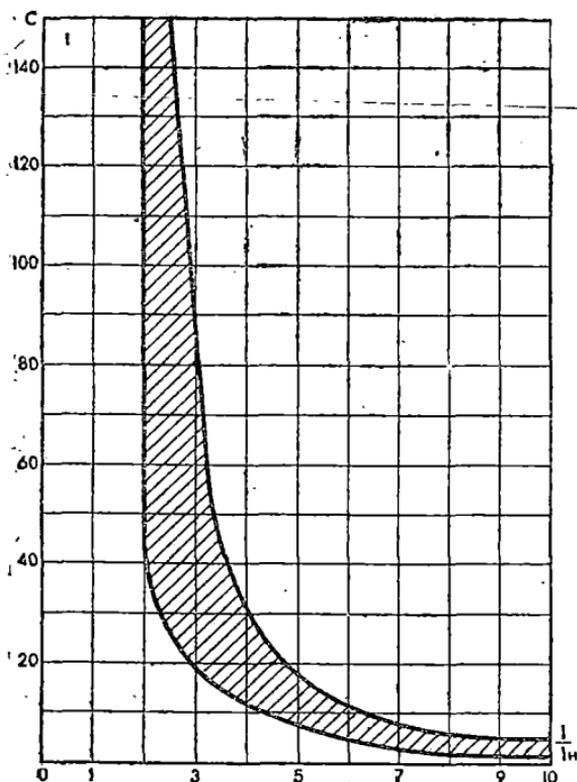


Рис. 32. Время-токовая характеристика выключателя типа А-3710Б с тепловыми расцепителями на токи 10, 20, 32, 40, 50, 63, 80, 125 и 160 А

резистор R (1 кОм) подводят напряжение от независимого источника постоянного тока 220 В. Уставки проверяют в двух фазах.

Уставку тока срабатывания в зоне перегрузки определяют по электронному осциллографу, присоединенному к гнездам 1 и 5 на лицевой стороне расцепителя. При подаче на выключатель тока, равного $1,25 I_n$, на экране осциллографа должна появиться последовательность разнополярных импульсов частотой 50—100 Гц (рис. 34, а).

Технические данные токоограничивающих выключателей
серии А-3700 с тепловыми и электромагнитными расцепителями

Исполнение выключателя	Номинальное напряжение, В		Номинальный ток, А		Ток уставки электромагнитных расцепителей, А	Допускаемое отклонение тока уставки электромагнитных расцепителей, А
	постоянного тока	переменного тока	выключателя и электромагнитного расцепителя	теплого расцепителя		
А-3715Б	440	—	160	16—160	600 960	± 90 ± 140
		660			630 1600*	± 95 ± 240
	380	160	16—160	630 1600*	± 125 ± 320	
А-3716Б	—	660	160	16—160	630 1600*	± 95 ± 240
		380	160	16—160	630 1600*	± 125 ± 320
А-3725Б	440	—	250	160, 200, 250	1500 2500	± 220 ± 370
		600				
		380	250	160, 200, 250	2500 2000	± 370 ± 400
А-3726Б	—	660 380	250 200	160, 200, 250 170	2500 2000	± 370 ± 400
А-3735Б	440	— 660	400	250, 320, 400	2400 4000	± 360 ± 600
А-3736Б	—	660	400	250, 320, 400	4000	± 600
А-3745Б	400	—	630	400, 500, 630	3800	± 570
	—	660			6300	± 950
А-3746Б	—	660	630	400, 500, 630	6300	± 950

* Для выключателей с тепловыми расцепителями на токи не ниже 32 А.

Примечания: 1. Номинальный ток уставки перегрузки $\frac{2I_{пер}}{I_n} = 1,25$ для всех типов выключателей.
2. Ток несрабатывания для всех типов выключателей $1,05 I_n$; ток срабатывания $1,25 I_n$.

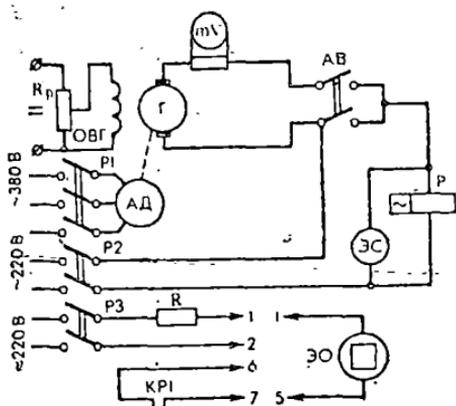


Рис. 33. Схема проверки выключателя типа А-3700 с полупроводниковыми распределителями:

АВ — испытуемый выключатель; Г — генератор постоянного тока; АД — асинхронный приводной электродвигатель; Р — обмотка промежуточного реле; КР1 — контакты реле Р; R — резистор ПЭВ-10 кОм; ЭС — электрический секундомер; ЭО — электронный осциллограф; P1, P2, P3 — рубильники

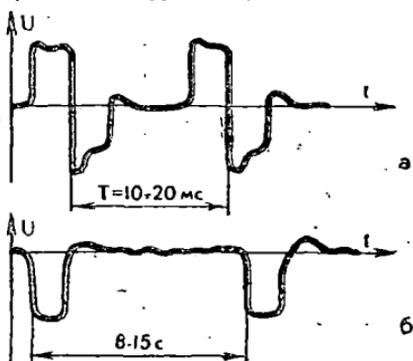


Рис. 34. Осциллограммы, характеризующие работоспособность полупроводникового распределителя выключателя А-3700:

а — ток уставки менее заданного;
б — ток срабатывания в зоне перегрузки равен заданному

ная перегрузка» $5 I_H$ в среднее положение, включают выключатель и подают на его контакты ток, равный $5 I_H$.

Вращая ручку «Ном. ток» против часовой стрелки, добиваются исчезновения импульсов на экране осциллографа (через 10—12 с на экране осциллографа могут появиться одиночные отрицательные импульсы (рис. 34, б)). Это положение ручки «Ном. ток» будет соответствовать уставке тока в зоне перегрузки. В случае отсутствия осциллографа проверку производят следующим образом. Вращением ручки «Ном. ток» в сторону уменьшения или увеличения номинального тока добиваются такого ее положения, чтобы при токе $1,2 I_H$ выключатель не срабатывал за время не менее 800 с, а при токе $1,3 I_H$ срабатывал за время не более 800 с.

Характеристику выдержки времени в зоне перегрузки снимают следующим образом. Подключают к гнездам 6 и 7 на лицевой стороне блока управления замыкающие контакты КР1 реле Р (см. рис. 33), устанавливают ручку «Секунд-

Время, измеряемое от момента подачи тока до момента срабатывания выключателя, должно быть в пределах время-токовой характеристики (рис. 35). Изме-

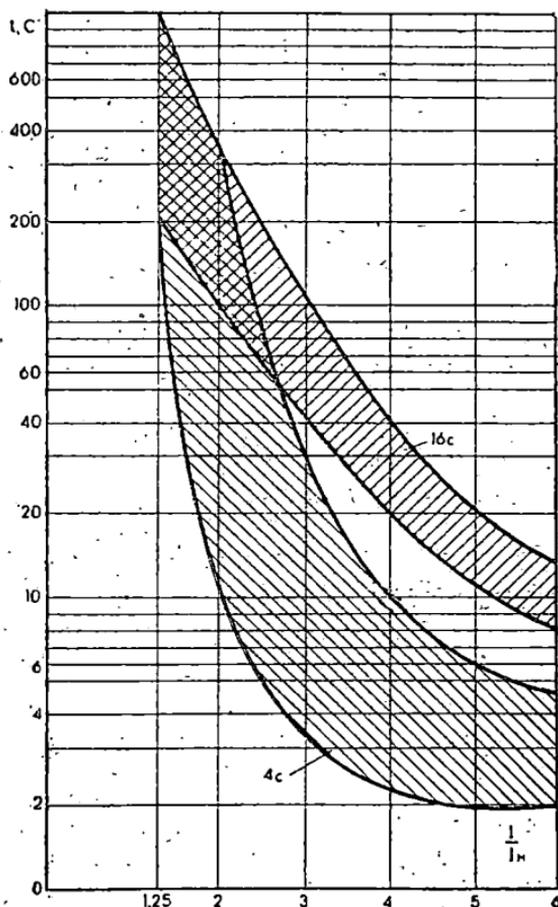


Рис. 35. Время-токовая характеристика срабатываний выключателей с полупроводниковыми расцепителями серии А-3700 в зоне перегрузки

няя кратности тока по отношению к номинальному, снимают полную характеристику времени срабатывания выключателя и устанавливают заданную уставку по времени в зоне перегрузки.

Проверяют уставку тока срабатывания в зоне короткого замыкания следующим образом. Устанавливают

ручку I_n «Короткое замыкание» на кратность срабатывания, близкую к заданной, и подают ток на главные контакты выключателя. Вращая ручку I_n «Короткое замыкание», добиваются отключения выключателя.

Эту операцию проводят довольно быстро, так как держать выключатель под током, равным $5-6 I_n$, разрешается не более 20 с с последующим перерывом в течение 20 мин. Разброс уставки тока в зоне короткого замыкания может находиться в пределах $0,9-1,1$ от заданного при проверке одновременно двух полюсов выключателя и $0,8-1,2$ — при проверке по одному или трем полюсам (для переменного тока).

Проверку уставки выдержки времени срабатывания в зоне короткого замыкания определяют методом последовательного приближения при подаче тока, превышающего уставку тока в зоне короткого замыкания на $20-25\%$.

Разброс времени срабатывания должен быть не более $\pm 10\%$ заданного времени срабатывания выключателя при коротком замыкании.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ СЕРИИ АК-50, АК-50Т

Автоматические выключатели (автоматы) типа АК-50 и АК-50Т предназначены для защиты электрических установок, в том числе и асинхронных электродвигателей, от перегрузок и коротких замыканий, а также для нечастых (до 10 в час) включений и отключений электрических цепей или пусков и остановок электродвигателей.

Автоматы АК-50 рассчитаны для работы в следующих условиях:

температура окружающей среды от -40 (без выпадения росы и инея) до $+40^\circ$;

относительная влажность окружающего воздуха не более 95% при температуре $+20^\circ$;

высота над уровнем моря до 1000 м.

Автоматы исполнения АК-50Т рассчитаны для работы в условиях тропического климата при температуре окружающей среды от -10 до $+40^\circ$ и относительной влажности окружающего воздуха 95% при температуре $+35^\circ$.

Автоматы не рассчитаны для работы в следующих условиях: во взрывоопасной среде; в среде, содержащей активные газы и пары, разрушающие металл и изоляцию; в среде, насыщенной токопроводящей пылью, и в местах, не защищенных от брызг воды, солнечных лучей и лучистой энергии отопительных приборов.

Автоматы изготавливаются:

трех- и двухполюсные на номинальное напряжение переменного тока до 400 В при частоте 50 Гц и двухполюсные постоянного тока до 20 В;

с электромагнитными расцепителями максимального тока с замедлением срабатывания (исполнение МГ) и без замедления срабатывания (исполнение М) с токами отсечки $5 I_n$, $7 I_n$ и $10 I_n$ для переменного тока и $5 I_n$ — для постоянного тока;

на номинальные токи расцепителей: 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50 А;

без расцепителей — неавтоматические выключатели на номинальный ток 50 А.

Устройство и принцип действия. Автомат состоит из следующих основных узлов: механизма управления, контактной системы, дугогасительного устройства, расцепителей максимального тока. Узлы автомата смонтированы в пластмассовом корпусе. Со стороны механизма корпус закрывается крышкой, со стороны расцепителей — дном.

Механизм управления, построенный на принципе свободного расцепления, обеспечивает мгновенное замыкание и размыкание контактов со скоростью, не зависящей от скорости движения рукоятки управления.

Отключается автомат при токах перегрузки и токах короткого замыкания автоматически и независимо от того, удерживается или не удерживается рукоятка во включенном положении.

При автоматическом отключении автомата рукоятка управления занимает среднее положение.

Включается автомат после автоматического отключения за два движения рукоятки: первое — в сторону отключения для взвода, второе — в сторону включения на замыкание контактов.

Конструкции коммутирующего устройства и дугогасительных камер обеспечивают двойной разрыв электрической цепи в каждом полюсе.

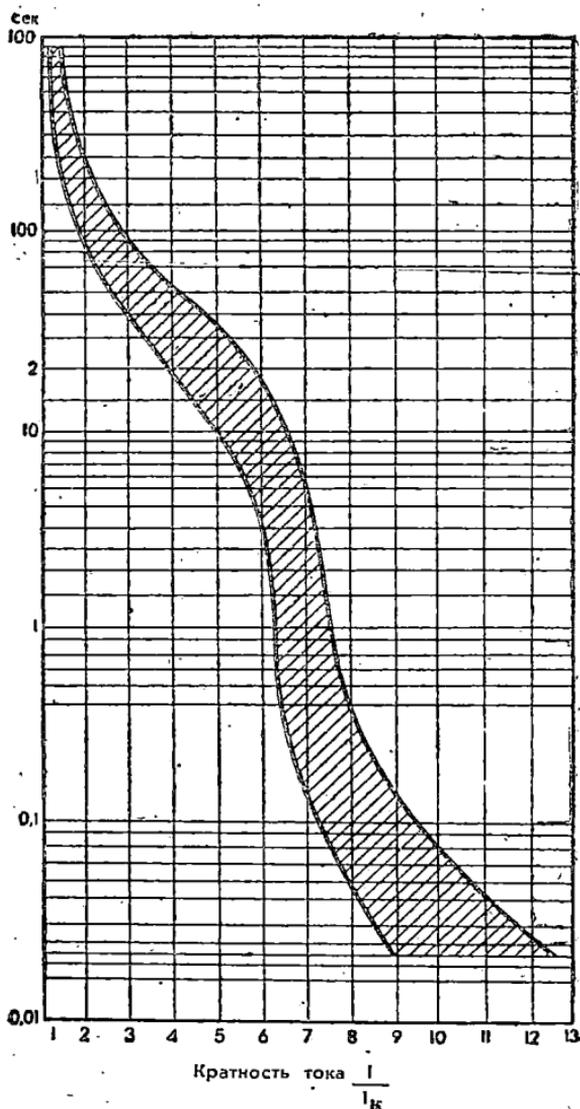


Рис. 36. Типовая время-токовая характеристика автомата АК-50-ЗМГ с уставкой тока отсечки $10 I_n$

Расцепитель с гидравлическим замедлением представляет собой электромагнитную систему с двумя подвижными частями — якорем и плунжером, обеспечивает обратно зависимую от тока выдержку времени срабатывания в зоне перегрузок и мгновенное срабатывание (отсечку) — в зоне токов короткого замыкания.

Расцепители автомата исполнения МГ при прохождении тока одновременно во всех полюсах допускают, не отключаясь, работу автоматов при токе $1,1 I_H$ в течение 1 ч и отключают автомат при токе $1,35 I_H$ за время не более 30 мин, при токе $6 I_H$ (для исполнения автоматов с отсечкой $10 I_H$) — за время от 3 до 20 с, а при токах отсечки — мгновенно.

Расцепители автомата исполнения М при прохождении тока одновременно во всех полюсах отключают автомат за время не менее 3 с при токах:

$6 I_H$ — для автоматов с отсечкой $10 I_H$;

$4 I_H$ — для автоматов с отсечкой $7 I_H$;

$3 I_H$ — для автоматов с отсечкой $5 I_H$,

а при токах отсечки — мгновенно.

Автомат исполнения МГ допускает повторное включение через 2 мин после отключения его расцепителя, автомат исполнения М — практически мгновенно.

Типовые время-токовые характеристики автоматов исполнения МГ при температуре окружающего воздуха $+22 \pm 3^\circ$ приведены на рисунках 36, 37 и 38.

За величину тока мгновенного срабатывания автомата (отсечка) принимается величина тока, при которой автомат срабатывает за время $0,02$ — $0,04$ с при прохождении тока одновременно во всех полюсах.

Допускаемое отклонение тока мгновенного срабатывания (отсечка) расцепителей М и МГ от -10 до $+25\%$.

Предельная коммутационная способность автоматов: на переменном токе при $\cos \varphi \geq 0,4$ — 9000 А; на постоянном токе при постоянной времени цепи $0,01$ с — 4500 А (двумя полюсами).

Механическая износоустойчивость автоматов — 25000 включений и отключений.

Монтаж и эксплуатация. Основание, к которому крепят автомат, должно быть выровнено так, чтобы при затяжке крепящих винтов корпус автомата не подвергался напряжениям изгиба.

Автомат устанавливают в вертикальном положении надписью ВКЛ вверх и крепят к конструкции двумя винтами.

Винты, крепящие автомат, затягивают до отказа. При этом пользуются отверткой соответствующего размера, чтобы не произвести сколов в пластмассовых деталях и срыва шлицев у винтов. Винты крепления ав-

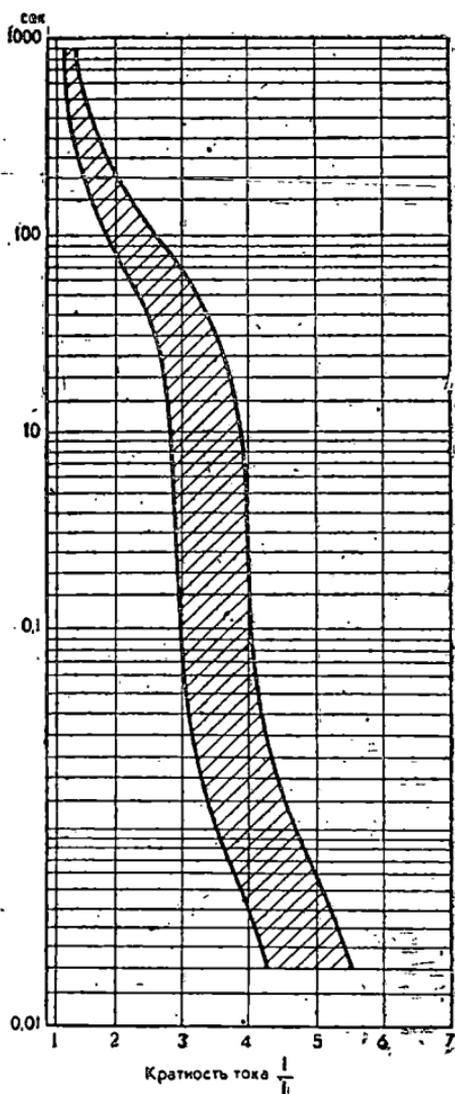


Рис. 37. Типовая время-токовая характеристика автомата АК-50-3МГ с уставкой тока отсечки $7 I_n$

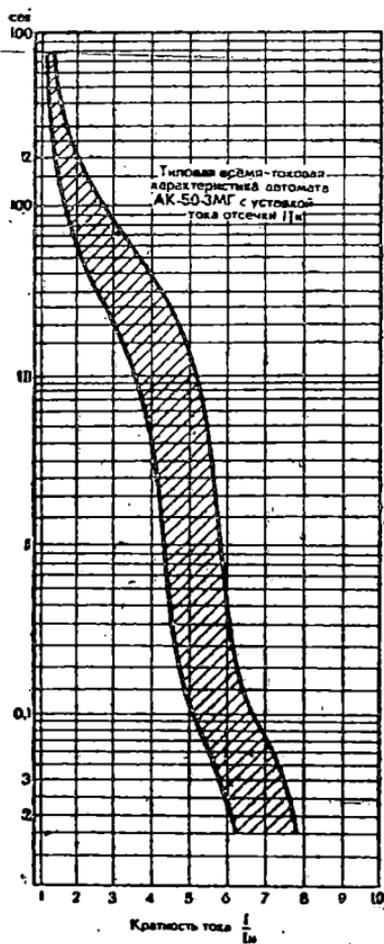


Рис. 38. Типовая время-токовая характеристика автомата АК-50-3МГ с уставкой тока отсечки $5 I_n$

томата, монтажные скобы, гайки и шайбы к ним входят в комплект поставки автомата.

Зажимы главных контактов автомата допускают присоединение к ним внешних медных, а также алюминиевых проводов и кабеля сечением от 6 до 16 мм² включительно с помощью кабельных наконечников. При этом необходимо проявлять осторожность, не допуская, чтобы внешними проводниками создавались усилия, стремящиеся отогнуть выводные зажимы.

Провода со стороны источника тока изолируют на длине 200 мм от автомата.

Все присоединяемые наконечники плотно прижимают к клеммным выводам. Места соединений зачищают и удаляют заусенцы.

В распределительных устройствах допускают установку металлических облицовочных щитков вплотную к крышке автомата.

Расстояние между боковыми стенками автоматов допускается не менее 3 мм, а между стенками с корпусом автомата и другими частями распределительного устройства — не менее 10 мм.

Автомат рассчитан для работы без ремонта и смены каких-либо частей. Износившийся автомат заменяют новым. При нормальных условиях эксплуатации производят осмотр автомата один раз в год. Кроме этого, автомат подвергают осмотру после каждого отключения тока короткого замыкания.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ СЕРИИ АП-50, АП-50Т

Автоматические выключатели (автоматы) типа АП-50 и АП-50Т предназначены для защиты электрических установок, в том числе и асинхронных электродвигателей, от перегрузок и коротких замыканий, а также для нечастых (до 6 в час) включений и отключений электрических цепей или пусков и остановок электродвигателей.

Автоматы АП-50 рассчитаны для работы в следующих условиях:

температура окружающей среды от -40 (без выпадения росы и инея) до $+40^{\circ}$;

относительная влажность окружающего воздуха не более 90% при температуре 20° и не более 50% — при температуре $+40^{\circ}$;

высота над уровнем моря до 1000 м;
вибрация мест крепления автомата частотой до 25 Гц при ускорении не более 0,7 g.

Автоматы исполнения АП-50Т рассчитаны для работы в условиях тропического климата при температуре окружающей среды от -10 до $+45^{\circ}$ и относительной влажности окружающего воздуха 95% при температуре $+35^{\circ}$.

Автоматы не рассчитаны для работы в следующих условиях: во взрывоопасной среде; в среде, содержащей активные газы и пары, разрушающие металл и изоляцию; в среде, насыщенной токопроводящей пылью, и в местах, не защищенных от брызг воды, солнечных лучей и лучистой энергии отопительных приборов.

Автоматы изготавливаются:

двухполюсные на номинальное напряжение переменного тока до 500 В, при частоте 50 и 60 Гц и постоянного тока до 220 В и трехполюсные — на номинальное напряжение переменного тока до 500 В;

на номинальные токи фазных расцепителей максимального тока: 1,6; 2,5; 4; 6,4; 10; 16; 25; 40; 50 А;

по наличию фазных расцепителей максимального тока: с тепловыми и электромагнитными расцепителями, только с тепловыми расцепителями, только с электромагнитными расцепителями, без расцепителей — неавтоматические выключатели на номинальный ток 50 А;

с токами отсечки электромагнитных расцепителей: 3,5 $I_{н}$, 8 $I_{н}$, 11 $I_{н}$;

по наличию расцепителя максимального тока в нулевом проводе: без расцепителя — в нулевом проводе, с расцепителем — в нулевом проводе.

Автоматы с расцепителем максимального тока в нулевом проводе изготавливаются, начиная с номинального тока фазных расцепителей 16 А. Ток продолжительного режима расцепителя в нулевом проводе не должен превышать 60% от номинального тока фазы;

по наличию расцепителей минимального напряжения 127, 220 и 380 В переменного тока при частоте 50 Гц с возможностью включения катушки расцепителя для питания от постороннего источника: без расцепителя минимального напряжения; с расцепителем минимального напряжения;

по наличию и роду блок-контактов: без блок-контактов, с одним переключающим, с двумя переключающими;

открытого исполнения в пластмассовом корпусе и пыленепроницаемого исполнения в дополнительной металлической оболочке.

В зависимости от наличия расцепителей автоматам присвоены обозначения, указанные в таблице 40.

Таблица 40

Обозначение автоматов

Тип автомата	Число полюсов	Обозначение исполнения по наличию расцепителей	Номинальное напряжение, В		
			защищаемой цепи		катушки минимального напряжения
			постоянный ток	переменный ток	
АП-50	2	2MT	220	550	—
	3	3MT	—		—
	2	2T	220		—
	3	3T	—		—
	2	2M	220		—
	3	3M	—		—
	3	2M3TN 2MN 3TN	—		127, 220 и 380
	3	2M3TO 2MO 3TO	— — —		— — —
	2	Без расцепителей	220		—
	3		—		—

Условные обозначения:

MT — электромагнитный и тепловой расцепитель;

T — тепловой расцепитель;

M — электромагнитный расцепитель;

N — расцепитель минимального напряжения;

O — расцепитель максимального тока в нулевом проводе.

Примеры условного обозначения автомата с дополнительным расцепителем: 2M3TN — 2 электромагнитных, 3 тепловых и 1 расцепитель минимального напряжения;

2MN — 2 электромагнитных и 1 расцепитель минимального напряжения;

3TN — 3 тепловых и 1 расцепитель минимального напряжения.

Устройство и принцип действия. Автомат состоит из следующих основных узлов: механизма управления, контактной системы, дугогасительного устройства, расцепителей максимального тока.

Узлы автомата размещены на пластмассовом цоколе. Сверху цоколь закрыт крышкой, снизу — дном.

Механизм управления, построенный на принципе свободного расцепления, обеспечивает мгновенное размыкание контактов. Отключение автомата при токах перегрузки и токах короткого замыкания происходит автоматически и не зависит от того, удерживается или не удерживается кнопка во включенном положении.

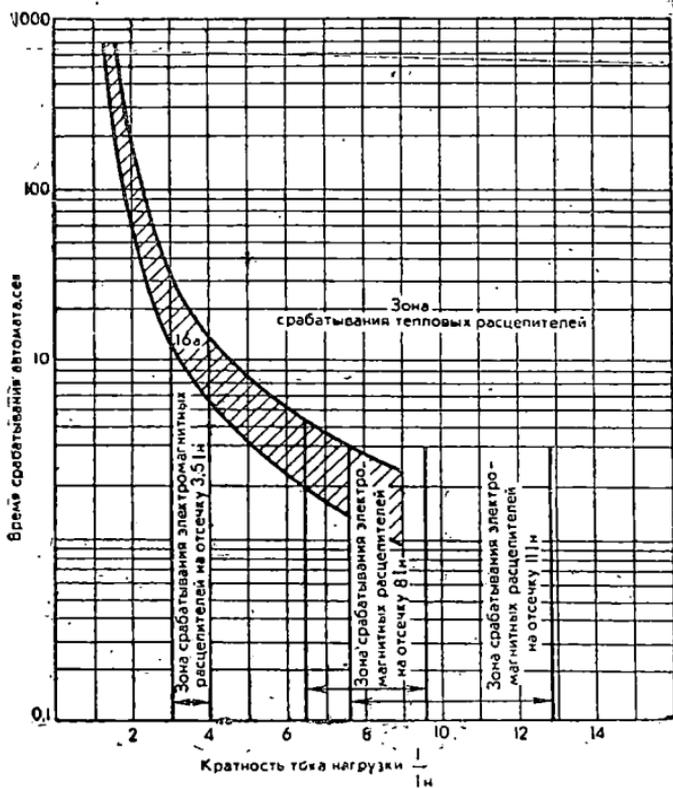


Рис. 39. Характеристики автоматического действия автомата АП-50 и АП-50Т на номинальный ток 1,6 А. Получены с холодного состояния при температуре наружного воздуха $+25^\circ$ на переменном токе частоты 50 Гц

Блок-контакты являются самостоятельным узлом, кинематически связанным с траверсой подвижных главных контактов.

Тепловой расцепитель обеспечивает обратно зависимую от тока выдержку времени срабатывания в зоне перегрузок, а электромагнитный расцепитель — мгновенное срабатывание (отсечку) в зоне токов короткого замыкания.

Тепловые расцепители автомата при температуре окружающего воздуха $+25^{\circ}$ с холодного состояния при прохождении переменного однофазного тока частоты 50 Гц одновременно во всех полюсах допускают, не отключаясь в течение 1 ч, работу автомата при токе $1,1 I_n$

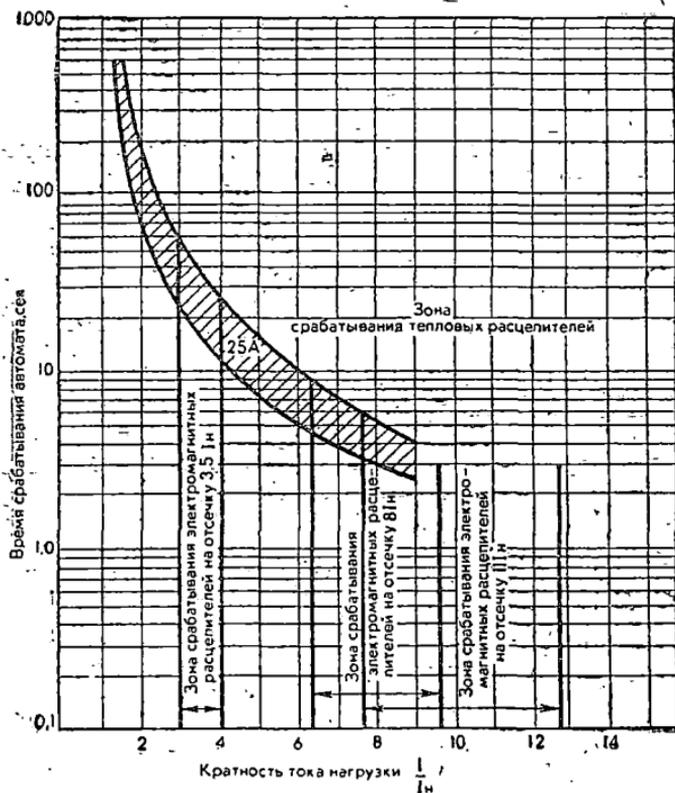


Рис. 40. Характеристики автоматического действия автомата АП-50 и АП-50Т на номинальный ток 2,5А. Получены с холодного состояния при температуре наружного воздуха $+25^{\circ}$ на переменном токе частоты 50 Гц.

и отключают автомат при токе $1,35 I_n$ в течение не более 30 мин, а при токе $6 I_n$ — за время от 1,5 до 10 с.

Автомат допускает повторное включение через 2 мин после отключения его тепловым расцепителем.

Электромагнитные расцепители при токе отсечки отключают автомат практически мгновенно.

Допускаемое отклонение нормальной уставки тока

мгновенного срабатывания (отсечка) электромагнитных расцепителей:

- для номинальной уставки $3,5 I_H$ — отклонение $\pm 15\%$;
- для номинальной уставки $8 I_H$ — отклонение $\pm 20\%$;
- для номинальной уставки $11 I_H$ — отклонение $\begin{matrix} +15\% \\ -30\% \end{matrix}$

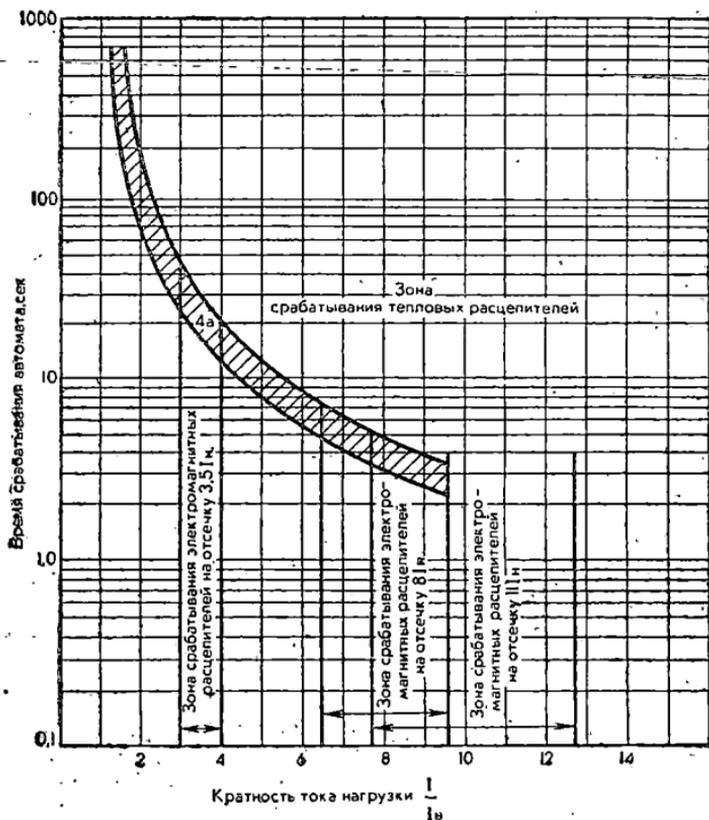


Рис. 41. Характеристики автоматического действия автомата АП-50 и АП-50Т на номинальный ток 4 А. Получены с холодного состояния при температуре наружного воздуха $+25^\circ$ на переменном токе частоты 50 Гц

Время-токовые характеристики автоматов приведены на рисунках 39—47.

Расцепитель максимального тока в нулевом проводе обеспечивает отключение автомата при токе, равном 100% от номинального тока фазных расцепителей. Допускаемое отклонение по току $+40$ и -20% .

Расцепители автомата калибруют заводы-изготовители при температуре окружающей среды $+35^{\circ}$. При настройке и эксплуатации автомата при температуре

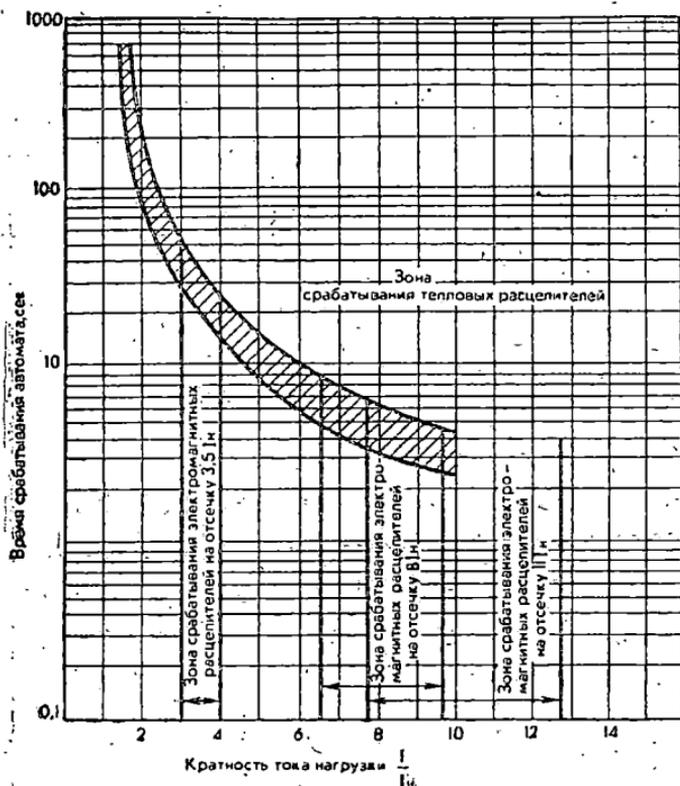


Рис. 42. Характеристики автоматического действия автомата АП-50 и АП-50Т на номинальный ток 6,4 А. Получены с холодного состояния при температуре наружного воздуха $+25^{\circ}$ на переменном токе частоты 50 Гц

ниже $+35^{\circ}$ необходимо учитывать поправочный коэффициент по формуле:

$$\alpha = 1 + 0,006(35 - t_{\text{окр}}),$$

где $t_{\text{окр}}$ — окружающая температура.

Например, при температуре окружающего воздуха -5°C $\alpha = 1,24$, т. е. во столько раз увеличивается ток расцепителя.

Расцепитель минимального напряжения не препятствует включению автомата при снижении напряжения до

80% от номинального и отключает автомат при снижении напряжения до 35% от номинального и менее.

При напряжении в пределах 35—80% от номинального возможность включения автомата и нахождение

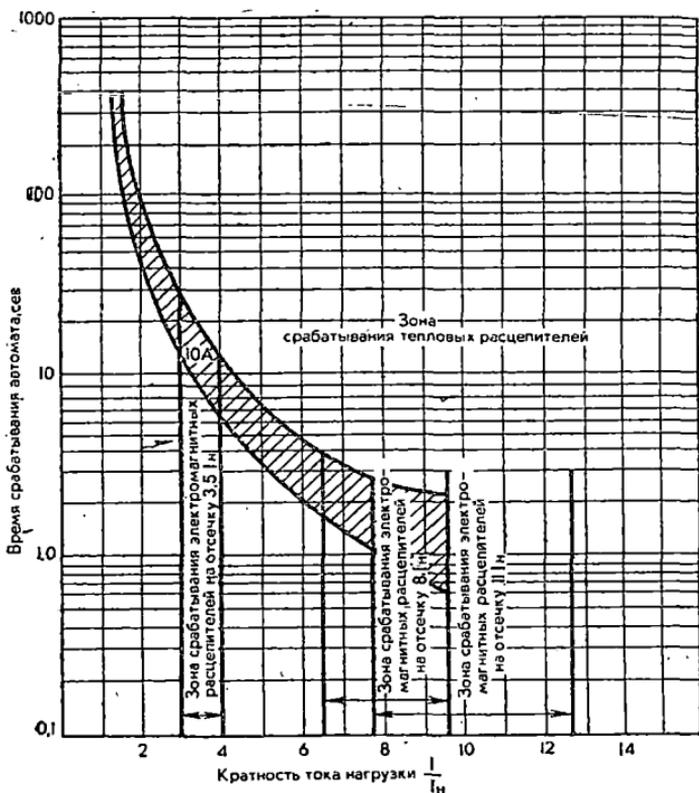


Рис. 43. Характеристики автоматического действия автомата АП-50 и АП-50Т на номинальный ток 10 А. Получены с холодного состояния при температуре наружного воздуха +25° на переменном токе частоты 50 Гц

его во включенном состоянии при наличии расцепителя минимального напряжения не определяются. Значения предельной коммутационной способности автомата указаны в таблице 41.

Блок-контакты автомата допускают продолжительную нагрузку током 1 А, предельный ток включения 10 А, предельный ток отключения: постоянного тока напряжением 220 В при постоянной времени 0,05 с —

0,15 А, переменного тока напряжением 440 В при $\cos \varphi \geq 0,5-0,25$ А.

Механическая износоустойчивость автоматов — 50 000 включений и отключений.

Таблица 41

Предельные коммутационные способности автоматов

Исполнение автомата	Номинальный ток расцепителя, А	Предельная коммутационная способность		
		Переменный ток частоты 50 Гц, коэффициент мощности 0,5		Постоянный ток с постоянной времени цепи до 0,01 с
		Напряжение, В		
		380	500	220
		Действующее значение периодической составляющей тока короткого замыкания, А		Ток короткого замыкания, А
С тепловыми и электромагнитными или только с электромагнитными расцепителями в каждом полюсе	1,6	300	300	1000
	2,5	400	400	1000
	4	600	600	1000
	6,4	800	800	1500
	10	2000	1500	1500
	16	2000	1500	1500
	25	2000	1500	1500
	40	2000	1500	1500
50	2000	1500	1500	
Только с тепловыми расцепителями в каждом полюсе	1,6	22,5	22,5	22,5
	2,5	35	35	35
	4	56	56	56
	6,4	90	90	90
	10	400	400	500
	16	600	600	700
	25	900	900	1000
	40	900	900	1000
50	900	900	1000	
Без расцепителей	—	Номинальный ток 50 А		

Монтаж и эксплуатация. Конструкцию, на которой крепят автомат, выравнивают так, чтобы при затяжке крепящих винтов пластмассовый корпус автомата не подвергался напряжениям изгиба.

Автомат устанавливают в вертикальном положении надписью «Вкл.» вверх и крепят к конструкции двумя

водные зажимы. Провода изолируют на длину 150 мм от автомата.

Все присоединяемые наконечники плотно прижимают к выводным зажимам. Места соединений зачищают и удаляют заусенцы.

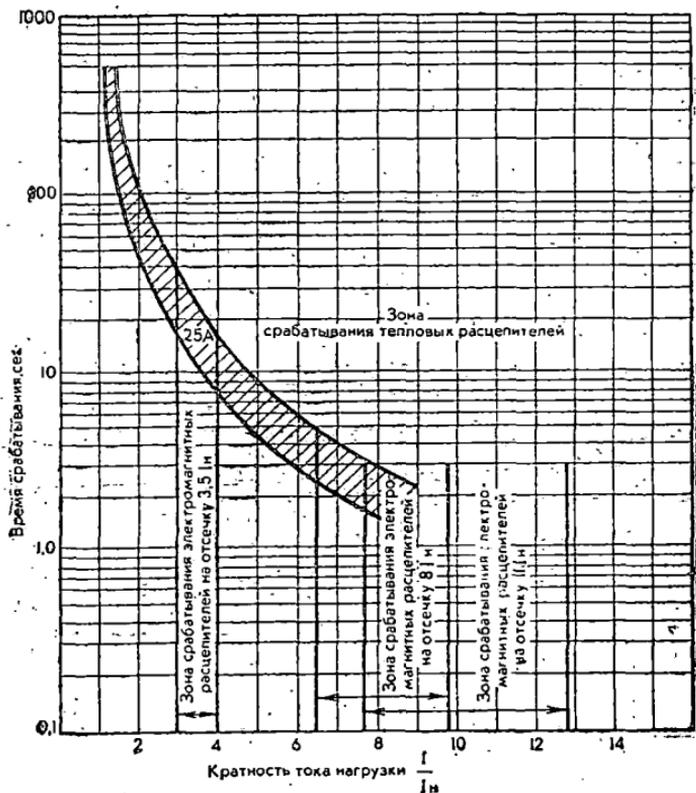


Рис. 45. Характеристики автоматического действия автомата АП-50 и АП-50Т на номинальный ток 25 А. Получены с холодного состояния при температуре наружного воздуха +25° на переменном токе частоты 50 Гц

Зажимы винтовые блок-контактов допускают присоединение к ним внешних проводов сечением до 1,5 мм².

Перед постановкой крышки на автомат проверяют наличие дугогасительных камер в отсеках крышки и уже затем, надев крышку, притягивают ее к цоколю двумя винтами.

После окончания монтажа автомата проверяют в обесточенном состоянии ручное включение и отключе-

ние автомата, при которых не должно быть заеданий кнопок, а также соприкосновения подвижных контактов с пластинами дугогасительных камер.

Автомат рассчитан для работы без ремонта и смены каких-либо частей. Шлифованные поверхности якоря и

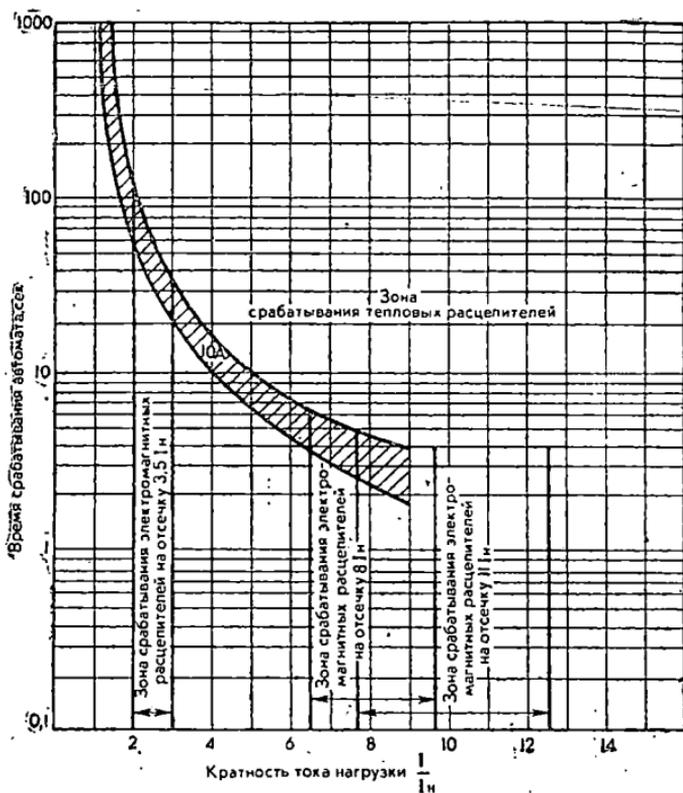


Рис. 46. Характеристики автоматического действия автомата АП-50 и АП-50Т на номинальный ток 40 А. Получены с холодного состояния при температуре наружного воздуха $+25^\circ$ на переменном токе частоты 50 Гц

магнитопровода расцепителя минимального напряжения покрывают тонким слоем смазки для предохранения от коррозии. Износившийся автомат заменяют новым.

При нормальных условиях эксплуатации осмотр автомата производят раз в год и независимо от этого после каждого отключения короткого замыкания.

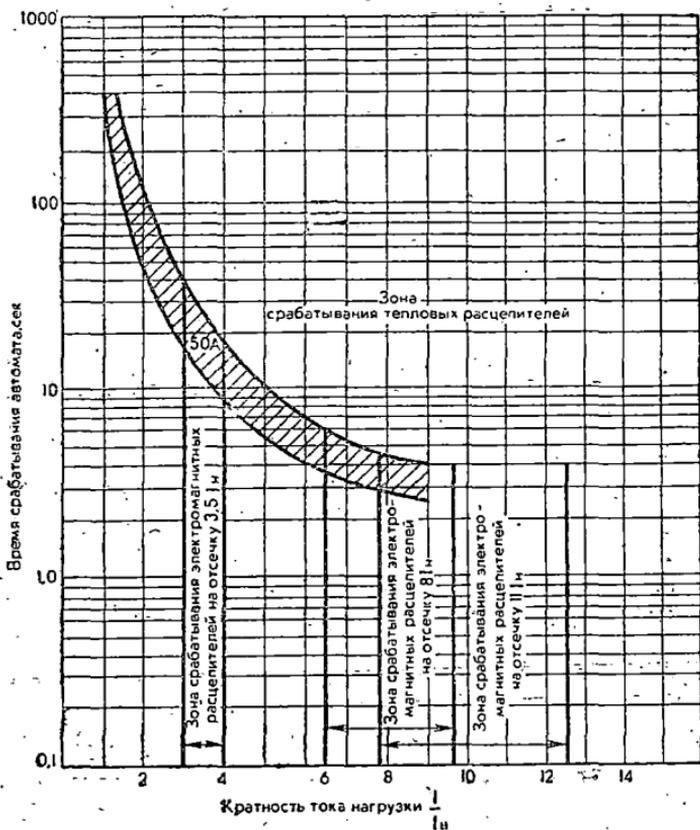


Рис. 47. Характеристики автоматического действия автомата АП-50 и АП-50Т на номинальный ток 50А. Получены с холодного состояния при температуре наружного воздуха $+25^{\circ}$ на переменном токе частоты 50 Гц

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ СЕРИИ АК-63

Выключатели автоматические типа АК-63 предназначены для установки в цепях с номинальным напряжением переменного тока до 440 В, частотой 50 и 60 Гц, постоянного тока до 240 В для защиты электрических установок, в том числе и асинхронных электродвигателей от перегрузок и коротких замыканий, а также для нечастых (до 6 в час) включений и отключений электрических цепей или пусков и остановок асинхронных электродвигателей.

Выключатели автоматические АК-63 различаются по числу полюсов: трехполюсные, двухполюсные;

по роду тока: переменного, постоянного;
по номинальному току расцепителей максимального тока: 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63 А.

Наибольший номинальный ток расцепителей автомата пыленепроницаемого исполнения в продолжительном режиме работы — 50 А.

По заказу поставляют автомат в пыленепроницаемом исполнении с расцепителем на номинальный ток 63 А для кратковременного режима работы длительностью не более 1,5 ч, при нагреве автомата с холодного состояния при температуре окружающей среды не более +40°;

по конструкции расцепителей:

с электромагнитными расцепителями максимального тока и гидравлическим замедлением срабатывания — исполнение МГ;

с электромагнитными расцепителями максимального тока без гидравлического замедления срабатывания — исполнение М;

без расцепителей — неавтоматический выключатель на номинальный ток 63 А;

по току мгновенного срабатывания электромагнитных расцепителей максимального тока (отсечка):

для выключателей переменного тока:

исполнение МГ — 14 I_n ;

исполнение М — 3 I_n и 14 I_n ;

для выключателей постоянного тока:

исполнение МГ и М — 5 I_n ;

по наличию блок-контактов:

с 1 замыкающим и 1 размыкающим блок-контактами;

без блок-контактов;

по защищенности:

открытое исполнение в пластмассовой оболочке;
пыленепроницаемое исполнение (только для трехполюсного исполнения);

по способу монтажа:

для крепления на панели выключателя с передним присоединением проводов;

для крепления за панелью выключателя с задним присоединением проводов.

Автоматический выключатель состоит из кожуха, в котором смонтированы: коммутирующее устройство ду-

гогасительной камеры, механизм управления, электромагнитные расцепители с гидравлическими замедлениями срабатывания, блок-контакты.

Автомат крепится к панелям двумя винтами.

Для закрытия клеммных выводов, по заказу потребителя, завод-изготовитель поставляет клеммные крышки.

Коммутирующее устройство состоит из неподвижных и подвижных контактов.

Механизм управления, построенный на основе свободного расцепления, обеспечивает мгновенное замыкание и размыкание контактов со скоростью, не зависящей от скорости движения рукоятки управления. Отключение автомата при токах короткого замыкания происходит автоматически.

Конструкция коммутирующего устройства и дугогасительных камер обеспечивает двойной разрыв электрической цепи в каждом полюсе. В автомате применен максимальный расцепитель с гидравлическим замедлением, который обеспечивает обратно зависимую от тока выдержку времени срабатывания в зоне перегрузок.

Блок-контакты представляют самостоятельный узел, состоящий из одного размыкающего и одного замыкающего контактов.

Механизм автомата рассчитан на 25 000 включений и отключений, из них 6000 включений и отключений номинального тока при номинальном напряжении и неиндуктивной нагрузке или 6000 пусков и отключений асинхронного трехфазного электродвигателя с короткозамкнутым ротором на номинальный ток 63 А, 200-автоматических отключений и 18 800 включений и отключений без тока.

Расцепители автомата исполнения МГ при температуре окружающего воздуха $+25^{\circ}$ с холодного состояния при прохождении постоянного или переменного однофазного тока частотой 50 Гц (выключатели в соответствии с родом тока) одновременно во всех полюсах допускают, не отключаясь, работу автомата при номинальном токе расцепителя и отключают автомат при токе 1,2 номинального в течение не более 20 мин, а при шестикратном от номинального для исполнения автомата с отсечкой $14 I_n$ отключают автомат за время от 3 до 20 с.

Примечание. Время выдержки срабатывания автомата с нагретого состояния при окружающей температуре $+40^{\circ}$ при прохождении испытательного тока $6 I_n$ одновременно во всех полюсах (для автоматов с отсечкой 14 I_n) может быть от 1,5 до 15 с.

Автомат допускает повторное включение через 2 мин после отключения его расцепителем.

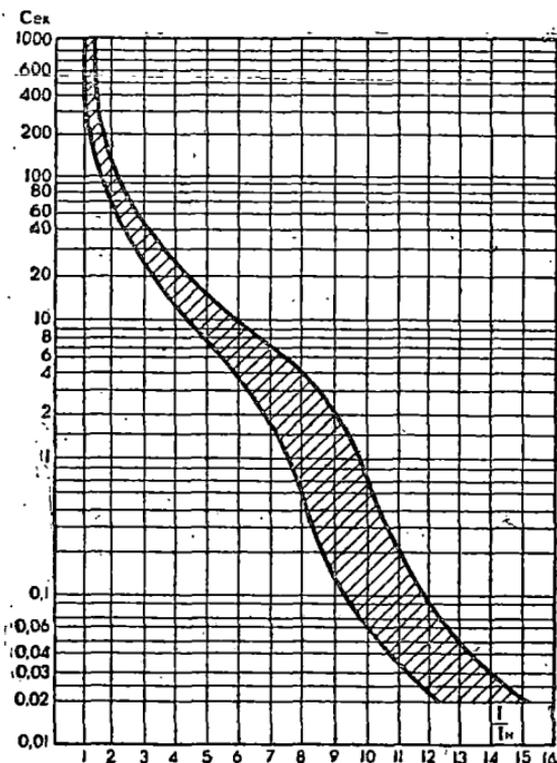


Рис. 48. Время-токовые характеристики автоматов типа АК-63 исполнения МГ

Время-токовые характеристики автоматов исполнения МГ приведены на рисунке 48. Допускаемое отклонение тока мгновенного срабатывания расцепителей (отсечки) — до $\pm 25\%$ в каждом отдельном автомате при номинальных внешних условиях.

За величину тока мгновенного срабатывания автомата (отсечки) принимается величина тока, при которой автомат срабатывает за 0,02—0,04 с, при прохождении тока одновременно во всех полюсах.

При прохождении тока, равного току отсечки, только через один полюс (расцепитель) время срабатывания автомата может увеличиться до 0,2 с.

Предельная коммутационная способность автоматов типа АК-63 указана в таблице 42.

Таблица 42

Предельная коммутационная способность автомата типа АК-63

Исполнение автомата	Номинальный ток расцепителя, А	Предельная коммутационная способность			
		Постоянный ток, А		Переменный ток, А	
		Установившееся значение тока короткого замыкания при постоянной времени цепи 0,01 с		Ударный ток (амплитудное значение) при коэффициенте мощности 0,4	
		Номинальное напряжение, В			
		110	240	220	440
Двух- и трех-полюсные АК-63	От 0,63 до 2	Количество включений не ограничено			
	63*	5000 включений		9000 включений	
Неавтоматический	Без расцепителя	Номинальный ток 63 А			

Примечания: 1. При расчетах токов короткого замыкания, производимых при выборе автомата по предельной коммутационной способности, величина сопротивления автомата учитываться не должна.

2. Для автоматического выключателя значение тока электродинамической устойчивости должно быть не менее 1700 А. Термическая устойчивость, соответствующая времени 0,2 с, должна быть $3 \cdot 10^5 \text{ А}^2 \cdot \text{с}$.

* С уменьшением номинального тока расцепителя автомата возрастает допустимое значение токов короткого замыкания и допустимое количество отключений.

Таблица 43

Допускаемая нагрузка блок-контактов автомата типа АК-63

Род тока	Напряжение, В	Предельный включаемый, А	Предельный отключаемый, А
Постоянный, при постоянной времени — не более 0,05 с	220	10	0,15
Переменный, с коэффициентом мощности, равным или более 0,5	220	10	1,0
	440		0,25

Блок-контакты автомата допускают в продолжительном режиме нагрузку номинальным током 1 А и выдерживают 19000 срабатываний без тока и 6000 срабатываний при значениях токов, не менее указанных в таблице 43.

ТЕПЛОВЫЕ РЕЛЕ СЕРИИ ТРТ

Реле ТРТ служат для защиты асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором и выпускаются на номинальный ток от 1,75 до 550 А (табл. 44).

Таблица 44

Номинальные токи для реле типа ТРТ

Исполнение реле	$I_{\text{н}}$, А
ТРТ-111	1,75
ТРТ-112	2,5
ТРТ-113	3,5
ТРТ-114	5
ТРТ-115	7
ТРТ-121	9
ТРТ-122	11,5
ТРТ-131	14,5
ТРТ-132	18
ТРТ-133	22
ТРТ-134	28
ТРТ-135	35
ТРТ-136	45
ТРТ-136	56
ТРТ-138	71
ТРТ-139	90
ТРТ-141	110
ТРТ-142	140
ТРТ-151	155
ТРТ-152	190
ТРТ-153	230
ТРТ-154	285
ТРТ-155	360
ТРТ-156	450
ТРТ-157	550

Технические требования к реле ТРТ:
 пределы регулировки реле шкалы равны $\pm 15\% I_{ном}$;
 число используемых делений шкалы ± 3 ;
 цена одного деления шкалы $+5\% I_{н}$, $-5\% I_{н}$;
 возврат на нулевом делении шкалы при 40° : руч-
 ной — не более 1 мин, самовозврат — не более 3 мин;
 срабатывание на нулевом делении шкалы (при 40°).

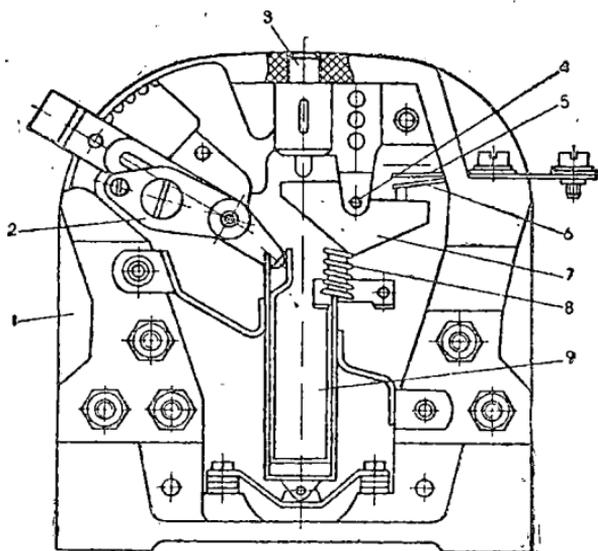


Рис. 49. Тепловое реле типа ТРТ:

1 — корпус; 2 — механизм уставки; 3 — кнопка; 4 — ось; 5 — серебряные контакты; 6 — контактный мостик; 7 — колодочка; 8 — пружина; 9 — термобиметалл

По нормам заводских испытаний реле должно удовлетворять следующим требованиям:

при нагрузке $110\% I_{н}$ — не должно срабатывать в течение 60 мин;

при нагрузке $135\% I_{н}$ — должно сработать не позднее 20 мин. Контакты тепловых реле ТРТ включают в две фазы главной цепи пускателя последовательно с тяговой катушкой.

Реле ТРТ имеет пластмассовый корпус 1 (рис. 49), в котором смонтированы все детали. В зависимости от силы тока, на которую рассчитаны реле, они имеют различную форму термобиметалла, нагревателя и различные размеры присоединительных зажимов.

Регулирующим органом у реле всех типов служит термобиметалл инвар-сталь, обтекаемый током.

Реле, рассчитанные на большие токи, имеют никромовые нагреватели, дающие добавочный нагрев термобиметалла; нагреватели включены последовательно, параллельно или последовательно-параллельно с термобиметаллом.

Термобиметалл 9 имеет U-образную форму, он посажен на ось, укрепленную посередине его.

На один из концов термобиметалла опирается цилиндрическая витая пружина 8 из стальной проволоки. Другой конец пружины опирается на пластмассовую уравновешенную изоляционную колодочку 7, несущую контактный мостик 6 с серебряными контактами 5. Колодочка может поворачиваться вокруг подвижной оси 4.

Другой конец термобиметалла соединен с механизмом уставки 2, позволяющим регулировать ток уставки путем изменения начала термобиметалла. При недопустимой перегрузке термобиметалл перекидывает изоляционную колодочку 7 в отключенное положение.

После отключения тока термобиметалл охлаждается, возвращается в нормальное положение и вызывает замыкание контактов реле.

Возврат в нормальное положение может быть ускорен нажатием на кнопку 3. Величина тока уставки тепловых реле указана на заводском щитке пускателя. Положение рычага регулятора тепловых реле, соответствующее току уставки, приведенному на заводском щитке, отмечено красной Riskой.

Тепловые реле ТРТ обеспечивают защиту электродвигателя в следующих условиях:

при длительной (свыше 20 мин) перегрузке электродвигателя током свыше 135% от номинального;

в пусковом периоде при чрезмерной его затяжке или значительной перегрузке, вызывающей остановку двигателя;

при обрыве одной фазы, если двигатель был полностью нагружен.

Ориентировочные защитные характеристики реле типа ТРТ показаны на рисунке 50.

Тепловая защита не предназначена для защиты от токов короткого замыкания, поэтому она должна осуществляться предохранителями или автоматами.

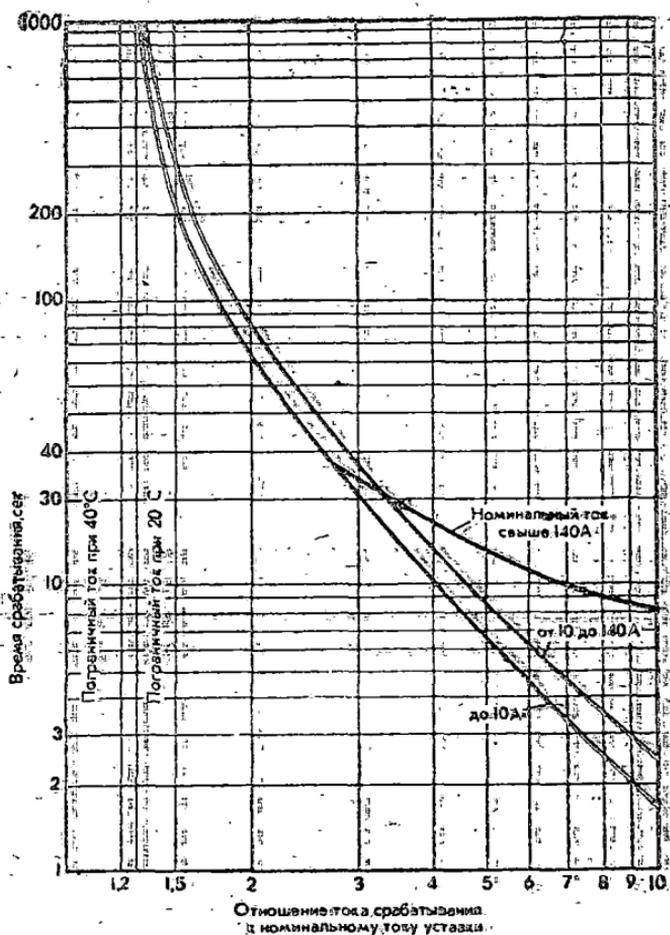


Рис. 50. Ориентировочные ампер-секундные характеристики реле типа ТРТ при температуре среды $+40^{\circ}\text{C}$ при нагреве с холодного состояния.

ТЕПЛОВЫЕ РЕЛЕ СЕРИИ ТРН

Двухполюсные тепловые токовые реле серии ТРН с температурной компенсацией, с номинальными токами тепловых элементов от 0,32 до 40 А предназначены главным образом для защиты от недопустимых перегрузок трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, работающих от сети с номинальным напряжением до 500 В при частоте 50 или 60 Гц. Реле могут применяться в сетях постоянного то-

ка с номинальным напряжением до 440 В. От коротких замыканий реле не защищают и сами нуждаются в такой защите.

Реле используются в комплектных устройствах (открытых и закрытых) станций управления электроприводами. Конструкция и размеры реле обеспечивают их комплектное встраивание в пускатели серии ПМЕ и типа ПА-300 (ПМЕ-300).

Реле рассчитаны для работы на высоте до 1000 м над уровнем моря (допускается работа на высоте до 2000 м при номинальном напряжении не более 380 В) при температуре окружающего воздуха от -40 до $+40^{\circ}$ (допускается работа при температуре воздуха $+60^{\circ}$ при условии снижения максимального тока продолжительного режима) и относительной влажности воздуха не более 90% при температуре $+20^{\circ}$ и не более 50% при температуре $+40^{\circ}$.

Реле выпускаются только в открытом исполнении и не рассчитаны для работы во взрывоопасной среде, а также в среде, содержащей значительное количество пыли, агрессивные газы и пары в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию.

Реле устанавливают в помещениях (на открытых панелях или в оболочках в местах, защищенных от прямого попадания воды, масла, металлической пыли и т. п.), а также на открытом воздухе в оболочках, не подвергающихся воздействию солнечной радиации. Защитные характеристики и работоспособность реле обеспечиваются только при их рабочем положении — на вертикальной плоскости жимами цепи управления вверх. Частота вибрации и мест крепления может достигать 25 Гц при ускорении не более 0,7 g. Резкие толчки, удары и сильная тряска не допускаются.

В серии ТРН предусмотрены типы реле, предназначенные для работы в условиях тропического (сухого и влажного) климата (см. реле ТРН-Т).

Типы реле серии ТРН и их основные технические данные приведены в таблице 45.

Номинальные токи уставок относятся к температуре окружающего воздуха $+20^{\circ}$ и любому положению регулятора уставки между крайними рисками шкалы « -5 » и « $+5$ »; при нулевом положении регулятора они являются номинальными токами тепловых элементов (I_n), указанными в таблице 45.

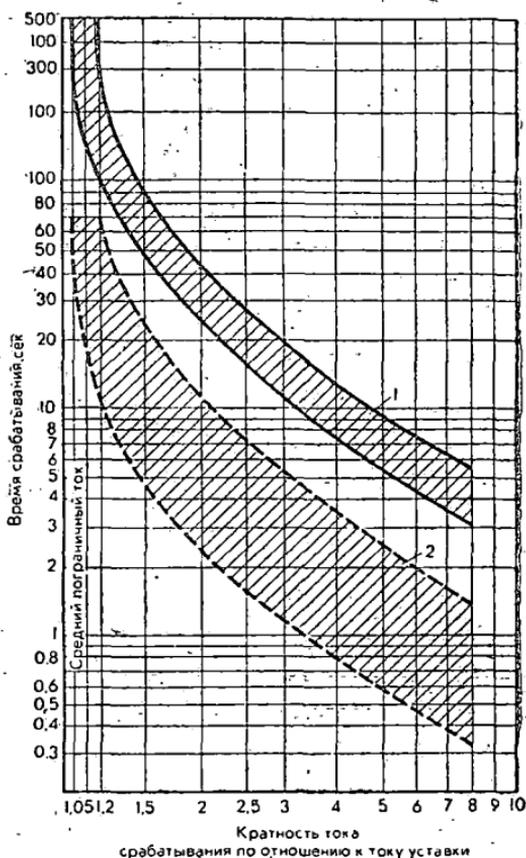


Рис. 51. Защитные характеристики реле типов ТРН-8А (ТРН-8АТ) и ТРН-10А (ТРН-10АТ):

1 — зона защитных характеристик при срабатывании реле с холодного состояния; 2 — зона защитных характеристик при срабатывании реле с горячего состояния (после прогрева током уставки)

Пределы регулировки номинального тока уставки (при крайних положениях регулятора) составляют:
 $(0,8-1,2) \pm 0,08 I_n$ — для реле ТРН-8А, ТРН-10А;
 $(0,75-1,3) \pm 0,08 I_n$ — для реле остальных типов.

Ток уставки относится к любой температуре окружающего воздуха и любому положению регулятора уставки. Благодаря наличию в реле температурной компенсации ток уставки практически не зависит от температуры воздуха в месте установки реле и может изменяться в пределах $\pm 3\%$ от номинального тока

Основные технические данные реле типа ТРН

Тип реле	Номинальный ток реле, А	Номинальный ток тепловых элементов, I_H , А	Максимальный ток продолжительного режима при установке реле на открытой панели (не более, А) при температуре окружающей среды		Рекомендуемые сечения внешних изолированных проводов — не менее, мм ²	Мощность, потребляемая одним реле при нормальном напряжении — не более, Вт	Масса, г
			+40°	+60°			
ТРН-8А, ТРН-10А	3,2	0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2	1,25 I_H	1,25 I_H	1	2	280
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	1,25 I_H	1,1 I_H	1	5,2	280
ТРН-20,		10	1,05 I_H	1,00 I_H			
					1	2,5	
					1	2,5	

ТРН-25	25	10 12,5 16 20	1,25 I _H	1,1 I _H	1 1,5(2,5) 2,5 2,5(4)	2,5 2,5 4 4	6	350
		25	1,05 I _H	0,92 I _H	4(6)	4(6)		
ТРН-32 ТРН-40	40	12,5 16 20 25 32	1,25 I _H	1,1 I _H	1,5(2,5) 2,5 2,5(4) 4(6) 6(10)	2,5 4 4 6(10) 10	6	430
		40	1,05 I _H	0,9 I _H	6(10)	10		

Примечания: 1. Реле ТРН-8А, ТРН-8, ТРН-20 и ТРН-32 будут сняты с производства и заменены соответственно на реле ТРН-10А, ТРН-10, ТРН-25 и ТРН-40 с улучшенными эксплуатационными характеристиками (упрощенная конструкция сменных нагревателей и их четкая маркировка, удобный подход к зажимам цепи управления и виткам крепящих реле).

2. Цифры в скобках относятся к реле ТРН-20 и ТРН-32.

3. У реле ТРН-8, ТРН-10, ТРН-20, ТРН-25, ТРН-32, ТРН-40 нагреватели сменные.

уставки на каждые 10° изменения температуры окружающего воздуха от $+20^\circ$.

Реле не срабатывают при длительном обтекании обоих полюсов током уставки и срабатывают в течение 20 мин после увеличения тока:

на 20% — у реле типов ТРН-8А, ТРН-10А и у реле типов ТРН-8, ТРН-10, ТРН-20, ТРН-25, ТРН-32 и ТРН-40, нагреватели которых установлены заводом-изготовителем реле;

на 20—30% — у реле типов ТРН-8, ТРН-10, ТРН-20, ТРН-25, ТРН-32 и ТРН-40, если нагреватели установлены потребителем.

При обтекании током только одного полюса (аварийный режим электродвигателя) ток срабатывания реле обычно меньше тока срабатывания при двухполюсной работе и не может превысить его более чем на 10%.

Защитные характеристики реле (с зонами возможного разброса срабатываний реле) приведены на рисунках 51, 52.

Реле ТРН-8, ТРН-10, ТРН-20, ТРН-25, ТРН-32 и ТРН-40 сохраняют свои защитные характеристики при установке любого из предназначенных для этого типа реле сменных нагревателей, поставляемых заводом-изготовителем данного реле.

Реле работают при токах, не превышающих 8-кратный ток любой уставки, и допускают нагрузку 18-кратным номинальным током теплового элемента в течение 0,5 с для реле с тепловыми элементами на номинальный ток до 10 А и в течение 1 с — для реле с тепловыми элементами на большие токи.

Цепь управления рассчитана на коммутирование токов, указанных в таблице 46.

Таблица 46

Ток отключения для реле типа ТРН

Отключаемый ток		Номинальный ток продолжительного режима, А
переменный, частотой 50—60 Гц (коэффициент мощности не менее 0,4)	постоянный (постоянная времени цепи не более 0,05 с)	
6 А при 500 В	6 А при 24 В 0,6 А при 110 В 0,25 А при 220 В 0,1 А при 440 В	6

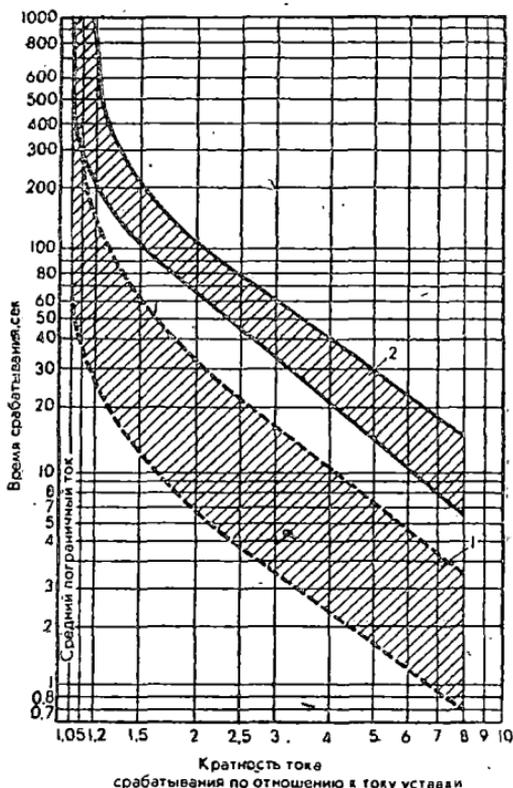


Рис. 52. Защитные характеристики реле типов ТРН-8 (ТРН-8Т), ТРН-10 (ТРН-10Т), ТРН-20 (ТРН-20Т), ТРН-25 (ТРН-25Т), ТРН-32 (ТРН-32Т) и ТРН-40 (ТРН-40Т):

1 — зона защитных характеристик при срабатывании реле с холодного состояния; 2 — зона защитных характеристик при срабатывании реле с горячего состояния (после прогрева током уставки)

В реле имеется только ручной возврат с гарантированным отсутствием самовозврата контактной группы; время возврата не превышает 2 мин (при температуре воздуха $+60^\circ$). Срок службы реле составляет не менее 5000 срабатываний.

Реле ТРН-Т (табл. 47) предназначены для работы в условиях сухого и влажного тропического климата. Они отвечают действующим нормам на электрическое оборудование, поставляемое в страны с тропическим климатом для работы в помещениях и не подвергаю-

щесся резким изменениям температуры, режима внешней среды и воздействия солнечной радиации, дождя и пыли (ОТУЭ ОАА.684.047—64 для изделий категории II).

Таблица 47

Основные технические данные реле типа ТРН-Т

Тип реле	Номинальный ток тепловых элементов I_{II} , А	Максимальный ток продолжительного режима при установке реле на открытой панели (не более, А) при температуре окружающего воздуха		Рекомендуемые сечения внешних медных изолированных проводов — не менее, мм ²
		+45°	+60°	
ТРН-8АТ, ТРН-10АТ	0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2	1,25 I_{II}	1,25 I_{II}	1
ТРН-8Т, ТРН-10Т	0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8	1,2 I_{II}	1,1 I_{II}	1
	10	1,0 I_{II}	1,0 I_{II}	
ТРН-20Т, ТРН-25Т	5; 6,3; 8; 10 12,5 16 20	1,2 I_{II}	1,1 I_{II}	1 1,5 2,5 2,5 4
	25	1,0 I_{II}	0,92 I_{II}	4
ТРН-32Т, ТРН-40Т	12,5 16 20 25 32	1,2 I_{II}	1,1 I_{II}	2,5 2,5 4 6 10
	40	1,0 I_{II}	0,9 I_{II}	10

Расчетная температура окружающего воздуха реле принята равной +45°, относительная влажность — 95% при температуре +35°.

В части технических требований и других данных реле ТРН-Т отличаются от реле ТРН только величиной максимального тока продолжительного режима, рекомендуемыми сечениями медных проводов для присоединения к силовым зажимам (применение алюминие-

вых проводов не допускается), более высокими изоляционными качествами, материалами и защитными покрытиями деталей, обеспечивающими надежную работу реле в условиях тропического климата.

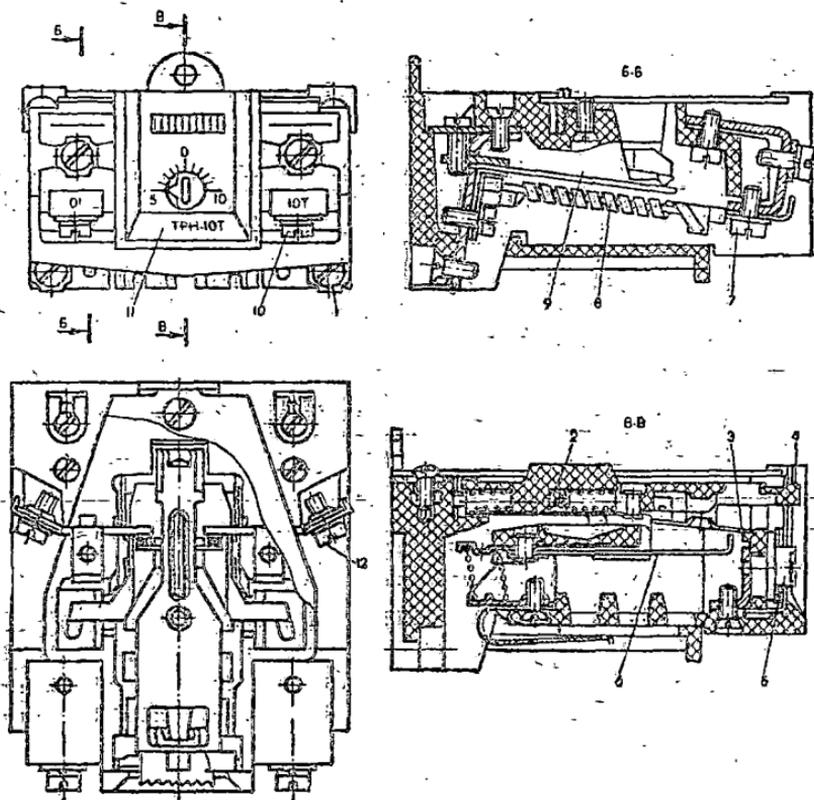


Рис. 53. Реле типа ТРН-10 (ТРН-10Т):

1 — винты для присоединения внешних проводов; 2 — размыкающий контакт цепи управления; 3 — защелка механизма срабатывания; 4 — кнопка ручного возврата; 5 — эксцентрик регулятора тока уставки; 6 — температурный компенсатор; 7 — винты для крепления сменного нагревателя; 8 — сменный нагреватель; 9 — термобиметаллическая пластина; 10 — маркировка сменного нагревателя тропического исполнения — 10Т; 11 — обозначение реле тропического исполнения — 10ТРН-10Т; 12 — винт зажима цепи управления.

В таблице 47 приведены отличительные особенности реле ТРН-Т и номинальные токи тепловых элементов (они относятся к температуре окружающего воздуха $+20^{\circ}\text{C}$ и нулевому положению регулятора уставки).

Конструкция. Все типы реле ТРН имеют общую конструкцию и отличаются один от другого только нагревателями, размерами силовых зажимов и корпусов:

Компоновка реле — симметричная между двумя полюсами с тепловыми элементами, расположенными в крайних ячейках пластмассового корпуса. В средней ячейке размещаются температурный компенсатор, эксцентриковый регулятор тока установки, защелочный механизм срабатывания, контактная группа с одним замыкающим контактом мостикового типа (с двойным разрывом цепи) и кнопка ручного возврата.

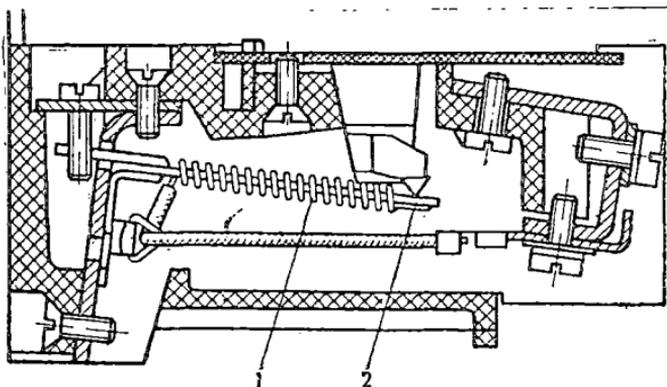


Рис. 54. Тепловой элемент реле типа TRN-10A (TRN-10AT):

1 — нагреватель; 2 — термобиметаллическая пластина

На рисунке 53 показан общий вид реле типа TRN-10 (TRN-10T), на рисунке 54 — тепловой элемент реле TRN-10A, TRN-10AT, который является исполнением реле TRN-10 и TRN-10T на малые токи и с меньшей потребляемой мощностью.

Тепловые элементы состоят:

у реле TRN-8A (TRN-10A) и TRN-8AT (TRN-10AT) — из термобиметаллической пластины и закрепленного на ней несменного нагревателя;

у остальных типов реле — из термобиметаллической пластины и расположенного под ней сменного нагревателя, который двумя винтами (по одному с каждого конца) крепится к силовым зажимам реле.

Нагреватель закрыт легко снимаемой пластмассовой крышкой (удерживается пружиной).

Принципиальные электрические схемы реле приведены в таблице 48.

Настройку реле на номинальный ток установленных тепловых элементов производят только на заводе-изготовителе реле.

Принципиальные электрические схемы реле типа ТРН

Тип реле	Электрическая схема
ТРН-8А ТРН-10А ТРН-8АТ ТРН-10АТ	
ТРН-8 ТРН-20Т ТРН-10 ТРН-25Т ТРН-8Т ТРН-32 ТРН-10Т ТРН-40 ТРН-20 ТРН-32Т ТРН-25 ТРН-40Т	

Ток уставки регулируют поворотом эксцентрика (плавно), а также сменой нагревателей (ступенчато), т. е. изменением номинального тока теплового элемента.

Для каждого типа реле ТРН-8 (ТРН-8Т), ТРН-10 (ТРН-10Т), ТРН-20 (ТРН-20Т), ТРН-25 (ТРН-25Т), ТРН-32 (ТРН-32Т) и ТРН-40 (ТРН-40Т) предусмотрен комплект сменных нагревателей.

Нагреватели реле указанных типов различаются фиксатором (наличием и местоположением), установочными размерами и формой мест крепления — все это обеспечивает свободную (без подгонки) установку нагревателей только в реле того типа, для которого они предназначены (табл. 49, 50, 51).

На каждом нагревателе имеются маркировка (обозначает величину номинального тока теплового элемента с данным нагревателем, дополненную индексом Т в нагревателях тропического исполнения) и товарный знак завода-изготовителя, который ставится также и на корпусе реле.

У реле с несменными нагревателями номинальный ток тепловых элементов обозначен либо на их наконечниках, либо на корпусе реле.

Таблица 49

Установочные размеры и форма мест крепления нагревателей реле
ТРН-8, ТРН-10; ТРН-8Т, ТРН-10Т

Маркировка нагревателя реле		Тип реле	
ТРН-8, ТРН-10	ТРН-8Т, ТРН-10Т	ТРН-8, ТРН-8Т	ТРН-10, ТРН-10Т
0,5; 0,63; 0,8; 1,25; 1,62; 2,5; 3,2; 4	0,5Т; 0,63Т; 0,8Т; 1Т; 1,25Т; 1,6Т; 2Т; 2,5Т; 3,2Т; 4Т		
5,6; 3,8; 10	5Т; 6,3Т; 8Т; 10Т		

1-маркировка; 2-товарный знак

Примечание: Нагреватели крепятся двумя винтами М4×8.

Выбор реле. Тип реле и номинальный ток теплового элемента выбирают так, чтобы:

а) максимальный ток продолжительного режима реле с данным тепловым элементом (при температуре воздуха в месте установки реле) был не менее номинального тока защищаемого двигателя;

б) ток уставки реле был равен номинальному току защищаемого двигателя или несколько больше этого тока (в пределах 5%);

в) запас на регулировку тока уставки как в сторону его увеличения, так и в сторону уменьшения был небольшим; для этого на шкале уставки следует сохранять одно-два свободных деления в обе стороны от положения регулятора, соответствующего выбранному току уставки.

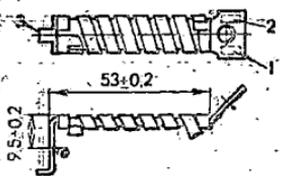
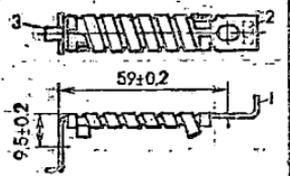
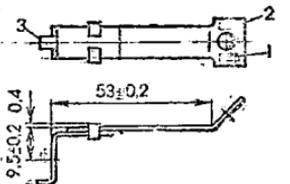
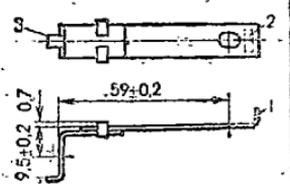
Ток уставки определяют исходя из того, что каждое из 10 делений шкалы уставки (по 5 делений вправо и влево от нулевой риски) соответствует в среднем 5% номинального тока теплового элемента. Влияние на ток

уставки температуры окружающего реле воздуха не учитывается.

По защитной характеристике реле убеждаются, что оно допускает пуск данного двигателя, т. е. при заданной кратности пускового тока двигателя, по отношению к его номинальному току, время срабатывания реле не менее времени, необходимого для пуска двигателя, а также не превышает времени допустимой стоянки двигателя под пусковым током.

Таблица 50

Установочные размеры и форма мест крепления нагревателей реле ТРН-20, ТРН-25, ТРН-20Т, ТРН-25Т

Маркировка нагревателя реле		Тип реле	
ТРН-20, ТРН-25	ТРН-20Т, ТРН-25Т	ТРН-20, ТРН-20Т	ТРН-25, ТРН-25Т
5,6,3,8,10	5Т,6,3Т,8Т,10Т		
12,5,16,20, 25	12,5Т,16Т,20Т, 25Т		

1-маркировка; 2-товарный знак; 3-фиксатор

Примечание. Нагреватели крепятся двумя винтами М 3Х8

Монтаж и эксплуатация. Реле монтируют только в рабочем положении на вертикальной панели (изоляционной или металлической) зажимами цепи управления вверх и закрепляют с лицевой стороны панели двумя винтами, предохраняющими от самоотвинчивания (допускается наклон реле до 10° в любую сторону).

Не рекомендуется:

устанавливать реле в местах, подверженных резким толчкам, ударам и сильной тряске, например на общих

панелях с электромагнитными аппаратами на номинальные токи более 100 А (с пускателями типов ПА-500, ПА-600), так как такие аппараты создают при работе большие ударные сотрясения;

Таблица 51

Установочные размеры и форма мест крепления нагревателей реле ТРН-32, ТРН-40, ТРН-32Т, ТРН-40Т

Маркировка нагревателя реле		Тип реле	
ТРН-32, ТРН-40	ТРН-32Т, ТРН-40Т	ТРН-32, ТРН-32Т	ТРН-40, ТРН-40Т
12,5;16;20;25	5Т;16Т;20Т;25Т		
32	32Т		
40	40Т		

1-маркировка, 2-товарный знак, 3-фиксатор

Примечание. Нагреватели крепятся двумя винтами М6×10.

размещать рядом с реле (особенно под ним) аппараты теплового действия (например, реостаты и т. п.); монтировать реле в верхних, наиболее нагреваемых частях оболочек и шкафов;

применять для монтажа короткие провода, особенно при соединении реле с нагревательными частями соседних аппаратов;

устанавливать реле и защищаемый двигатель при значительной разнице температур окружающего их воздуха (желательно, чтобы эта разность была наименьшей).

Для включения реле в цепь главного тока применяют провода длиной не менее 1 м с сечением, выбранным в соответствии с данными таблицы 45 или 47. При-

соединяют к зажимам цепи управления изолированными медными ($0,5-1 \text{ мм}^2$) или алюминиевыми ($2,5 \text{ мм}^2$) проводами.

Провода, подводимые к силовым зажимам реле типов ТРН-32, ТРН-32Т, ТРН-40, ТРН-40Т, оконцовывают кабельными наконечниками (для медных проводов применяют медные наконечники по ГОСТ 7386—59, для алюминиевых — медно-алюминиевые по ГОСТ 9581—60), а провода, подводимые к силовым зажимам реле других типов и к зажимам цепи управления всех реле, — петлей из токопроводящей жилы (эти зажимы укомплектованы специальными шайбами с отгибами для удержания проводов в контактном соединении).

В установках переменного тока каждый полюс реле включают последовательно в одну из фаз главной цепи, в установках постоянного тока оба полюса включают последовательно в главную цепь.

Контакт цепи управления включают в цепь управления исполнительного аппарата так, чтобы после срабатывания реле его главная цепь была обесточена за время не более чем $0,5 \text{ с}$. Величина тока уставки (при данном тепловом элементе) зависит от положения эксцентрика регулятора: поворот его вправо (к риску «+5») ведет к увеличению тока уставки, поворот влево (к риску «-5») — к уменьшению его.

При монтаже эксцентрик устанавливают в положение, при котором ток уставки равен номинальному току защищаемого двигателя (если в технической документации на монтаж электрооборудования нет других указаний). В этом случае (при данном токе и цепи) поворот эксцентрика вправо ведет к загрузлению защиты, т. е. к увеличению минимального тока и времени срабатывания (это может вызвать повреждение двигателя при перегрузках); поворот эксцентрика влево приводит к уменьшению минимального тока и времени срабатывания, т. е. к недоиспользованию двигателя.

Нагреватели устанавливают с тем же товарным знаком, что и на корпусе реле, так как в противном случае завод-изготовитель реле не несет ответственности за его работу. Винтами, снятыми с реле, нагреватели первоначально закрепляют на задних силовых зажимах, потом на передних и закрывают крышкой.

Во избежание повреждения реле не допускается:

длительное протекание тока, превышающего макси-

мальный ток продолжительного режима (для данного теплового элемента и данной температуры воздуха в месте установки реле);

отключение главной цепи реле более чем через 0,5 с после его срабатывания;

эксплуатация в местах, где температура воздуха, окружающего реле, превышает $+60^{\circ}$;

нарушение заводской настройки реле.

В нормальных условиях эксплуатации реле специального ухода не требует; необходимо периодически контролировать затяжку винтов крепления нагревателей и присоединительных зажимов, удалять пыль и проверять, не заедает ли подвижная система.

После прохождения тока короткого замыкания реле подлежит осмотру:

при повреждении нагревателей (замыкание витков, раскрытие скрепок, выгорание металла, прогибание до сближения с термобиметаллическими пластинами) заменяют их новыми;

при повреждении реле (искривление и выгорание термобиметаллических пластин, заедание кнопки ручного возврата) заменяют его новым.

Разработка реле и ремонт его в условиях эксплуатации (потребителями) не допускаются, так как при этом защитные характеристики и работоспособность реле могут быть нарушены.

ТЕПЛОВЫЕ РЕЛЕ СЕРИИ ТРП

Тепловые токовые однополюсные реле серии ТРП (МРТУ 6.523.003—65) с номинальными токами тепловых элементов от 1 до 600 А предназначены главным образом для защиты от недопустимых перегрузок трехфазных асинхронных электродвигателей, работающих от сети с номинальным напряжением до 500 В при частоте 50 и 60 Гц. Реле на токи до 150 А применяют в сетях постоянного тока с номинальным напряжением до 440 В. От коротких замыканий реле не защищают.

Реле используют в комплектных устройствах (открытых и закрытых) станций управления электроприводами и рассчитаны для работы в следующих условиях:

высота над уровнем моря до 1000 м. Допускается работа на высоте до 2000 м при номинальном напряжении не более 380 В;

температура окружающего воздуха: от -10 до $+40^{\circ}$ для реле ТРП-25 и от -40 до $+40^{\circ}$ — для реле ТРП-60, ТРП-150 и ТРП-600. Допускается работа при температуре $+60^{\circ}$ для реле ТРП-25 и $+80^{\circ}$ для реле остальных типов при условии снижения максимального тока продолжительного режима (по сравнению с данными табл. 52);

относительная влажность окружающего воздуха — не более 90% при температуре $+20^{\circ}$ и не более 50% — при $+40^{\circ}$;

окружающая среда невзрывоопасная, не содержит значительного количества пыли, агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих изоляцию и металлы;

установка в помещениях — на открытых панелях или в оболочках; место установки должно быть защищено от прямого попадания воды, масла, эмульсий, металлической и абразивной пыли и т. п.;

установка на открытом воздухе — в оболочках, предназначенных для работы в данных условиях и не подвергающихся воздействию солнечной радиации;

ударные сотрясения, которые могут быть в стационарных и передвижных общепромышленных устройствах, например кранах, экскаваторах и т. п.;

вибрация мест крепления реле частотой до 50 Гц при ускорении не более 1 g;

рабочее положение, при котором обеспечиваются защитные характеристики и другие технические данные реле; на вертикальной плоскости с зажимами цепи управления вниз для реле ТРП-25 и вверх — для остальных типов реле.

В серии ТРП предусмотрены типы реле, предназначенные для работы в условиях сухого и влажного тропического климата (см. реле ТРП-Т).

Основные технические данные реле серии ТРП указаны в таблице 52.

Токи уставок относятся к любой температуре окружающего воздуха и к любому положению регулятора уставки.

Номинальные токи уставок относятся к температуре окружающего воздуха $+40^{\circ}$ и любому положению регулятора уставки (при нулевом положении они являются номинальными токами тепловых элементов). При нулевом положении регулятора ток уставки может изменять-

Основные технические данные реле типа ТРП

Тип реле	Номинальный ток реле, А	Номинальный ток тепловых элементов I_n , А	Пределы регулирования номинального тока уставки	Максимальный ток продолжительного режима при устанвке реле на открытой панели при температуре окружающего воздуха $+40^\circ$ —не более, А	Рекомендуемое сечение внешних проводников— не менее, мм ²		Мощность, потребляемая реле при номинальном токе теплового элемента— не более, Вт
					медных	алюминиевых	
ТРП-25	25	1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 15; 20; 25	$[(0,8—1,15) \pm 0,05] I_n$	1,15] I_n	1	2,5	4,5
					1	2,5	4,5
					1	2,5	5
					2,5	2,5	5
					2,5	4	5,7
4	6	5,7					
ТРП-60	60	20; 25; 30; 40; 50; 60	$[0,75—1,25) \pm 0,05] I_n$	1,25 I_n	2,5	4	5,7
					4	6	5,7
					5	10	7,5
					10	16	7,5
					16	25	10
					16	25	10

ТРП-150	150	50 60 80 100 120 150	$[(0,75 - 1,25) \pm 0,05] I_H$	1,25 I _H 1,25 I _H 1,25 I _H 1,15 I _H 1,15 I _H 1,00 I _H	16 16 25 35 50 70	25 25 50 50 70 70	8,1 8,1 11,5 11,5 14,5 14,5								
								РТП-600	600	150 200 250 300 400 500 600	$[(0,75 - 1,25) + 0,05] I_H$	1,25 I _H	15×3 20×3 25×3 30×4 40×4 40×4 50×4	20×3 25×3 30×4 40×4 40×5 50×5 60×6	7

Примечания: 1. Номинальные токи тепловых элементов относятся к температуре окружающего реле воздуха +40° и клевому положению регулятора уставки.
 2. Для реле ТРП-25, ТРП-60 и ТРП-150 указано сечение проводов с резиновой или полихлорвиниловой изоляцией, для реле ТРП-600 — сечение голых шин, расположенных вертикально, сечения указаны для температуры окружающего воздуха +25°.
 3. У реле ТРП-25, ТРП-60 и ТРП-150 нагреватели сменные, реле ТРП-600 — с несменными трансформаторами тока.

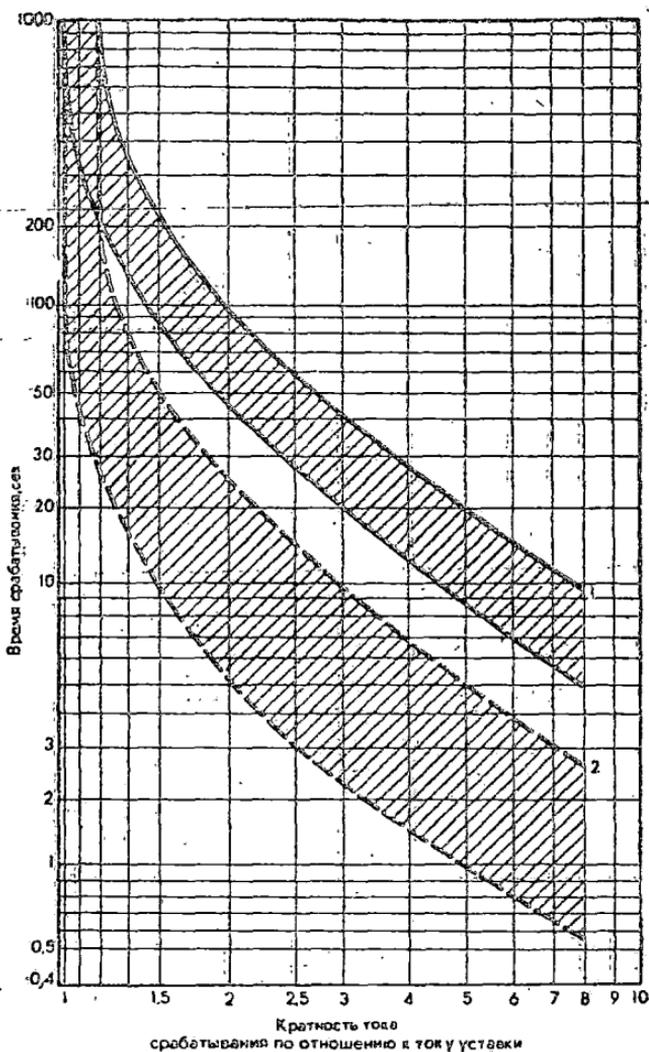


Рис. 55. Защитные характеристики реле типа ТРП-25 (ТРП-25Т):

1 — зона защитных характеристик при срабатывании реле с холодного состояния; 2 — зона защитных характеристик при срабатывании реле с горячего состояния (после прогрева током, уставки)

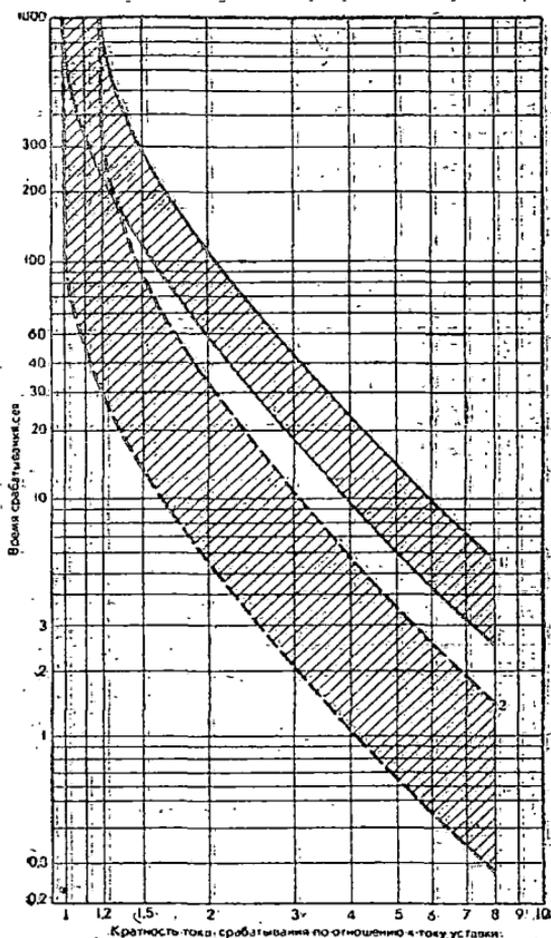


Рис. 56. Защитные характеристики реле типа ТРП-60 (ТРП-60Т):

1 — зона защитных характеристик при срабатывании реле с холодного состояния; 2 — зона защитных характеристик при срабатывании реле с горячего состояния (после прогрева током уставки)

ся по отношению к номинальному току теплового элемента примерно на 6% у реле ТРП-25 и на 5% — у реле остальных типов на каждые 10° изменения температуры воздуха, начиная от +40° (уменьшаться при увеличении и увеличиваться при уменьшении температуры).

Реле срабатывают в течение 20 мин после увеличения тока уставки на 20% у реле ТРП-600 и у реле

ТРП-25, ТРП-60, ТРП-150, нагреватели которых установлены заводом-изготовителем, и на 20—25% — у реле ТРП-25, ТРП-60, ТРП-150 в случае, если нагреватели установлены потребителем.

Защитные характеристики реле (с зонами возможного разброса срабатываний реле) приведены на рисунках 55, 56, 57, 58.

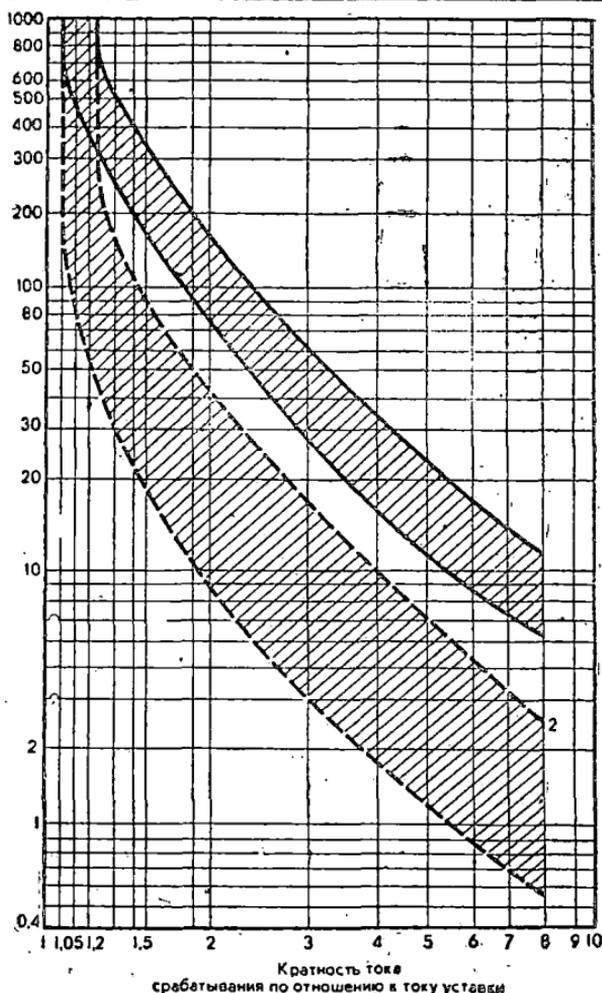


Рис. 57. Защитные характеристики реле типа ТРП-150 (ТРП-150Т):

1 — зона защитных характеристик при срабатывании реле с холодного состояния; 2 — зона защитных характеристик при срабатывании реле с горячего состояния (после прогрева током уставки)

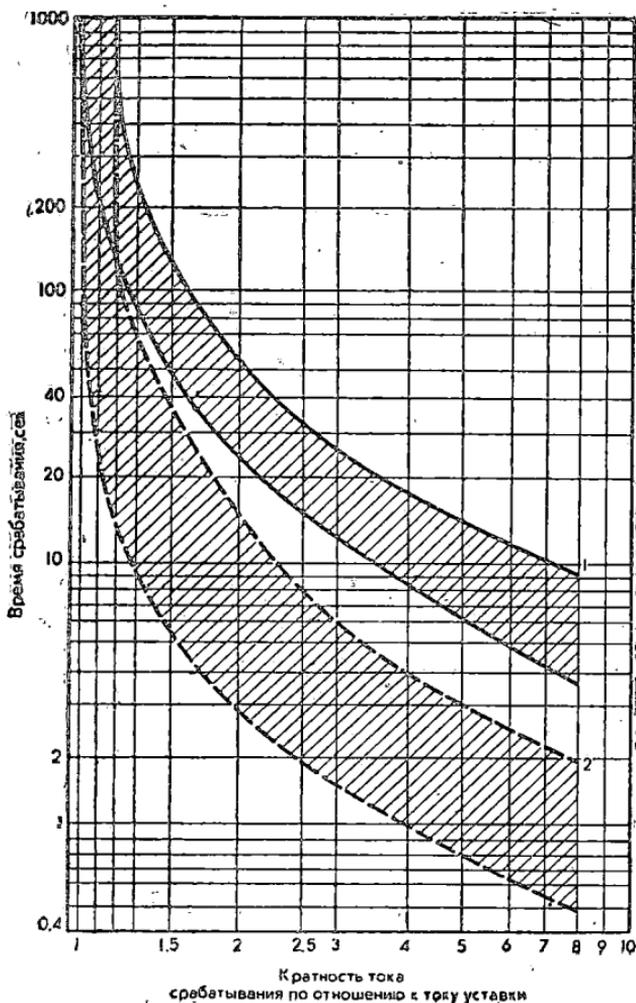


Рис. 58. Защитные характеристики реле типа ТРП-600 (ТРП-600Т) при переменном токе частоты 50 Гц:

1 — зона защитных характеристик при срабатывании реле с холодного состояния; 2 — зона защитных характеристик при срабатывании реле с горячего состояния (после прогрева током уставки)

Реле ТРП-25, ТРП-60 и ТРП-150 сохраняют свои защитные характеристики при установке любого из предназначенных для данного типа реле сменного нагревателя.

Реле нормально работают при токах, не превышающих 10-кратный для ТРП-25 и 15-кратный от тока лю-

бой уставки для остальных типов реле, а также допускают нагрузку 18-кратным номинальным током теплового элемента в течение 0,5 с — для реле с тепловыми элементами на номинальный ток до 10 А и в течение 1 с — с тепловыми элементами на большие токи или до срабатывания реле, если оно произойдет за время, меньше указанного.

В реле предусмотрены два исполнения по возврату: ручной — с гарантированным отсутствием самовозврата контактной группы или самовозврат с ускорением возврата вручную.

Ручной возврат гарантируется при всех положениях регулятора уставки при температуре окружающего реле воздуха в пределах от -10 до $+60^\circ$ для реле ТРП-25 и от -40 до $+80^\circ$ — для реле остальных типов.

При температуре $+40^\circ$ время ручного возврата не превышает 40 с.

Самовозврат гарантируется при нулевом и плюсовых положениях регулятора уставки, если температура окружающего реле воздуха в пределах от -10 до $+50^\circ$ для реле ТРП-25 и от -40 до $+70^\circ$ — для реле остальных типов.

При температуре $+40^\circ$ гарантированное время самовозврата составляет не более 3 мин.

Таблица 53

Время самовозврата реле типа ТРП

Тип реле:	Риски-шкалы (положение регулятора уставки)	Время самовозврата — не более (мин), при температуре		
		$+40^\circ$	$+50^\circ$	$+70^\circ$
ТРП-25	Нулевая и плюсовые	3	—	—
	Минусовые	—	—	—
ТРП-60 ТРП-150, ТРП-600	Нулевая и плюсовые	3	4	5
	Минусовые	7	10	20

Время самовозврата в зависимости от температуры окружающего воздуха и положение регулятора приведены в таблице 53.

Цепь управления выполняют или с одним размыкающим (р), или с одним замыкающим (з) контактом; она

допускает коммутацию токов, указанных в таблице 54, с индуктивной нагрузкой и коэффициентом мощности не менее 0,4 при переменном токе и с постоянной времени цепи не более 0,05 с при постоянном токе.

Таблица 54

Ток отключения для реле типа ТРП

Тип реле	Род контактов	Включаемый ток*, А	Отключаемый ток, А		Номинальный ток продолжительного режима, А
			постоянный	переменный	
ТРП-25	Размыкающий (р)	—	6 при 24 В	6 при 500 В	6
	Замыкающий (з)	10	0,6 при 110 В 0,25 при 220 В 0,1 при 400 В		
ТРП-60	Размыкающий (р)	—	10 при 24 В 1 при 110 В	10 при 500 В	10
ТРП-150	Размыкающий (р)	—	0,5 при 220 В		
ТРП-600	Замыкающий (з)	30	0,2 при 440 В		

* Постоянный и переменный.

Реле типа ТРП-25 выполняют только для переднего присоединения к главной цепи, реле остальных типов для переднего и заднего присоединений.

Обозначения реле в зависимости от способа возврата (ручной или самовозврат), рода контактов цепи управления (р. или з.) и присоединения к главной цепи (переднее или заднее) приведены в таблице 55.

Температура нагрева силовых зажимов реле при максимальном токе продолжительного режима не должна превышать:

100° — при внешних изолированных проводах, оконцованных кабельными наконечниками;

95° — при тех же проводах без кабельных наконечников;

105° — при неизолированных проводниках.

Срок службы реле составляет не менее 5000 срабатываний.

Исполнения реле типа ТРП

Тип реле	Исполнение реле	Род контактов	Способ возврата		Присоединение к главной линии	Масса реле — не более, кг
			самовозврат с ускорением возврата вручную	ручной с гарантированным отсутствием самовозврата		
ТРП-25	ТРП-25	р.	Есть	Нет	Переднее	0,18
	ТРП-25Р	р.	Нет	Есть		
	ТРП-25К	з.	Есть	Нет		
ТРП-60	ТРП-60	р.	Есть	Нет	Переднее	0,40
	ТРП-60Р	р.	Нет	Есть		
	ТРП-60К	з.	Есть	Нет		
	ТРП-60Н	р.	Есть	Нет	Заднее	0,40
ТРП-60РН	р.	Есть	Есть			
ТРП-60НК	з.	Есть	Нет			
ТРП-150	ТРП-150	р.	Есть	Нет	Переднее	0,50
	ТРП-150Р	р.	Нет	Есть		
	ТРП-150К	з.	Есть	Нет		
	ТРП-150Н	р.	Есть	Нет	Заднее	0,50
ТРП-150НР	р.	Нет	Есть			
ТРП-150НК	з.	Есть	Нет			
ТРП-600	ТРП-600	р.	Есть	Нет	Переднее	1,60
	ТРП-600Р	р.	Нет	Есть		
	ТРП-600К	з.	Есть	Нет		
	ТРП-600Н	р.	Есть	Нет	Заднее	1,60
ТРП-600НР	р.	Нет	Есть			
ТРП-600НК	з.	Есть	Нет			

Для защиты реле ТРП-25, ТРП-60 и ТРП-150 от токов короткого замыкания достаточно, чтобы номинальный ток плавкой вставки одного из предохранителей ПН2, ПДС или ПРС, включенного последовательно с тепловым элементом защищаемого реле, превышал но-

минальный ток теплового элемента реле не более чем в 4—5 раз. Реле ТРП-600 специальной защиты от токов короткого замыкания не требуют.

Реле в тропическом исполнении ТРП-25Т, ТРП-60Т, ТРП-150Т и ТРП-600Т (табл. 56) предназначены для работы в условиях сухого и влажного тропического климата. Они отвечают действующим нормам на электротехническое оборудование, поставляемое в страны с тропическим климатом для работы в помещениях и не подвергающееся резким изменениям температуры, режима внешней среды и воздействию солнечной радиации, пыли и дождя (ОТУЭ ОЛА.684.047—64 для изделий категории II).

Расчетная температура воздуха, окружающего реле, принята равной $+45^{\circ}$, относительная влажность — 95% при температуре $+35^{\circ}$. Остальные условия такие же, как для соответствующих типов реле ТРП.

Технические и другие данные реле ТРП-25Т, ТРП-60Т, ТРП-150Т и ТРП-600Т отличаются от данных реле ТРП величиной максимального тока продолжительного режима, рекомендуемыми сечениями внешних медных проводников для присоединения к силовым зажимам реле (применение алюминиевых не допускается), более высокими изоляционными качествами, материалами и покрытиями деталей, при которых обеспечивается надежная работа этих реле в условиях тропического климата.

В таблице 56 приведены отличительные особенности реле ТРП-Т.

Реле ТРП-25Т, ТРП-60Т, ТРП-150Т и ТРП-600Т имеют защитные характеристики (см. рис. 55, 56, 57, 58) и исполнения по способу возврата (самовозврат или ручной), по роду контактов цепи управления (р. или з.) и по способу присоединения реле к главной цепи такие же, как соответствующие типы реле ТРП (см. табл. 55).

Конструкция. Реле типов ТРП-25 (ТРП-25Т), ТРП-60 (ТРП-60Т), ТРП-150 (ТРП-150Т) состоят из заключенных в коробчатый пластмассовый корпус (с крышкой) и кинематически связанных между собой теплового элемента, контактной группы (с одним размыкающим или замыкающим контактом мостикового типа), эксцентрикового регулятора тока уставки и кнопки ручного возврата.

На рисунке 59 приведен общий вид реле типа ТРП-25 (ТРП-25Т).

Основные технические данные реле типа ТРП-Т

Тип-реле	Номинальный ток тепловых элементов I_{II} , А	Максимальный ток продолжительного режима при установке реле на открытой панели при температуре окружающего воздуха $+45^{\circ}$ — не более, А	Рекомендуемое сечение внешних медных проводников — не менее, мм ²
ТРП-25Т	1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8 10; 12; 15; 20 25	1,15 · I_{II}	1 1 1,5 2,5 4 6
ТРП-60Т	20; 25; 30; 40; 50 60	1,2 · I_{II}	4 6 10 25 35
ТРП-150Т	50; 60; 80; 100; 120 150	1,2 · I_{II} 1,2 · I_{II} 1,2 · I_{II} 1,1 · I_{II} 1,1 · I_{II} 0,974 · I_{II}	25 35 50 50 70 70
ТРП-600Т	150 200 250 300 400 500 600	1,25 · I_{II}	20×3 25×3 30×4 40×4 40×5 50×5 60×6

Примечание. Для реле ТРП-25Т, ТРП-60Т и ТРП-150Т указано сечение проводов с резиновой или полихлорвиниловой изоляцией; для реле ТРП-600Т — сечение голых прямоугольных шин, расположенных вертикально. Сечения указаны для температуры окружающего воздуха $+45^{\circ}$.

Тепловой элемент состоит из термометаллических пластин — одна Г-образная у ТРП-25 (ТРП-25Т), и две U-образные, соединенные последовательно у ТРП-60 (ТРП-60Т) и параллельно — у ТРП-150 (ТРП-150Т), и

сменного нагревателя, расположенного под термобиметаллической пластиной ТРП-25 (ТРП-25Т) и внутри пластин ТРП-60 (ТРП-60Т), ТРП-150 (ТРП-150Т).

Механизм реле представляет связанные пружиной и мгновенно перебрасывающиеся при срабатывании и возврате реле термобиметаллические пластины и подвижные контакты.

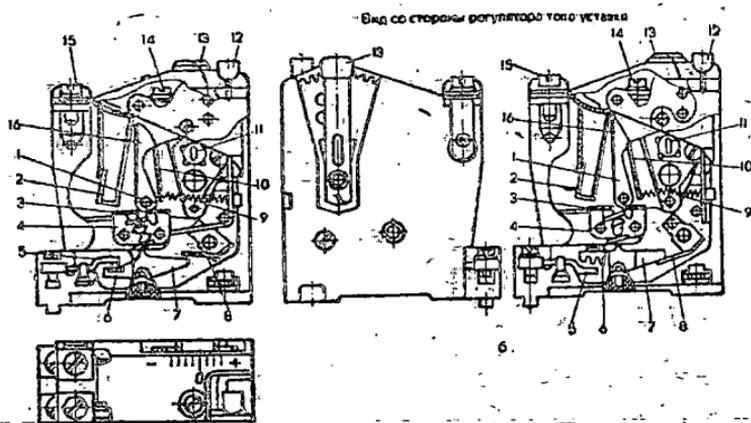


Рис. 59. Общий вид реле типа ТРП-25 (ТРП-25Т):

а — реле ТРП-25 (ТРП-25Т); *б* — реле ТРП-25К (ТРП-25КТ); 1 — термобиметаллическая пластина (термоэлемент); 2 — сменный нагреватель; 3 — упор термоэлемента; 4 — пружина контактная; 5 — контакты неподвижные; 6 — контакты подвижные; 7 — колодка изоляционная; 8 — упор, ограничивающий поворот колодки с контактами при срабатывании реле с самовозвратом. (в реле с ручным возвратом не ставится); 9 — пружина возвратная; 10 — охладитель термоэлемента; 11 — эксцентрик регулятора тока уставки; 12 — кнопка ручного возврата; 13 — поводок регулятора тока уставки; 14 — винт для крепления сменного нагревателя; 15 — винты зажимов главной цепи; 16 — держатель термоэлемента и сменного нагревателя

Реле ТРП-600 (ТРП-600Т) — модификация реле ТРП-150 (ТРП-150Т), закрепленного на крышке питающего его трансформатора тока, без нагревателя и с уменьшенными силовыми зажимами. Трансформаторы — несменные и различаются обмоточными данными катушек и количеством листов стали в сердечнике.

Электрические схемы реле приведены в таблице 57.

Настройку реле на номинальный ток установленного теплового элемента производят только на заводе-изготовителе реле, и она остается неизменной.

Ток уставки изменяют передвижением поводка регулятора уставки по зубчатому сектору корпуса (где по-

водов фиксированно устанавливается против каждой риски шкалы) и сменой нагревателя, т. е. за счет изменения номинального тока теплового элемента.

Таблица 57

Электрические схемы реле типов ТРП и ТРП-Т

Тип реле	Электрическая схема	
ТРП-25		
ТРП-25Т		
ТРП-60		
ТРП-60Т		
ТРП-150		
ТРП-150Т		
ТРП-600		
ТРП-600Т		

Для каждого типа реле ТРП-25 (ТРП-25Т), ТРП-60 (ТРП-60Т) и ТРП-150 (ТРП-150Т) предусмотрен свой комплект сменных нагревателей, которые устанавливаются только в реле того типа, для которого они предназначены.

Реле одного типа переднего и заднего присоединения к главной цепи различаются формой и размерами силовых зажимов.

Выбор реле. Тип реле и номинальный ток теплового элемента (если нет особых требований к тепловой защите) выбирают по номинальному току защищаемого двигателя исходя из следующих условий:

максимальный ток продолжительного режима работы реле с данным тепловым элементом должен быть не менее номинального тока защищаемого двигателя;

ток уставки (с учетом влияния на него температуры окружающего воздуха) должен быть равен или немного более (в пределах 5%) номинального тока защищаемого двигателя. При выборе реле для закрытого комплектного устройства учитывают влияние на ток уставки добавочного нагрева реле внутри оболочки;

запас на регулировку тока уставки должен быть возможно большим, для чего на шкале уставки следует сохранять одно-два свободных положения для регулятора в обе стороны от положения, соответствующего выбранному току уставки;

для реле с самовозвратом выбранный ток уставки должен удовлетворять указанным выше требованиям для положений регулятора, при которых гарантируется самовозврат и требуемое время самовозврата.

Ток уставки определяют исходя из того, что при передвижении поводка регулятора на каждое деление шкалы ток изменяется в среднем на 5% от значения его при нулевом положении регулятора.

Ток уставки при нулевом положении регулятора определяют по формуле:

$$I_{уст0} = I_{н} [1 + K(40 - \Theta)],$$

где $I_{н}$ — номинальный ток теплового элемента, А;

Θ — температура воздуха в месте уставки реле, °С;

K — коэффициент, учитывающий изменение тока уставки при изменении температуры окружающего реле воздуха на 1° от +40°. Ориентировочно можно считать, что $K=0,06$ — для реле ТРП-25 (ТРП-25Т) и $K=0,05$ — для реле остальных типов.

По защитной характеристике реле убеждаются, что оно допускает пуск данного двигателя, т. е. при заданной кратности пускового тока двигателя к его номинальному току время срабатывания реле не меньше требуемого для пуска двигателя и не превышает времени допустимой стоянки двигателя под пусковым током.

Монтаж. Реле монтируют только в рабочем положении на вертикальных панелях зажимами цепи управления вниз для ТРП-25 (ТРП-25Т) и вверх для остальных типов реле; между металлическим основанием и

корпусом реле ТРП-25 (ТРП-25Т) ставят изолирующую прокладку, которая для остальных типов реле не требуется.

Закрепляют реле с обратной стороны панели двумя винтами, кроме типа ТРП-25 (ТРП-25Т), которые крепят одним винтом, и дополнительно они удерживаются выступом в основании корпуса, входящим в соответствующее гнездо на монтажной панели.

Не рекомендуется:

размещать рядом с реле (особенно непосредственно под ними) аппараты теплового действия, например реостаты;

устанавливать реле в верхних, наиболее нагреваемых частях шкафов и других комплектных устройств;

применять для монтажа короткие провода, особенно при соединении с нагреваемыми частями соседних аппаратов;

устанавливать реле и защищаемый двигатель при большой разности температур окружающего их воздуха; желательно, чтобы эта разность была по возможности минимальной.

Для включения реле в цепь главного тока рекомендуется применять проводники длиной не менее 1,0 м с сечением, выбранным в соответствии с данными таблицы 52 или 56. К зажимам цепи управления подводят изолированные медные (сечение 0,5—1,0 мм²) или алюминиевые (сечение 2,5 мм²) провода.

Внешние провода силовых зажимов реле типов ТРП-60 (ТРП-60Т), ТРП-150 (ТРП-150Т) оконцовывают кабельными наконечниками (рекомендуется для медных проводов применять наконечники по ГОСТ 7386—59; для алюминиевых—медно-алюминиевые по ГОСТ 9581—60); провода, подводимые к реле ТРП-25 (ТРП-25Т) и к зажимам цепи управления всех типов реле, оконцовывают петлей (кольцом) из токопроводящей жилы. Чтобы удержать жилу в контактном соединении, эти зажимы укомплектованы шайбами с отгибом. Силовые зажимы реле ТРП-600 (ТРП-600Т) рассчитаны на присоединение голых шин.

Винты всех контактных соединений должны быть предохранены от самоотвинчивания и надежно затянуты.

Главную цепь реле (с тепловым элементом) включают последовательно в фазу защищаемого двигателя;

контакт цепи управления включают в цепь управления исполнительного аппарата так, чтобы после срабатывания реле его главная цепь была обесточена за время не более 0,5 с.

Настройка тепловой защиты. Регулятор уставки устанавливают в положение, при котором ток уставки равен 1—1,05 номинального тока защищаемого двигателя, если в технической документации на монтаж электрооборудования нет иных указаний. При данном токе в цепи передвижения регулятора в сторону «+» ведет к заглублению защиты, т. е. к увеличению минимального тока срабатывания и времени срабатывания реле (чрезмерное заглубление защиты может привести к повреждению двигателя при перегрузках); передвижение в сторону «—» ведет к уменьшению минимального тока срабатывания и времени срабатывания реле, что может вызвать ложные отключения и, следовательно, неполное использование двигателя.

Рекомендуется проверить выбранную тепловую защиту в реальных условиях работы данного комплектного устройства, т. е. убедиться, что при номинальном токе защищаемого двигателя реле не срабатывает в установленном тепловом состоянии и срабатывает в течение 20 мин после увеличения этого тока на 20—25%.

Не допускаются нарушение формы нагревателя, соприкосновение его с термобиметаллическим элементом, корпусом, гибкими канатиками, установка реле без крышки. Винты крепления нагревателя надежно затягивают и предохраняют от самоотвинчивания.

Нагреватель устанавливают с таким же товарным знаком, что и на корпусе реле, так как в противном случае завод—изготовитель реле не несет ответственности за его работу.

Эксплуатация. В нормальных условиях эксплуатации реле не требует специального ухода. Рекомендуется периодически проверять затяжку винтов крепления нагревателей и присоединительных зажимов и удалять пыль.

Во избежание повреждения реле и нарушения его защитных качеств не допускается:

длительное протекание тока, превышающего максимальный ток продолжительного режима для данного теплового элемента;

отключение главной цепи более чем через 0,5 с после его срабатывания;

изменение способа возврата реле (перестройка ручного возврата на самовозврат и наоборот);

нарушение заводской настройки реле (вращение фиксированного припоём или краской эксцентрика регулятора тока уставк).

После прохождения токов короткого замыкания следует:

при повреждении нагревателя (замыкание витков, выгорание металла, значительное прогибание до сближения с термобиметаллическим элементом) заменить его новым;

при повреждении реле (искривление и выгорание термобиметаллического элемента, обугливание корпуса) заменить его новым.

Разборка и ремонт реле в условиях эксплуатации (потребителями) не допускаются, так как при этом защитные характеристики и работоспособность его могут быть нарушены.

УСТРОЙСТВА ВСТРОЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ УВТЗ-1 И УВТЗ-4А

Основным видом электрической защиты электродвигателей от коротких замыканий и перегрузок до последнего времени являлось сочетание предохранителей с магнитными пускателями. Предохранители, как правило, устраняют короткое замыкание, но в ряде случаев вызывают другой, более частый вид повреждений — обрыв фазы. Поэтому в последнее время их стали заменять автоматическими выключателями.

Отсутствие в ряде случаев технической возможности постоянной настройки тепловой защиты, а также все возрастающее количество электроприводов в сельскохозяйственном производстве выдвинули новые требования в разработке встроенной температурной защиты.

Как показывает имеющаяся практика, встроенная температурная защита эффективно отключает электродвигатели при длительных перегрузках, неправильных процессах пуска и торможения, повышенной частоте включений, обрыве фаз, колебаниях напряжения сети в пределах 70—110% от номинального значения, закли-

нивании приводного механизма, включении электродвигателя с заклиненным ротором, повышенной температуре окружающей среды, нарушениях в системе охлаждения.

Температурная защита состоит из температурных датчиков и управляющего устройства.

Температурными датчиками служат полупроводниковые термосопротивления — позисторы или резисторы, встроенные в лобовую часть обмотки статора (по одному в каждую фазу).

Характерное свойство позистора — высокая чувствительность в узком интервале температур. Например, промышленный позистор СТ5-1, который можно использовать в схеме встроенной температурной защиты электродвигателя, имеет в интервале температур от $+60$ до $+100^\circ$ практически постоянное сопротивление, а в интервале от $+120$ до $+130^\circ$ его сопротивление увеличивается в несколько тысяч раз.

В качестве температурных датчиков для устройств встроенной защиты применяют кобальтомарганцевые термосопротивления типа ТР-33, работающие в релейном режиме. Имеется шесть вариантов рабочих групп термосопротивлений ТР-33, каждой из которых соответствует своя минимальная и максимальная рабочая температура в пределах 5° .

Встроенную защиту с термосопротивлениями ТР-33 настраивают в зависимости от класса изоляции защищаемого электродвигателя. Настройку осуществляют либо изменением напряжения, подаваемого на термосопротивление, либо шунтированием термосопротивлений добавочными сопротивлениями.

Наибольшее практическое применение для датчиков встроенной температурной защиты электродвигателей находят терморезисторы с положительным температурным коэффициентом сопротивления СТ14—1А ($t_{\text{ср}} - 130^\circ$) или СТ14-1Б ($t_{\text{ср}} - 105^\circ$).

Терморезисторы (СТ14-1А изготавливаются в виде дисков диаметром 3 и толщиной 1,5 мм. Комплект таких датчиков (три диска из расчета один на фазу) является чувствительным органом защиты, подающим сигнал в управляющее устройство.

В настоящее время разработаны и выпускаются промышленностью два вида устройств встроенной температурной защиты — УВТЗ-1 и УВТЗ-4А. Принцип их дей-

ствия одинаков, хотя схема и конструктивное оформление различны.

Устройства температурной защиты унифицированы для всех типоразмеров электродвигателей, взаимозаменяемы и не требуют регулировки и настройки при монтаже и эксплуатации.

Управляющее устройство служит для усиления сигнала, поступающего от встроенных в обмотку статора электродвигателя температурных датчиков, и преобразования в сигнал, управляющий отключением магнитных пускателей (типа ПМЕ, ПАЕ, ПА и др.).

Устройство типа УВТЗ-1 состоит из преобразователя и выходного реле. В качестве выходного реле применяется реле РЗС-6, которое подает сигнал на управление магнитным пускателем.

В схеме автоматически осуществляется самоконтроль за ее работой, т. е. обеспечивается гарантия отключения электродвигателя при возникновении неисправности в каком-либо элементе температурной защиты. При выходе из строя датчиков температуры или обрыве цепи их соединения с управляющим устройством последнее не позволяет включить электродвигатель в сеть.

В случае короткого замыкания в цепи датчиков с управляющим устройством транзисторы будут закрыты, управляющий переход транзистора обесточен, реле отключается и своими контактами разрывает цепь питания катушки магнитного пускателя.

Датчики температуры устанавливаются в асинхронном двигателе в заводских условиях при его изготовлении или капитальном ремонте, а также в действующие электродвигатели в условиях эксплуатации. После их установки измеряют сопротивление всей цепи датчиков, которое при температуре $20 \pm 5^\circ$ должно быть в пределах 120...150 Ом.

Измерительный ток применяемого омметра не может превышать 50 мА, а напряжение — соответственно 2,5 В. Использовать для этих целей мегомметры не разрешается.

Измерение сопротивления изоляции датчиков относительно обмотки и корпуса электродвигателя производят мегомметром на 500 В, причем величина этого сопротивления не должна превышать 0,5 МОм.

Устройство рассчитано для работы в вертикальном

положении, допускает установку на стенах и конструкциях, не подверженных ударам или сильной вибрации, и не должно подвергаться постоянному нагреву; в том числе солнечному. Его можно устанавливать в станциях управления, сборных распределительных устройствах и отдельных шкафах.

Управляющее устройство соединяют с датчиком изолированным проводом сечением не менее $0,5 \text{ мм}^2$ для медных проводов и $1,0 \text{ мм}^2$ — для алюминиевых.

Проверяют работоспособность смонтированного устройства нажатием кнопки «Пуск» магнитного пускателя. При исправном электродвигателе и правильном соединении датчиков устройства и магнитного пускателя, а также при исправном их состоянии электродвигатель вращается. Убедившись в его нормальной работе на холостом ходу, необходимо разомкнуть цепь датчиков в коробке выводов электродвигателя. Если при этом электродвигатель отключится от сети, значит устройство встроенной защиты работает нормально. Повторно проверяют защиту путем замыкания накоротко цепи датчиков в коробке выводов. В этом случае электродвигатель также должен отключиться от сети.

УСТРОЙСТВА ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ РУД-022, РУД-024, ЗОУП-25

Устройства защитного отключения представляют собой высокочувствительные реле, действующие через коммутационный аппарат на отключение электроустановки в трехфазных четырехпроводных сетях с глухозаземленной нейтралью при появлении токов утечки опасной величины (рис. 60). Чувствительность защитного устройства, определяемую током срабатывания или уставкой, выбирают исходя из требований обеспечения надежной электробезопасности, а также с учетом исключения ложного срабатывания устройства из-за специфических условий эксплуатации сельскохозяйственных электроустановок, влияющих на величину естественных токов утечки при включении нагрузки. Для производственных электроустановок уставка защитно-отключающих устройств принята 20 мА (с учетом коэффициента $1,25$ — возможного увеличения токов силовой нагрузки), для бытовых — 10 мА .

Чувствительный командный орган устройства имеет стабильные защитные характеристики, практически не зависящие от температуры и влажности окружающей среды, допускает отклонение напряжения сети от номинального в пределах от -15 до $+10\%$ и полностью отстроен от токов небаланса или несимметрии нагрузок в фазах, могущих вызвать ложные отключения.

В качестве датчика тока утечки на землю для сетей с глухозаземленной нейтралью используют дифференциальный трансформатор тока (ДТТ), реагирующий

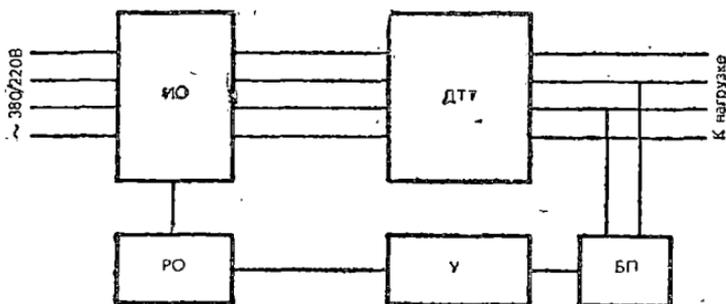


Рис. 60. Блок-схема защитно-отключающего устройства: ИО — исполнительный орган; ДТТ — дифференциальный трансформатор тока; РО — реагирующий орган; У — усилитель; БП — блок питания

на разность токов нулевой последовательности. При отсутствии замыкания или утечки тока на землю во вторичной обмотке дифференциального трансформатора напряжение не индуцируется. Наличие несимметрии нагрузки в сети трехфазного тока не играет роли, так как ток нулевого провода входит в общую сумму токов. В случае замыкания на землю равновесие токов нарушается и часть тока не возвращается по нулевому проводу, а по земле (или специальному пятому проводу) уходит в нейтраль силового трансформатора. Во вторичной обмотке дифференциального трансформатора индуцируется напряжение, которое после усиления в блоке усилителя (У) подается на промежуточное реле (реагирующий орган РО), а с него на катушку расцепителя или на катушку дистанционного управления коммутационным аппаратом. Если величина вторичного тока превышает ток срабатывания устройства, оно немедленно отключит неисправное электрооборудование,

тем самым предупредив возможность поражения электрическим током.

Устройства защитного отключения по току утечки автоматически контролируют состояние изоляции и ограничивают отходящий в землю ток утечки. Величина указанного тока, ограниченная 10—20 мА, практически является пожаробезопасной.

Устройство защитного отключения в настоящее время изготавливают в двух вариантах:

для самостоятельной установки с соответствующим коммутационным аппаратом;

встроенными в коммутационный аппарат в качестве командного прибора.

Устройство защитного отключения РУД-024 является самостоятельным командным аппаратом, применяемым для построения электрической схемы, позволяющей обеспечить в комплекте с коммутационным аппаратом электрическую и пожарную безопасность при работе электроустановок в сетях 380/220 В с глухозаземленной нейтралью. Устройство РУД-024 допускает изменение температуры окружающей среды от -20 до $+50^{\circ}$ и влажности до 98%. Исполнительным органом может служить любой коммутационный аппарат, имеющий катушку дистанционного отключения. Такими аппаратами являются контакторы, автоматы с катушкой напряжения, воздействующей на расцепитель, магнитные пускатели.

Использование установочных автоматов имеет свои достоинства, вытекающие из наличия у них тепловой защиты и максимальной токовой отсечки.

Устройство защитного отключения РУД-022 предназначено для установки в бытовых помещениях для однофазных токоприемников с глухозаземленной нейтралью. Устройство РУД-022 допускает изменение температуры окружающей среды от 0 до $+50^{\circ}$ и относительной влажности до 80%.

Конструкция защитного отключения РУД-022 отличается от конструкции РУД-024 тем, что в нем роль трансформатора напряжения и коммутационного аппарата выполняет реле РПУ-1, смонтированное внутри кожуха.

При подключении устройства РУД-024 для защиты сети соединяют выходные клеммы автоматического выключателя или магнитного пускателя с соответствующими

щими входными клеммами реле; выходные клеммы расцепителя соединяют с выходными замыкающими контактами промежуточного реле. Если устройство РУД-024 работает в комплекте с магнитным пускателем, то катушку пускателя присоединяют к сети через размыкающие контакты промежуточного реле; подключают выходные клеммы устройства к нагрузке; подсоединяют входные клеммы коммутационного аппарата к фазам сети.

После этого в сеть подают напряжение и включением автоматического выключателя или магнитного пускателя оно поступает на схему реле, проверяют работоспособность реле нажатием кнопки контроля и снова подают напряжение на схему реле.

Включение в работу устройства РУД-022 осуществляют в следующем порядке: присоединяют входные клеммы реле к сети; подключают к выходным клеммам реле нагрузку; нажатием кнопки «Пуск» подают напряжение на схему реле; нажимают на кнопку контроля, при этом реле должно сработать и отключить защищаемую сеть, чем подтверждается его исправное состояние; подают снова напряжение на схему реле.

Защитно-отключающее устройство ЗОУП-25 предназначено для коммутации силовых электрических трехфазных цепей напряжением 380 В и током до 25 А, питаемых от сетей с глухозаземленной нейтралью, а также для защиты людей при соприкосновении их с частями электроустановок, находящимися или случайно оказавшимися под напряжением. Нормальная работоспособность реле сохраняется при температуре окружающей среды от -40 до $+40^{\circ}$, относительной влажности до 90%, отклонении напряжения от номинального (0,85—1,1) I_n и допускают частоту включений при ПВ=40% до 150 в час.

Отключающая способность аппарата при токе утечки $I_{ут} = 100$ мА.

Конструктивно ЗОУП-25 представляет собой магнитный пускатель типа ПМЕ-211, в который встраивается блок чувствительной защиты.

Устройство устанавливают на ровной вертикальной плоскости, не подверженной сотрясениям, нагреву (выше допустимых температур) и атмосферным осадкам.

Перед пуском устройства в эксплуатацию убеждаются в его исправности и свободном перемещении от руки

всех подвижных частей контактора и кнопок, очищают рабочие поверхности контактора и электромагнита от антикоррозионной смазки, проверяют правильность выполнения всех электрических соединений. После этого нажимают кнопку «Пуск», которой включается нагрузка и зажигается сигнальная лампочка, затем включают кнопку «Контроль» для проверки, при которой нагрузка должна отключиться, а лампочка погаснуть. Если при этом отключения не произойдет, нажимают кнопку «Стоп» и устраняют неисправности, а при невозможности устранения на месте отправляют в ремонт.

Уход за устройством осуществляют путем периодического осмотра подводящего кабеля, а также осмотра и очистки контактов пускателя и кнопок при снятом напряжении.

УНИФИЦИРОВАННЫЕ НИЗКОВОЛЬТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ТИПА РУС

Распределительные устройства типа РУС предназначены для управления и защиты электродвигателей технологического оборудования, работающих на напряжении 380/220 В промышленной частоты.

Устройства типа РУС выпускаются отдельными блоками, позволяющими собирать типовые электрические схемы управления и защиты одним или несколькими электродвигателями и смонтированными устройствами в виде станций управления к конкретному технологическому процессу или комплекту оборудования.

Внутри блока РУС могут быть смонтированы магнитные пускатели, автоматические и ручные выключатели, переключатели, счетчики и другая аппаратура, применяемая в схемах электрических приводов.

В цепях управления сечение медных проводов должно быть не менее $1,5 \text{ мм}^2$, а алюминиевых — $2,5 \text{ мм}^2$.

Выпускаемые промышленностью блоки РУС позволяют эксплуатировать их на высоте над уровнем моря до 2000 м при температуре окружающего воздуха от -40 до $+40^\circ$, относительной влажности воздуха до 98% при температуре $+20^\circ$.

Допускается концентрация в окружающем воздухе паров аммиака, сероводорода и углекислого газа в пределах, характерных для животноводческих сельскохо-

зайственных помещений. В конструктивном отношении оболочки РУС имеют пыленепроницаемое водозащищенное химостойкое исполнение.

Внутри блока предусматривается защита от образования конденсата. Для управления и защиты сельскохозяйственных электроприводов в настоящее время разработаны и освоены одно- и двухфидерные блоки управления для всех основных сельскохозяйственных производственных процессов. Блоки могут быть применены и для других действующих или вновь разрабатываемых сельскохозяйственных машин и механизмов с аналогичными характеристиками электропривода. Непосредственно из блоков могут быть собраны и отдельные станции управления несколькими (тремя и более) электродвигателями.

Для управления технологическими сельскохозяйственными машинами и установками с одним токоприемником ВНИИэлектроприводом разработаны типовые электрические схемы, охватывающие 25 возможных схемных решений для основных отраслей сельскохозяйственного производства.

Таблица 58

Ящики для шин

Тип ящика	Ширина, мм	Высота, мм	Глубина, мм	Сборные шины			
				материал	сечение, мм	номинальный ток, А	ударный ток короткого замыкания, А
Ящ-1	150	200	200	Медь или алюминиевые сплавы	∅ 8	160	25
Ящ-2	200				∅ 11	25	
Ящ-3	250				∅ 12	160	
Ящ-4	410						
Ящ-5	150	250	200	Медь или алюминиевые сплавы	6×35	400	25
Ящ-6	200				8×35	630	50
Ящ-7	250				5×35	250	25
Ящ-8	410				10×35	400	25

В качестве аппаратов защиты от токов короткого замыкания в блоках использованы автоматы АЕ-2030 (при токах до 25 А) и А-3110 (при токах 25—80 А).

Учитывая, что тепловые расцепители автомата АЕ-2030 удовлетворяют требованиям защиты электродвигателя от перегрузок, пускатели ПМЕ-100 и ПМЕ-200 применены без теплового реле. Предусмотрена возможность при необходимости использовать в защитно-отключающем устройстве ЗОУ автоматы АЕ-2000. Такая необходимость должна оговариваться при заказе.

Селективная защита цепей управления от токов короткого замыкания осуществляется на участках, соединенных с фазным проводом и выходящих за пределы блока управления.

Разработанные типовые схемы однофидерных блоков размещают в ящиках. Степень защищенности (1Р54, 1Р55Х) определяют при заказе.

Основные типоразмеры и характеристики распределительных устройств типа РУС приведены в таблицах 58, 59.

Таблица 59

Электрические аппараты, встраиваемые в ящики

Тип ящика	Перечень аппаратов, встраиваемых в ящики
ЯА-1	Автоматические выключатели: АК-50, АК-63, А-63, АЕ-100, АЕ-200 Магнитные пускатели и контакторы: ПМЕ-112, ПМЕ-071, ПМЕ-042, ПМЕ-072, ПМЕ-111, ПМЕ-211 Пакетно-кулачковые выключатели и переключатели: ПКВ-10, ПКП-10, ПКВ-25, ПКП-25 Предохранители ПРС-6П — до 3 шт. Кнопки КЕ — до 3 шт. Лампы сигнальные — до 3 шт.
ЯА-2	Автоматические выключатели: АП-50, А-3160 Магнитные пускатели и контакторы: ПМЕ-112, ПМЕ-113, КПД-110
ЯА-3	Автоматические выключатели: АЕ-300, АЕ-400 Магнитные пускатели и контакторы: ПМЕ-114, ПМЕ-212, ПА-311, КПДЗ-111
ЯА-4	Кнопки КЕ — до 3 шт., лампы сигнальные серии ТЛ — до 3 шт.

Продолжение

Тип ящика	Перечень автоматов, встраиваемых в ящики
ЯА-5	Пакетно-кулачковые выключатели и переключатели: ПКВ-63, ПКП-63, ПКВ-100, ПКП-100 Блок задержки отключения ($t_3=1-5$ с) Магнитный пускатель ПМЕ-073, трансформаторы тока: ТК-20, ТКЛ-20, ТК-40, ТКЛ-40 Трансформатор понижающий типа ТБС-2 Амперметры и вольтметры серии Э-377
ЯА-6	Магнитный пускатель ПМЕ-074
ЯА-7	Автоматические выключатели: А-3160, А-3120, А-4110, А-4120, А-3710, А-3720 Магнитный пускатель ПА-312, предохранители ПН2-100 — до 3 шт.
ЯА-8	Предохранители: ПРС-20 — до 3 шт., ПРС-63 — до 3 шт.
ЯА-9	Магнитный пускатель ПМЕ-213
ЯА-10	Магнитный пускатель ПМЕ-214 Амперметры и вольтметры серии Э-378
ЯА-11	Магнитные пускатели и контакторы: ПА-411, ПА-412, ПА-511, ПА-512, КТУ-1, КТУ-2, КТУ-3, КПВ-602, КПВ-603, КПВ-651, КТПВ-621, КТПВ-622 Предохранители ПН2-250 — до 3 шт.
ЯА-12	Два амперметра или вольтметра серии Э-377 Амперметр и вольтметр серии Э-377
ЯА-13	Предохранители ПРС-100 — до 3 шт.

Продолжение

Тип ящика	Перечень автоматов, встраиваемых в ящики
ЯА-14	Магнитные пускатели и контакторы: ПА-313, ПА-314, ПА-413, ПА-414, КТ-6012, КТ-6013, КТ-6022, КТ-6023, КТ-7012, КТ-7013, КТ-7022, КТ-7023 Предохранители ПН2-400 — до 3 шт.
ЯА-15	Автоматические выключатели: А-3130, А-3140, А-4140, А-3710, А-3730, А-3740
ЯА-16	Автоматические выключатели: А-3130, А-3140, А-4140, А-3730, А-3740

VII. УКАЗАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДОГОВОРОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Основным документом, определяющим взаимоотношения предприятия-заказчика и пусконаладочной организации, является договор (приложение XVII).

Основным документом для определения стоимости работ по договору и расчетов за проведенные пусконаладочные работы является сметно-финансовый расчет, прилагаемый к договору.

Смета должна отражать действительный объем намеченных к проведению работ. Исходные данные для сметы определяются по проекту и спецификации или реально установленному оборудованию.

Виды работ по смете расцениваются согласно «Сборнику цен» на пусконаладочные работы, выполняемые организациями Госкомсельхозтехники.

Для заключения договора на предприятие командировается представитель пусконаладочного управления, знакомый с порядком заключения договоров.

Объем, сроки и графики проведения пусконаладочных работ согласовываются с заказчиком. Договор составляется по типовой форме в трех экземплярах: по одному для Заказчика и финансирующего банка и один для Подрядчика. К договору прилагаются:

смета на производство пусконаладочных работ в трех экземплярах (приложение XVIII);

справка о финансировании (приложение XIX);

особые условия производства пусконаладочных работ (см. приложение XVII).

Финансирование пусконаладочных работ осуществляется только за счет основной деятельности предприятия (заказчика).

В процессе выполнения пусконаладочных работ могут обнаруживаться недочеты в сметах и неучтенные работы,

На неучтенные работы и ошибки составляются акты установленной формы, на основании которых оформляется дополнительное соглашение на производство работ, не учтенных сметой основного договора. Работы, предусмотренные дополнительным соглашением, начинаются после его оформления.

По законченным пусконаладочным работам составляется двусторонний акт установленной формы, производятся первые записи в соответствующих эксплуатационных журналах с подписью лица, производившего наладку, и лица, ответственного за эксплуатацию налаженной установки.

Технический отчет о выполненных пусконаладочных работах составляется и оформляется согласно действующим образцам (эталонам) в строгом соответствии с Инструкцией по составлению технического отчета о проведении пусконаладочных работ.

В случае необходимости протоколы наладки и испытаний оборудования передаются заказчику в процессе наладочных работ.

Окончательный расчет с предприятием-заказчиком осуществляется после передачи ему технического отчета по фактически выполненным работам, при этом засчитываются произведенные промежуточные платежи.

Дефекты, обнаруженные в процессе эксплуатации электрооборудования и происшедшие по вине монтажной или пусконаладочной организации, устраняются силами и за счет виновной стороны при условии предъявления претензий в течение 6 месяцев со дня подписания акта о сдаче-приемке в эксплуатацию.

Предприятию-заказчику выдается гарантийный талон (приложение XX).

ОРГАНИЗАЦИЯ НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ

Наладочные работы по вновь вводимому оборудованию выполняются в следующем порядке:

- ознакомление со схемами проекта;
- осуществление контроля за выполнением монтажниками требований строительных норм и правил (СНиП) и выявление дефектов монтажа;
- наладка оборудования и устранение выявленных дефектов;

наладка технологического процесса в целом и пробная эксплуатация;

оформление отчетности по проведенным пусконаладочным работам.

Выявление дефектов монтажа осуществляется после заключения договора и продолжается до окончания наладочных работ. Ведомости дефектов передаются через представителя заказчика исполнителям работ, которые устраняют допущенные ими дефекты в оговоренные с заказчиком сроки.

Дефекты оборудования выявляются наладочной организацией после его установки. Необходимость вскрытия или разборки узлов определяется наладчиками совместно с представителями заказчика. После проверки и сборки узла дается заключение о возможности пуска оборудования в эксплуатацию.

На время вскрытия оборудования к наладочным работам привлекается эксплуатационный персонал заказчика, содержание которого во время наладки входит в обязанность заказчика.

В период пробной эксплуатации наладочная бригада производит наладку технологического процесса с доведением производительности до проектной или плановой.

В наладке технологического процесса участвует технический и производственный персонал заказчика под техническим руководством подрядчика.

Наладочные работы считаются законченными при достижении производительности, обусловленной нормативами.

В случае, если наладочные работы не выполнены в установленный срок, заказчик может применить к пусконаладочной организации штрафные санкции в размере, зависящем от количества просроченных дней.

В тех случаях, когда специализированные наладочные бригады ведут работы по совмещенному графику, согласованному с руководителем комплекса, они должны ставить его в известность о всех задержках, мешающих выполнению графика.

Границы раздела между специализированными бригадами электриков и механиков технологических машин — на муфте сцепления электродвигателя с рабочей машиной. Центровку осей производят механики.

Комплексные опробования оборудования налаживаемого объекта назначают заранее и производят в присутствии работников бригад и персонала заказчика на рабочих местах.

Наладочный персонал во время комплексного опробования следит за работой оборудования и инструктирует персонал заказчика.

После комплексного опробования оборудование сдается по акту заказчику для пробной эксплуатации.

Если персонал заказчика не в полной мере освоился со своими обязанностями, производится дополнительное его обучение силами наладчиков.

После достижения технологической линией производительности, обусловленной нормативами, оборудование сдается по акту в промышленную эксплуатацию.

Если наладочные работы импортного оборудования проводят в присутствии представителей фирмы-изготовителя, то требования последних учитываются, если они не противоречат нормам СССР.

Во всех случаях несоответствия импортного оборудования стандартам СССР, а также при обнаружении дефектов наладчиками составляются технические акты совместно с представителями заказчиков для предъявления рекламаций фирме-изготовителю.

Разборку и устранение дефектов импортного оборудования производят в присутствии представителя фирмы-изготовителя или заказчика.

Наладка оборудования, находящегося в эксплуатации, производится в следующем порядке:

получение посредством проведения испытаний или анализа записей в эксплуатационных журналах данных о режиме работы установленного оборудования в наиболее характерных точках;

анализ этих данных, определение причин плохой работы оборудования и осуществление технического руководства по их устранению;

проведение повторных испытаний после устранения дефектов и доведение показателей оборудования до номинальных.

Характер и цели испытаний определяются типовыми программами.

Технический отчет должен, помимо установленных инструкцией технических данных, содержать указания по особенностям эксплуатации оборудования.

СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ОТЧЕТОВ ПО ПРОВЕДЕННЫМ ПУСКОНАЛАДОЧНЫМ РАБОТАМ

1. Технический отчет — обязательный документ, отражающий техническое состояние установленного оборудования, заземляющих устройств, устройств автоматики, защиты, аппаратов управления и сигнализации на момент ввода его в эксплуатацию.

2. При новом (первичном) включении должны быть проверены соответствие проекту, исправность и правильность регулировки каждого элемента, а также выполнены заданные установки и режимы, проверена работа устройства в целом и надежность его действия на исполнительные аппараты и механизмы, с обязательным отражением проведенных работ в протоколах наладки.

3. Технический отчет должен содержать сведения чисто технического характера, которые представляют интерес на момент ввода налаживаемого объекта в эксплуатацию для оценки состояния оборудования, а также нормированные величины измерений, необходимых при повторных очередных и внеочередных эксплуатационных проверках оборудования, механизмов и автоматических устройств, для сравнения полученных результатов.

4. Основной частью технического отчета являются протоколы наладки и испытаний. Протоколы заполняются на основании произведенных замеров в процессе проведения пусконаладочных работ лицами, выполняющими эти измерения, за их подписью.

5. Технический отчет составляется в срок, не позднее 10 дней после окончания работ, проверяется производственно-техническим отделом пусконаладочного подразделения, размножается в трех экземплярах и утверждается главным инженером (начальником участка).

6. Утвержденные технические отчеты не позднее месячного срока с момента окончания пусконаладочных работ на объекте должны быть переданы: заказчику вышестоящей организации и архиву подразделения, производившего пусконаладочные работы.

7. Независимо от назначения, величины и ведомственной принадлежности объектов, на которых производились пусконаладочные работы, технический отчет

содержит следующее: титульный лист; аннотацию; протоколы замеров и испытаний оборудования, автоматических устройств, отдельных самостоятельных элементов, аппаратуры управления, сигнализации и т. д. в такой последовательности — технологическое оборудование, электрическое оборудование, прочие установки и аппараты; перечень контрольно-измерительных приборов, применяющихся при пусконаладочных работах, и комплектных испытательных устройств; внесенные изменения; заключение; приложения.

8. В аннотации отражаются:

наименование объекта пусконаладочных работ, его ведомственная принадлежность и место нахождения;

силами какого подразделения (с указанием численности группы, фамилии руководителя работ) и в какой период производились работы по наладке объекта;

краткая характеристика оборудования, участвующего в технологическом процессе, и его техническое состояние.

9. В пункте о внесенных изменениях даются сведения о принципиальных изменениях технологических и электрических схем проекта, произведенных в процессе наладки.

В этом случае представляется протокол согласования внесенных изменений за подписью представителей заказчика и проектной организации.

Исправление мелких ошибок проекта и ошибок монтажа в данном пункте не отражается.

10. В пункте 7 «Заключение» даются рекомендации эксплуатационному персоналу по обслуживанию нового неосвоенного оборудования и дополнительные меры безопасности при его эксплуатации. В приложениях находятся акт комплексного опробования механизмов и протокол согласования изменений проекта, при наличии последних.

11. По наладке отдельных установок (дополнительного оборудования, отдельных устройств, панелей автоматики) технический отчет не составляется.

На всех экземплярах отчета должны быть подлинные подписи лиц, его утвердивших и подписавших (на титульном листе), и печать пусконаладочного подразделения.

МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ БРИГАД

Основой материально-технического оснащения является обеспечение наладочного участка на объекте необходимым испытательным оборудованием и приборами. Кроме того, требуются некоторый специальный инвентарь, приспособления, инструменты, защитные средства по технике безопасности, бланки-протоколов и др.

Наладочному участку необходимо следующее испытательное оборудование и приборы:

установка для испытания оборудования повышенным напряжением;

нагрузочные устройства для получения больших токов;

устройства для регулирования напряжения и фазы; источники постоянного тока;

высоковольтный мост переменного тока для измерения диэлектрических потерь;

приборы для измерения степени увлажнения изоляции;

мегомметры на 500, 1000, 2500 В, в том числе с моторной или выпрямительной приставкой для снятия абсорбционных кривых;

измеритель заземления (М416);

электронный осциллограф (ЭО-7);

электромеханический осциллограф (Н-102);

лабораторные многопредельные измерительные трансформаторы тока и токоизмерительные клещи;

переносные электроизмерительные приборы 0,2— I классов точности для измерения силы тока, напряжения и мощности постоянного и переменного тока;

ампервольтметры (Ц-435);

электронный вольтметр;

гальванометры;

малогабаритные мосты (ММВ);

мост постоянного тока, одинарный (Р333, МО-62);

электростатический вольтметр (С-96);

искровой вольтметр;

вольтфазоиндикатор;

устройства для проверки простых и сложных защит (УПЗ);

вольтамперфазоиндикатор (ВАФ-85);

тахометры;

приборы для измерения переходного сопротивления контактов;

электросекундомеры.

Кроме того, необходимы следующие вспомогательное оборудование, приспособления и инвентарь:

трансформатор безопасности с переносными светильниками;

магниты для закрепления схем на металлических панелях;

индикаторы низкого напряжения;

указатели напряжения;

переносные складные столы и стулья;

защитные средства по технике безопасности (индивидуальные);

щупы, струбины и другие элементы для подключения приборов к проверяемому оборудованию;

проводники разной длины с наконечниками для сборки испытательных схем;

кабель в резиновой оболочке с медными многопроволочными жилами для подведения электропитания к проверяемому оборудованию.

Каждый наладчик обязан иметь при себе комплект инструмента. Выполняющим общие работы выдаются в личное пользование пассатижи, отвертки, плоскогубцы, гаечные ключи, телефонные трубки. Для выполнения специальных работ по релейным защитам, автоматике и высокочастотным каналам выдается набор инструмента, в который входят, кроме перечисленного, пинцеты, различные ключи, правки, надфили, паяльник, утконосы, круглогубцы и др.

Для ремонта реле и приборов на участке должен быть соответствующий слесарный инструмент, необходимые материалы и запасные части.

По всем видам проверок и испытаний электрооборудования в распоряжении наладочных организаций должны быть инструкции. Инструкции предусматривают полную программу и описание работ и служат основным материалом, которым руководствуются при производстве наладочных работ. Бригада на объекте должна иметь полный комплект инструкций, а также необходимых директивных материалов и справочной технической литературы.

РАЗГРАНИЧЕНИЕ МОНТАЖНЫХ И ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТ СОГЛАСНО НОРМАТИВНЫМ ДОКУМЕНТАМ

В действующих нормативных документах, таких, как «Строительные нормы и правила», «Общая часть к ценникам на монтаж оборудования» и др., изложена последовательность выполнения отдельных этапов монтажных и пусконаладочных работ, а также регламентированы взаимоотношения сторон при монтаже и наладке оборудования.

В этих документах записано:

«...индивидуальное испытание под нагрузкой является окончанием работ по монтажу оборудования. В тех случаях, когда проведение индивидуального испытания под нагрузкой невозможно, в отрыве от испытания комплекса сложного оборудования или технического производства, окончанием монтажных работ считается индивидуальное испытание смонтированного оборудования вхолостую» (СНиП Ш-Г.10—66 п. 4.3).

«После окончания индивидуальных испытаний смонтированного оборудования, производимых монтажными организациями, оборудование принимается рабочей комиссией для комплексного опробования по акту. С момента подписания указанного акта оборудование считается принятым заказчиком» (СНиП Ш-Г. 10—66 п. 4.13).

На основании вышеизложенного можно сказать, что монтажные работы заканчиваются индивидуальным испытанием смонтированного оборудования, которые проводит монтажная организация, и они входят в объем монтажа и оплачиваются из капиталовложений.

Пусконаладочные работы проводит заказчик или специализированная организация по его поручению.

Пусконаладочные работы в объем монтажа не входят и финансируются из средств основной деятельности предприятия-заказчика.

Пусконаладочные работы отличаются от монтажных по своей специфике: технологии, применяемому инструменту, оснастке, материалам и квалификации исполнителей.

В монтажных работах преобладают сборочные, подгоночные, сварочные и такелажные операции, в пусконаладке же основными работами являются: регулировки и измерения параметров, опробование оборудования на

различных режимах, разработка и осуществление организационно-технических мероприятий по достижению его проектной производительности.

Для проведения пусконаладочных работ необходимы сложный инструмент и специальные приборы. Наладочный персонал (50%) составляют инженеры и техники, рабочие в среднем имеют 5-й разряд.

Монтажные работы должны быть выполнены в соответствии с требованиями СНиП и в полном объеме, предусмотренном прейскурантом цен на монтаж соответствующего вида оборудования.

В ценах на монтаж электрооборудования учтены следующие работы:

перемещение оборудования и материальных ресурсов;

подключение смонтированных или проложенных шин, жил кабеля или проводов к оборудованию;

присоединения смонтированных шин заземления к электрооборудованию, металлическим конструкциям и т. д., подлежащим заземлению;

окраска металлических конструкций, трубопроводов, открытых шинопроводов, шин, троллеев, деталей крепления и др.;

установка плакатов безопасности и номерных знаков;

опробование электрооборудования вхолостую.

VIII. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Наладчик, особенно 5—6-го разряда, должен твердо знать общие и специальные правила безопасной работы в электроустановках, пройти проверку знаний по технике безопасности в объеме не ниже IV—V квалификационной группы и получить соответствующее удостоверение, обязательно проходить инструктаж по технике безопасности на каждом новом рабочем месте, строго выполнять все правила техники безопасности.

Наладчику следует также знать местные инструкции, учитывающие особенность данной электроустановки, для безопасной работы.

Особого внимания требует работа в действующих электроустановках. К действующим относятся не только устройства, находящиеся полностью или частично под напряжением, но и устройства, не находящиеся под напряжением, на которые может быть подано напряжение коммутационными аппаратами.

Действующими считают также установки, в которых из помещения, где они смонтированы, имеется незапертый вход к другим устройствам, находящимся под напряжением.

Все наладочные работы в действующих устройствах выполняют только по письменному распоряжению (наряду) не менее чем два лица, одно из которых имеет IV—V группу по технике безопасности, а второе — не ниже III группы.

Для обеспечения безопасных условий работ проводятся следующие мероприятия:

медицинское освидетельствование 1 раз в 2 года для всех работников, участвующих в производстве наладочных работ;

проверка знаний всеми работниками общих правил техники безопасности (ПТБ) и специальных разделов их с выдачей удостоверения о присвоении определенной

квалификационной группы. Работа, поручаемая руководителем работ каждому звену, должна соответствовать присвоенным членам звена квалификационным группам.

Каждый работник, участвующий в производстве работ, в соответствии с его квалификационной группой по технике безопасности несет ответственность за соблюдение всех требований ПТБ. Проверку производят 1 раз в 3 года;

в случае нарушения ПТБ или изменения условий труда производят повторную проверку. За все виды нарушений накладывают взыскания. При серьезных нарушениях, повлекших за собой несчастные случаи, привлекают к уголовной ответственности;

руководитель производства работ на объекте тщательно инструктирует каждого, впервые прибывшего работника, знакомит его со всеми особенностями данного объекта, расположением всех его основных и вспомогательных узлов, обращая особое внимание на узлы, находящиеся под напряжением и на которые может быть подано напряжение. Этот инструктаж регистрируют в специальном журнале;

при подготовке рабочего места, кроме выполнения общих требований ПТБ, обеспечивают удобное и безопасное расположение измерительных приборов и испытательного оборудования, достаточную освещенность рабочего места, сборку схемы измерения или испытания проводами, имеющими достаточную изоляцию, надежное закрепление рубильников, через которые на схему подается напряжение, возможность в случае внезапной необходимости быстро и безопасно снять со схемы напряжение;

проводя испытания оборудования повышенным напряжением от постороннего источника, строго соблюдают требования специального раздела ПТБ;

испытания повышенным напряжением оборудования и вторичных цепей производят, обеспечив все меры, при которых гарантируется безопасность персонала строительных, монтажных и других организаций, производящих работы на данном объекте. Массовые испытания оборудования и устройств (системы шин и пр.) производят в такой период, когда другие работы на данном участке не ведутся (после окончания всех работ на объекте, ночью, в воскресенье и т. д.);

по окончании испытаний повышенным напряжением объект испытаний тщательно разряжают от остаточных зарядов, особенно после испытаний выпрямленным напряжением;

при измерениях в токовых цепях, находящихся под нагрузкой, возможны большие, опасные для жизни перенапряжения в местах разрыва цепей. Во избежание этого принимают специальные меры, предусматриваемые ПТБ, в частности подключения и переключения в токовых цепях допускаются только на специально предназначенных для этого испытательных зажимах или блоках;

перед началом работ, связанных с опасными напряжениями, тщательно проверяют наличие и состояние всех заземлений и связь их с контуром заземления, состояние контура заземления и соответствие его сопротивления растеканию нормам;

во время работ на выключателях во избежание травм принимают меры, предотвращающие всякую возможность случайного включения или отключения, например: снятие оперативного тока, вывешивание плакатов на оперативных рукоятках, перекрытие вентилей на воздухопроводах воздушных выключателей и т. п.;

при новых опробованиях электродвигателей принимают меры, исключающие возможность включения других электродвигателей, на которых производятся работы. Такие случаи особенно возможны, например с одноименными электродвигателями котлов, маркировка которых различается только буквами (А, Б и т. д.);

каждая бригада наладчиков на объекте комплектуется следующими защитными средствами: диэлектрическими перчатками, ботами и ковриками, разрядно-заземляющей штангой, индикатором низкого напряжения, индикатором высокого напряжения, касками защитными, трансформатором безопасности 220/12 В с переносной арматурой, аптечкой.

ПОДГОТОВКА РАБОЧЕГО МЕСТА

Помещение, предназначенное для работ по наладке электропривода, освобождают от неиспользованного оборудования и строительных материалов, очищают от мусора и моют. Все отверстия в полу закрывают, вращаю-

щиеся и токоведущие части машин ограждают и защищают от случайного прикосновения. Во время работ включают общее и местное освещение; для осмотра оборудования приспособливают переносные лампы или фонари.

Перед машинными агрегатами и движущимися механизмами, на панелях управления и над переносным столом с измерительной аппаратурой вывешивают предупредительные плакаты: «Стоять — опасно для жизни», «Под напряжением». Во избежание ошибочных действий пользуются плакатами: «Работать здесь», «Не включать — работают люди» и, кроме того, предусматривают блокировку разъединителей, рубильников, кнопок управления.

Пуск электрических машин требует предварительного оформления определенных документов и согласования совместных работ с электромонтажным персоналом и с механиками.

Во всех наладочных работах руководствуются «Правилами техники безопасности при производстве электромонтажных работ», ведомственными правилами, местными правилами и инструкциями, учитывающими особенности объекта и исполняемых работ.

Особой осторожности требует защитное заземление. Корпуса электрических машин, стоящих на фундаментных плитах, должны быть надежно заземлены при любых видах испытаний. Измерительные приборы, как правило, выпускаются в пластмассовых корпусах из изоляционного материала. Однако ползунковые реостаты, поворотные трансформаторы (РНО), осциллографы имеют металлические корпуса; при повреждениях внутри аппарата на этих корпусах может появиться напряжение, опасное для наладчика.

В связи с повышенной опасностью к наладочным работам допускают только обученный и проверенный персонал, обладающий не только необходимыми знаниями, но и высокой производственной дисциплиной. Поскольку, несмотря на возможную близость напряжения, наладчикам приходится работать без резиновых перчаток, для обеспечения безопасности необходимо принимать специальные меры. В связи со сложностью и разнообразием наладочных работ нельзя дать единых рекомендаций о методах защиты. Основные положения сводятся к следующему.

Во время работы с осциллографами и иными приборами, питаемыми от сети или имеющими рабочее напряжение более 60 В, главным является надежная изоляция самого наладчика. Для этого пользуются изоляционным помостом (решеткой) или резиновым ковриком; следят, чтобы помост и коврик были сухими и очищенными от пыли.

Обувь, одежда и руки наладчика должны быть также сухими. Одежду надевают с длинными рукавами, желательно с застежками; женщины носят брюки или чулки.

Всю аппаратуру располагают на изолирующем деревянном столе, покрытом гетинаксом или электрокартоном; реостаты и другие регулируемые устройства закрепляют. Металлические кожухи аппаратов, не нуждающихся в экранировке, как правило, не заземляют. Однако в ряде случаев при подключении аппаратов к сети, при работе в сырых помещениях, при близком нахождении лиц, не знакомых с условиями наладки (например, когда в помещении находятся строители), корпуса всех находящихся под напряжением устройств заземляют.

Регулирующие устройства, стоящие под столом и около него, ограждают от случайного касания (для этого пользуются сухими досками, асбоцементными листами, электрокартоном, ковриками). Ограждения надежно закрепляют.

ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ С ПОДАЧЕЙ ПОВЫШЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ ОТ ПОСТОЯННОГО ИСТОЧНИКА ТОКА

Испытания проводят бригады в составе не менее двух человек, из которых производитель работ должен иметь квалификационную группу не ниже IV, а остальные — не ниже III. К испытаниям допускаются лица, прошедшие специальную подготовку и имеющие практический опыт проведения испытаний в действующих электроустановках. Не допускается одновременное проведение испытаний и других работ различными бригадами в пределах одного присоединения. Перед началом испытания проверяют стационарное заземление корпусов испытываемого оборудования и надежно за-

земляют испытательную установку. Место испытаний, а также соединительные провода, находящиеся под испытательным напряжением, ограждают или у места испытания выставляют наблюдающего. Если соединительные провода, находящиеся под испытательным напряжением, расположены вне помещения электроустановки (коридоры, лестницы, проходы, территория), выставляют охрану из одного или нескольких проинструктированных лиц, введенных в состав бригады для предупреждения об опасности приближения или проникновения за ограждение. Лица, назначенные для охраны, могут покинуть свой пост только после получения ими команды от производителя работ. При испытаниях кабеля, противоположный конец которого расположен в закрытой камере или ячейке распределительного устройства, на дверях или ограждении вывешивают плакат «Стоять — высокое напряжение», а на приводах отключенных разъединителей — плакаты «Не включать — работают люди». Если двери этих ячеек или камер не заперты, либо испытанию подвергается кабель с разделенными на трассе концами, то помимо плакатов у дверей камеры или ячейки, огражденного места, где находятся разделенные концы кабеля, выставляют охрану из лиц состава бригады.

Провод, с помощью которого повышенное напряжение от испытательной установки подводится к испытываемому оборудованию, надежно закрепляют с помощью промежуточных изоляторов, изолирующих подвесок и т. п., чтобы исключить случайное приближение этого провода к находящимся под напряжением токоведущим частям электроустановки. Присоединение испытательной установки к сети напряжением 380/220 В проводят через коммутационный аппарат с видимым разрывом, в том числе через штепсельную вилку, расположенную у испытательной установки. При сборке испытательной схемы перед присоединением испытательной установки к сети 380/220 В на высоковольтный вывод установки накладывают заземление при помощи специальной заземляющей штанги из изоляционного материала.

Сечение заземляющего медного проводника должно быть не менее 4 мм².

Перед подачей напряжения на испытательную установку проверяют, все ли члены бригады находятся на

местах, нет ли посторонних людей, предупреждают бригаду словами «Подаю напряжение», после чего с вывода испытательной установки снимают заземление и включением аппарата с видимым разрывом подают напряжение 380/220 В. С момента снятия заземляющей штанги вся испытательная установка, включая соединительные провода, считается под напряжением и производить какие-либо пересоединения в испытательной схеме и на испытательном оборудовании запрещается.

По окончании испытаний производитель работ снижает напряжение испытательной установки до нуля, отключает аппарат, подающий напряжение от сети, заземляет вывод испытательной установки и сообщает об этом работникам бригады словами «Напряжение снято». Только после этого можно пересоединить провода от испытательной установки или отсоединить их в случае окончания испытаний.

До испытания изоляции, а также после испытания необходимо разрядить испытываемое оборудование на землю и убедиться в полном отсутствии на нем заряда. Наложение и снятие заземления заземляющей штангой, подсоединение и отсоединение проводов от испытательной установки и испытываемого оборудования производит одно и то же лицо в диэлектрических перчатках.

Измерения мегомметром на напряжение до 2,5 кВ проводят обученные лица с квалификационной группой не ниже III. Измерения сопротивления изоляции какой-либо части электроустановки можно проводить только тогда, когда эта часть отключена со всех сторон, в чем должно убедиться лицо, производящее измерения. Перед испытанием кабелей и воздушных линий напряжением выше 1000 В следует разрядить их, пользуясь диэлектрическими перчатками и галошами. Перед началом работы с мегомметром убеждаются в отсутствии людей, производящих работы на испытываемом участке электроустановки, запрещают находящимся вблизи установок прикасаться к токоведущим частям и, если нужно, выставляют охрану.

После измерения мегомметром испытываемое оборудование разряжают на землю и убеждаются в полном отсутствии на нем заряда,

ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕНΟΣНЫМИ ПРИБОРАМИ И ТОКОИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ КЛЕЩАМИ

Измерения переносными приборами и токоизмерительными клещами производятся двумя лицами, одно из которых должно иметь квалификационную группу не ниже IV, а второе — не ниже III. Для измерения применяют клещи с амперметром, установленным на их рабочей части. Применение клещей с вынесенным амперметром не допускается. Измерения проводят в диэлектрических перчатках и галошах (или стоя на изолирующем основании), держа клещи на весу. Запрещается нагибаться к амперметру при отсчете показаний, касаться приборов, сопротивлений, проводов и измерительных трансформаторов при производстве измерений. Измерения можно производить на участках шин, конструктивное выполнение которых исключает возможность электрического пробоя между фазами или на землю из-за уменьшения изоляционных расстояний за счет рабочей части клещей.

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ РАБОТЕ С ЭЛЕКТРОИНСТРУМЕНТОМ

Электроинструмент должен удовлетворять следующим основным требованиям:

быстро включаться и отключаться от электросети (но не самопроизвольно);

быть безопасным в работе и иметь недоступные для случайного прикосновения токоведущие части.

Напряжение электроинструмента разрешается:

не выше 220 В в помещениях без повышенной опасности;

не выше 36 В в помещениях с повышенной опасностью и вне помещений.

В особо опасных помещениях и при наличии неблагоприятных условий (в котлах, баках и т. д.) разрешается работать электроинструментом на напряжение не выше 36 В с обязательным применением защитных средств (диэлектрические перчатки, коврики и т. д.).

Корпус электроинструмента на напряжение выше 36 В обеспечивают специальным зажимом для присоединения заземляющего провода.

Штепсельные соединения, предназначенные для подключения электроинструмента, должны быть недоступ-

расстояние от стен, окон и отопительных систем столов и шкафов с измерительными приборами — не менее 0,2 м;

расстояние между рабочими столами — не менее 0,8 м.

Высоковольтные установки, рабочие макеты и открытые экспериментальные схемы ограждают и снабжают соответствующими предупредительными плакатами, а сами установки и приборы обеспечивают блокировкой по высокому напряжению.

В каждом отдельном помещении устанавливают общий рубильник для выключения силовой сети.

Перед всеми электроустановками укладывают резиновые коврики.

Сопротивление изоляции электропроводки установок и электрической сети лаборатории проверяют на соответствие установленным нормам.

Неизолированные металлические части электроустановок надежно заземляют в соответствии с ПУЭ.

Все устройства с питанием от сети обеспечивают световой индикацией включения общего светового напряжения.

Рабочие столы, шкафы и другую рабочую мебель выбирают с гладкой поверхностью и устанавливают на ножках для возможной уборки пола под ними.

Стол для работы с приборами, наполненными ртутью, оборудуют по краям возвышающимися бортами, для работы с открытой ртутью — приспособлением для стока и сбора ртути.

Приборы, наполненные ртутью, закрепляют таким образом, чтобы можно было легко производить их очистку от загрязнений ртутью. Приборы хранят в шкафах, оборудованных местной вентиляцией.

Образцовые приборы и поверочные установки запрещается размещать в непосредственной близости от отопительных устройств.

Подходы к электрооборудованию делают свободными от посторонних предметов.

ТРЕБОВАНИЯ К ПЕРСОНАЛУ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Все лица, занятые на обслуживании действующих электроустановок сильного тока, должны быть психически здоровыми и не иметь увечий или болезней, пре-

пятствующих физическому труду или повышающих вероятность несчастного случая и тяжелого его исхода (болезни зрения, сердца, почек, кожи, заикание и др.). По вопросам техники безопасности все лица, обслуживающие действующие электроустановки, делятся на 5 квалификационных групп. Возраст их должен быть не менее 18 лет (для некоторых групп — 20—21 год), за исключением лиц I и II групп, где допускается 17 лет для практикантов. Лиц, не достигших 18 лет, нельзя использовать на работах, к которым не допускают подростков: на монтаже кабельных муфт, на верховых работах воздушных линий (при высоте более 3 м от земли до ног), на работах без снятия высокого напряжения, на ремонте и обслуживании электрооборудования в котельных, в теплосиловом отделении электростанций и на электрофильтрах, а также при электроизоляционных работах с применением эпоксиднофенольных смол и лаков.

К I группе относят лиц, связанных с обслуживанием электроустановок, но не имеющих электротехнических знаний и проходящих инструктаж при поступлении на работу и затем периодически не реже одного раза в квартал (ученики электромонтеров, уборщицы в электроустановках, водители автокранов, доярки, лица, работающие с электрифицированным инструментом, строительные рабочие и другой неэлектротехнический персонал). Они должны иметь элементарное представление об опасностях электрического тока и мерах безопасности при работах в электроустановках, а также знать правила оказания первой помощи.

Квалификационную I группу присваивает единолично ответственный за электрохозяйство или по его поручению лицо с III квалификационной группой после проверки знания безопасных методов работы на обслуживаемой электрифицированной машине или ином рабочем месте. Присвоение группы фиксируют в журнале с подписями проверявшего знания и проверяемого.

Лица II группы должны иметь элементарное техническое знакомство с электроустановками; достаточно отчетливо представлять себе опасности электрического тока; знать основные меры предосторожности при работах в электроустановках; освоить способы оказания первой помощи. Эту группу присваивают электромонтерам и электрослесарям, практикантам, такелажни-

ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПОСТРАДАВШЕМУ ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Пострадавшего нужно как можно быстрее освободить от действия тока. Для этого отключают ту часть электроустановки, которой касается пострадавший. При напряжении до 400 В можно воспользоваться любыми не проводящими ток предметами: встать на сверток сухой одежды или на доску, обмотать шарфом руку, которой затем оттащить пострадавшего. Даже голой рукой можно взять пострадавшего за сухую одежду, но нельзя касаться его голого тела или обуви, которая может быть влажной или имеет металлические детали. Если пострадавший касается одного из проводов, то прервать ток можно, подсунув под пострадавшего сухую доску или оттянув ноги от земли палкой или с помощью сухой веревки.

Иногда быстрее перерубить провода инструментом с изолированными ручками (рубить их — по одному, чтобы не появилась электрическая дуга из-за короткого замыкания).

Если напряжение установки более 400 В и быстрое отключение невозможно, то следует либо оттащить пострадавшего от частей установки под напряжением, пользуясь изолирующими защитными средствами, рассчитанными на это напряжение (штанги, клещи для предохранителей, а также диэлектрические боты и перчатки), либо вызвать автоматическое отключение установки, устроив в ней короткое замыкание на безопасном расстоянии от пострадавшего. Например, на воздушной линии набрасывают голый провод на 2—3 фазы линии, предварительно присоединив этот провод к какому-либо заземлителю. Набрасываемый провод после соприкосновения с проводами линии не должен касаться бросавшего или других людей и никто не должен стоять ближе 5 м от заземлителя.

После отключения линии напряжением выше 1000 В на ней может сохраниться опасный для жизни емкостный заряд. Лишь после надежного ее заземления к пострадавшему можно прикасаться без изолирующих штанг, клещей и т. п.

Прежде всего надо постараться вызвать скорую медицинскую помощь и, не теряя времени, одновременно оказать первую помощь пострадавшему.

Если пострадавший не дышит совсем или, находясь в бессознательном состоянии, дышит редко и судорожно, то нужно делать искусственное дыхание. Перед этим надо быстро расстегнуть одежду пострадавшего, стесняющую дыхание (галстук, пояс). Нужно также раскрыть рот пострадавшего и удалить все, что мешает дыханию.

Если у пострадавшего расширены зрачки и пульс не прощупывается даже на шее, то у него парализовано не только дыхание, но и сердце. Тогда искусственное дыхание чередуют с массажем сердца путем надавливания на нижнюю треть грудной клетки пострадавшего быстрыми толчками положенных одна на другую ладоней спасателя (там, где грудина выдается мечевидным отростком в виде угла над животом, но не «под ложечкой»). Делают 4—5 толчков со скоростью примерно раз в секунду так, чтобы грудина смещалась в направлении к позвоночнику на 4—5 см. Затем дважды спасатель делает глубокий вдох и, зажав ноздри пострадавшего, вдвухает воздух ему в рот. Затем опять делает 4—5 нажатий на грудину и т. д.

Когда пострадавший пошевелит губами, веками или сделает глотательное движение горлом, нужно проверить, не начнет ли он дышать самостоятельно и равномерно. Искусственное дыхание прекращают, иначе оно может только повредить. Если же после нескольких мгновений ожидания окажется, что пострадавший не дышит, искусственное дыхание немедленно возобновляют.

Линии, знаки и геометрические фигуры,
применяемые в стандартах
(размеры не соблюдены)

Линия, знак, фигура	Значение
На электрических схемах ЕСКД	
	Провод, кабель, шина
	Механическая связь частей машины, прибора, аппарата
	Ферромагнитный сердечник
	Ферромагнитный сердечник с воздушным зазором
	Корпус машины, прибора, аппарата
	{ Экран Механическая связь частей машины, прибора, аппарата
	{ Соединение электрическое (общее обозначение) Начало обмотки Знак газового наполнения Подвижной контакт реле переключателя Замкнутое положение переключателя цепей управления, контроллера
	Винт, зажим
	{ Ротор (общее обозначение) Ротор короткозамкнутый Обмотка трансформатора и автотрансформатора
	Ротор с распределенной обмоткой возбуждения
	Ротор с явно выраженными полюсами (с прорезями по окружности)
	Ротор с сосредоточенной обмоткой
	Измерительный механизм вольтметра

Линия, знак, фигура	Значение
	Трансформатор тока с одной вторичной обмоткой
	Прибор измерительный показывающий
	Статор (общее обозначение) Обмотка статора
	Машина вращающаяся (общее обозначение)
	Прибор регистрирующий
	Двигатель, привод (общее обозначение)
	Прибор интегрирующий (счетчик)
	Сирена
	Обмотка реле, контактора, магнитного пускателя
	Электромагнит (общее обозначение)
	Печь (общее обозначение)
	Плавкий предохранитель (общее обозначение)
	Резистор
	{ Обмотка добавочных полюсов Обмотка компенсационная Обмотка токовая измерительного прибора Обмотка реле токовая последовательная Вторичная обмотка трансформатора тока
	{ Обмотка статора (каждой фазы) Обмотка напряжения измерительного прибора Обмотка последовательного возбуждения машины постоянного тока Обмотка реле напряжения параллельная
	{ Обмотка параллельная возбуждения машины постоянного тока То же независимого возбуждения То же трансформатора и автотрансформатора

Линия, знак, фигура	Значение
○ ○	Баллон электронного электровакуумного прибора
◉ ◉	Баллон ионного электровакуумного прибора

На плане электропроводки по ГОСТ 7621—55

○	{ Электродвигатель Светильник, устанавливаемый на опоре
⊙	Генератор
⊗	Соленоид привода
●	{ Прожекторная мачта или вышка Светильник «Шар» молочного стекла
○○	Трансформатор
○	Автотрансформатор
◐	Вентиль (выпрямитель) ртутный
▶	То же полупроводниковый
▲	Подстанция трансформаторная
□	Плита фундаментная, агрегат, двигатель, электроконструкция
□	Щит, пульт, шкаф управления
▢	Щит, сборка распределительная
⊠	Щиток групповой аварийного освещения
◻	Шкаф или коробка с зажимами (клеммами)
□	Пускатель
⊔	Магнит тормозной
⊞	Ящик с автоматом
⊞	Ящик с рубильником
⊞	Ящик с предохранителями

Линия, знак, фигура	Значение	
	Коробка протяжная	
	Выключатель путевой	
	Кнопка	
	Реле	
	Счетчик	
	Звонок	
	Сирена, гудок, ревун	
	Плафон	
	{ Патрубок для прохода сквозь перекрытие Светильник местного освещения	
		То же, комплектный, состоящий из понизительного трансформатора, кронштейна и светильника
	{ Линия силовой распределительной сети переменного тока напряжением до 500 В включительно Линия сети рабочего освещения (только для чертежей электроосвещения) Труба, прокладываемая в бетоне или земле	
		Магистраль переменного тока, выполненная голыми шинами, лентами, проводами
	То же постоянного тока	
	Шнопровод, закрытый на стойках	
	То же на подвесах	
	То же на кронштейнах	
	То же, прокладываемый под полом	
	{ Линия силовой распределительной сети постоянного тока Линия аварийного освещения (только для чертежей электроосвещения) Труба, прокладываемая под перекрытием нижележащего этажа	
		Линия аварийного освещения (только для чертежей электроосвещения)
		Труба, прокладываемая под перекрытием нижележащего этажа

Линия, знак, фигура	Значение
	Линия, подвешенная к тросу
	Линия контроля, измерения, сигнализации и дистанционного управления электроосвещением
	Линия заземления или зануления
	Конструкции металлические, используемые в качестве магистралей заземления и зануления
	Заземлители
	Труба, прокладываемая открыто
	Поток труб, прокладываемых открыто
	Поток труб, прокладываемых под перекрытием нижележащего этажа
	Линия сети охранного освещения
	Линия сети 36 В и ниже
	Кабель, прокладываемый открыто
	Труба направлена вниз
	Труба направлена вверх
	Линия уходит вниз, приходит сверху, уходит вверх и вниз
	Канал кабелей
	Траншея кабельная
	Блок кабельный
	Туннель кабельный

Приложение II

Условные обозначения, наносимые на электроизмерительные приборы и вспомогательные части

Условные обозначения на шкале прибора	Электроизмерительные приборы и вспомогательные части
---------------------------------------	------------------------------------------------------

Обозначения по принципу действия прибора



Магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой



Магнитоэлектрический логометр с подвижными рамками

Условные
обозначения на
шкале прибора

Электроизмерительные приборы и вспомогательные части

	Магнитоэлектрический прибор с подвижным магнитом
	Магнитоэлектрический логометр с подвижным магнитом
	Электромагнитный прибор
	Электромагнитный логометр
	Электромагнитный поляризованный прибор
	Электродинамический прибор
	Электродинамический логометр
	Ферродинамический прибор
	Ферродинамический логометр
	Индукционный логометр
	Индукционный логометр
	Магнитоиндукционный прибор
	Электростатический прибор
	Вибрационный прибор (язычковый)
	Тепловой прибор (с нагреваемой проволокой)
	Биметаллический прибор

Условные
обозначения на
шкале прибора

Электроизмерительные приборы и вспомогательные части

Дополнительные обозначения по виду преобразователя

	Термопреобразователь изолированный
	Термопреобразователь неизолированный
	Выпрямитель полупроводниковый
	Выпрямитель электромеханический
	Электронный преобразователь
	Преобразователь вибрационно-импульсный
	Компенсационный преобразователь

Дополнительные обозначения по защите от магнитных
и электрических полей

	Защита от внешних магнитных полей (1 категория защищенности)
	Защита от внешних электрических полей (1 категория защищенности)
600 Н _з	Значение частоты $f_{к}$, до которой напряженность испытательного магнитного поля равна 400 А/м, например $f_{к}=600$ Гц
	Магнитоэлектрический прибор (1 категория защищенности от магнитных влияний)
	Электростатический прибор (1 категория защищенности от электрических полей)

Обозначение рода тока

	Постоянный ток
	Переменный ток (однофазный)
	Постоянный и переменный ток

Условные
обозначения на
шкале прибора

Электроизмерительные приборы и вспомогательные части



Трехфазный ток (общее обозначение)



Трехфазный ток при неравномерной нагрузке фаз



Прибор с одноэлементным измерительным механизмом



Прибор с двухэлементным измерительным механизмом



Прибор с трехэлементным измерительным механизмом (для четырехпроводной сети)

Обозначение класса точности, положения прибора,
прочности изоляции и пр.

1,5

Класс точности при нормировании погрешности в процентах диапазона измерений, например 1,5



Класс точности при нормировании погрешности в процентах длины шкалы, например 1,5



Горизонтальное положение шкалы



Вертикальное положение шкалы



Наклонное положение шкалы под определенным углом к горизонту, например 60°



Направление ориентировки прибора в земном магнитном поле

3,0	2880	84,5	0,89	7	1,7	2,2	0,8	1430	83,5	0,84	7	1,8	2,2	1,2	956	83,0	0,78	6,5	1,3	1,8	0,8
4,0	2880	85,5	0,89	7	1,7	2,2	0,8	1440	86,0	0,85	7	1,5	2,0	0,8	955	84,5	0,79	6,5	1,3	1,8	0,8
5,5	2900	87,0	0,90	7	1,6	2,2	0,8	1440	88,0	0,86	7	1,5	2,0	0,8	965	85,5	0,81	6,5	1,3	1,8	0,8
7,5	2900	88,0	0,91	7	1,6	2,2	0,8	1440	88,5	0,87	7	1,4	2,0	0,8	965	87,0	0,82	6,5	1,3	1,8	0,8
10	2910	88,0	0,89	7	1,5	2,2	0,8	1440	89,0	0,88	7	1,4	2,0	0,8	965	88,0	0,89	7	1,2	1,8	0,8
13	2910	88,5	0,9	7	1,5	2,2	0,8	1450	88,5	0,89	7	1,3	2,0	0,8	965	88,0	0,89	7	1,2	1,8	0,8
17	2920	87,0	0,9	7	1,2	2,2	0,8	1450	89,0	0,89	7	1,3	2,0	0,8	970	90,0	0,90	7	1,2	1,8	0,8
22	2930	88,0	0,9	7	1,1	2,2	0,8	1450	90,0	0,90	7	1,2	2,0	0,8	970	90,5	0,90	7	1,2	1,8	0,8
30	2930	89,0	0,9	7	1,1	2,2	0,8	1450	91,0	0,91	7	1,2	2,0	0,8	980	91,5	0,91	7	1,1	1,8	0,8
40	2940	89,0	0,91	7	1,0	2,2	0,8	1470	91,5	0,91	7	1,1	2,0	0,8	980	91,5	0,91	7	1,1	1,8	0,8
55	2940	90,0	0,92	7	1,0	2,2	0,8	1470	92,5	0,92	7	1,1	2,0	0,8	985	92,5	0,92	7	1,1	1,8	0,8
75	2950	90,0	0,92	7	1,0	2,2	0,8	1480	92,5	0,92	7	1,1	2,0	0,8	985	92,5	0,92	7	1,1	1,8	0,8
100	2950	91,5	0,92	7	1,0	2,2	0,8	1480	93,0	0,92	7	1,1	2,0	0,8	—	—	—	—	—	—	—

в) Двигатели серии АОПЗ

3,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	960	79,0	0,65	7,0	1,8	2,2	1,5
4,0	1440	85,0	0,81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	958	81,0	0,68	7,0	1,8	2,2	1,5
5,5	1450	87,0	0,82	7,0	1,8	2,2	1,5	1460	88,0	0,83	7,5	1,8	2,2	1,5	950	85,0	0,80	7,5	1,8	2,2	1,5
7,5	1465	88,0	0,83	7,5	1,8	2,2	1,5	1465	88,0	0,83	7,5	1,8	2,2	1,5	950	85,5	0,80	7,5	1,8	2,2	1,5
10	1440	88,0	0,84	7,5	1,8	2,2	1,5	1465	88,0	0,83	7,5	1,8	2,2	1,5	964	86,0	0,83	7,5	1,8	2,2	1,5
13	1440	88,0	0,84	7,5	1,8	2,2	1,5	1440	88,0	0,84	7,5	1,8	2,2	1,5	968	87,0	0,83	7,5	1,8	2,2	1,5
17	1440	89,5	0,85	7,5	1,8	2,2	1,5	1440	88,0	0,84	7,5	1,8	2,2	1,5	970	88,0	0,84	7,5	1,8	2,2	1,5
22	1450	90,0	0,85	7,5	1,8	2,2	1,5	1440	89,5	0,85	7,5	1,8	2,2	1,5	970	89,0	0,84	7,5	1,8	2,2	1,5
30	1470	91,0	0,89	7,5	1,8	2,2	1,5	1450	90,0	0,85	7,5	1,8	2,2	1,5	980	91,0	0,89	7,5	1,8	2,2	1,5
40	1470	92,0	0,89	7,5	1,8	2,2	1,5	1470	92,0	0,89	7,5	1,8	2,2	1,5	980	91,5	0,89	7,5	1,8	2,2	1,5
55	1480	93,0	0,89	7,5	1,8	2,2	1,5	1470	92,0	0,89	7,5	1,8	2,2	1,5	980	92,0	0,89	7,5	1,8	2,2	1,5
75	1480	93,0	0,89	7,5	1,8	2,2	1,5	1480	93,0	0,89	7,5	1,8	2,2	1,5	980	92,0	0,89	7,5	1,8	2,2	1,5
100	1480	93,0	0,89	7,5	1,8	2,2	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Основные технические данные асинхронных двигателей единой серии А2, АО2, АОП2 с короткозамкнутым ротором на 750 и 600 об/мин (синхронная частота вращения)

Мощность $P_{н}$, кВт	750 об/мин					600 об/мин								
	Частота вращения $n_{н}$, об/мин	КПД, %	$\frac{n}{n_{с}}$	$\frac{I_{п}}{I_{н}}$	$\frac{M_{п}}{M_{н}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{н}}$	$\frac{M_{мин}}{M_{н}}$	Частота вращения $n_{п}$, об/мин	КПД, %	$\frac{n}{n_{с}}$	$\frac{I_{п}}{I_{н}}$	$\frac{M_{п}}{M_{н}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{н}}$	$\frac{M_{мин}}{M_{н}}$
7,5	725	85	0,78	6	1,2	1,7	0,8	—	—	—	—	—	—	—
10	725	87	0,81	7	1,2	1,7	0,8	—	—	—	—	—	—	—
13	725	87,5	0,82	7	1,1	1,7	0,8	—	—	—	—	—	—	—
17	725	88,5	0,82	7	1,1	1,7	0,8	—	—	—	—	—	—	—
22	730	89	0,82	7	1,1	1,7	0,8	—	—	—	—	—	—	—
30	730	90	0,84	7	1,1	1,7	0,8	—	—	—	—	—	—	—
40	735	91,5	0,84	7	1,1	1,7	0,8	—	—	—	—	—	—	—
55	735	92	0,87	7	1,1	1,7	0,8	—	—	—	—	—	—	—
а) Двигатели серии А2														
2,2	710	81	0,69	6	1,2	1,7	0,8	—	—	—	—	—	—	—
3,0	710	81,5	0,70	6	1,2	1,7	0,8	—	—	—	—	—	—	—
4,0	720	84	0,71	6	1,2	1,7	0,8	—	—	—	—	—	—	—
5,5	720	85	0,72	6	1,2	1,7	1,8	—	—	—	—	—	—	—
б) Двигатели серии АО2														

Основные технические данные асинхронных взрывозащищенных двигателей единой серии ВАО с короткозамкнутым ротором на 3000, 1500, 1000 об/мин (синхронная частота вращения)

Мощность P _н кВт	3000 об/мин						1500 об/мин						1000 об/мин						
	Частота вращения n _п , об/мин	КПД, %	cos φ	I _п I _н	M _п M _н	M _{макс} M _н	Частота вращения n _п , об/мин	КПД, %	cos φ	I _п I _н	M _п M _н	M _{макс} M _н	Частота вращения n _п , об/мин	КПД, %	cos φ	I _п I _н	M _п M _н	M _{макс} M _н	
																			—
0,27	—	—	—	—	—	—	1380	64,0	0,69	4,5	2,0	2,1	—	—	—	—	—	—	—
0,4	2730	69,0	0,84	5,0	1,9	1,9	1380	66,0	0,69	4,5	2,0	2,1	910	63,0	0,65	4,5	1,8	2,0	—
0,6	2730	72,0	0,84	5,0	1,9	1,9	1380	69,0	0,69	4,5	2,0	2,2	910	64,0	0,66	4,5	1,8	2,0	—
0,8	2830	76,0	0,84	6,0	2,2	2,2	1420	76,5	0,77	4,5	2,0	2,2	930	64,0	0,66	4,5	1,8	2,0	—
1,1	2830	78,0	0,84	6,0	2,2	2,2	1420	79,5	0,79	5,0	2,0	2,5	950	73,5	0,75	7,0	2,0	2,2	—
1,5	2860	78,5	0,86	6,0	1,8	2,5	1420	80,5	0,83	5,0	1,6	2,3	950	78,0	0,75	5,0	1,8	2,4	—
2,2	2860	82,0	0,87	6,0	2,0	2,5	1430	82,5	0,86	5,0	1,6	2,2	900	80,0	0,77	5,0	1,8	2,4	—
3,0	2900	82,5	0,89	7,0	2,0	2,5	1450	84,5	0,87	5,5	1,6	2,2	900	82,0	0,77	6,0	2,0	2,5	—
4,0	2900	83,5	0,89	7,5	2,2	2,5	1450	87,0	0,88	6,5	1,6	2,2	970	85,0	0,77	5,5	1,4	2,5	—
5,5	2900	84,5	0,89	7,5	2,2	2,5	1460	88,0	0,89	6,5	1,6	2,5	970	86,5	0,89	5,5	1,4	2,5	—
7,5	2900	86,5	0,90	7,5	2,2	2,5	1460	88,5	0,89	6,5	1,6	2,5	970	86,5	0,84	6,0	1,7	2,5	—
10	2940	87,0	0,90	7,5	1,8	2,3	1460	88,5	0,86	6,0	1,5	2,3	970	87,5	0,84	6,0	1,7	2,5	—
13	2940	87,5	0,90	7,5	1,8	2,3	1460	89,5	0,86	6,0	1,5	2,3	980	89,0	0,84	7,0	1,6	2,5	—
17	2940	87,5	0,91	6,5	1,3	2,5	1460	89,5	0,86	6,0	1,5	2,3	980	89,0	0,84	7,0	1,6	2,5	—
22	2940	88,0	0,91	6,5	1,3	2,5	1460	90,0	0,86	6,5	1,6	2,5	980	90,0	0,85	7,0	1,6	2,5	—
30	2940	89,0	0,92	6,5	1,3	2,5	1460	90,5	0,87	6,5	1,6	2,5	980	90,0	0,85	7,0	2,0	2,5	—
40	2950	89,0	0,88	6,5	1,3	2,5	1470	90,0	0,86	7,5	1,9	2,5	980	91,0	0,85	7,0	2,0	2,5	—
55	2950	90,0	0,88	6,5	1,4	2,5	1470	92,0	0,87	7,5	1,9	2,5	980	90,0	0,85	6,5	2,3	2,5	—
75	2960	90,0	0,88	5,5	1,4	2,0	1470	91,0	0,86	6,0	2,0	2,0	980	91,0	0,85	7,0	2,3	2,5	—
100	2960	91,0	0,90	5,5	1,4	2,0	1470	91,5	0,85	6,0	2,2	2,0	—	—	—	—	—	—	—

4A200M	37	37	22	18,5	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,7
4A180M	30	30	18,5	15	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,7
4A200L	45	45	30	22	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,7
4A225M	55	55	37	30	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,7
4A250S	75	75	45	45	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,7
4A250M	90	90	55	55	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,7
4A280S	110	110	75	75	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,7
4A280M	132	132	90	90	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,7
4A315S	160	160	110	90	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9
4A315M	200	200	132	110	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9
4A355S	250	250	160	132	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9
4A355M	315	315	200	160	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9
Защищенное исполнение										
1P23	22	18,5	—	—						
4AH160S	30	22	—	—						
4AH160M										
4AH180S	37	30	18,5	15	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9
4AH180M	45	37	22	18,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9
4AH200M	55	45	30	22	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9
4AH200L	75	55	37	30	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9
4AH225M	90	75	45	37	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9
4AH250S	110	90	55	45	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9
4AH250M	132	110	75	55	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9
4AH280S	160	132	90	75	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9
4AH280M	200	160	110	90	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9
4AH315S	—	200	132	110	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9
4AH315M	250	250	160	132	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9
4AH355S	315	315	200	160	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9
4AH355M	400	400	250	200	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9

Основные технические данные асинхронных двигателей
серии АЗ, АОЗ

Тип двигателя	Мощность P_n , кВт	Напряже- ние, В	Частота враще- ния n , об/мин	КПД, %	$C_{os} \varphi_n$	$\frac{M_{max}}{M_n}$
АЗ-315S-6	110	220/380	980	92,5	0,9	2,0
АЗ-315S-8	90	220/380	735	91,5	0,85	2,0
АЗ-315M-8	110	220/380	735	92,5	0,86	2,0
АЗ-315S-10	55	220/380	585	91,5	0,81	1,9
АЗ-315M-10	75	220/380	585	92,5	0,82	1,8
АЗ-355S-10	90	220/380	590	92,5	0,82	1,8
АЗ-355M-10	110	220/380	590	92,5	0,83	1,8
АЗ-315S-12	45	220/380	485	89,6	0,76	1,8
АЗ-315M-13	55	220/380	485	90,0	0,76	1,8
АОЗ-315S-6	110	220/380	985	93,0	0,90	1,9
АОЗ-315M-8	110	220/380	740	93,0	0,85	1,9
АОЗ-315S-8	90	220/380	740	92,5	0,85	1,9
АОЗ-315S-10	55	220/380	590	92,0	0,79	1,8
АОЗ-315M-10	75	220/380	590	92,0	0,80	1,8
АОЗ-315S-12	45	220/380	490	90,5	0,76	1,8
АОЗ-315M-12	55	220/380	490	91,0	0,77	1,8
АОЗ-355S-10	90	220/380	590	92,5	0,83	1,8
АОЗ-355M-10	110	220/380	590	93,0	0,83	1,8
АОЗ-355S-12	75	220/380	490	91,5	0,77	1,8
АОЗ-355M-12	90	220/380	490	92,0	0,72	1,8
АОЗ-400S-12	110	220/380	490	92,5	0,78	1,8

Основные технические данные асинхронных двигателей серии
АО2...СХ, АОП2...СХ сельскохозяйственного исполнения

Тип двигателей	Номи- нальная мощность на валу P_H , кВт	Час- тота враще- ния n , об/мин	КПД, %	$\cos \varphi_H$	$\frac{M_H}{M_H}$	$\frac{M_{\max}}{M_H}$	$\frac{I_H}{I_H}$
АО2-31-2СХ	3,0	2880	80,0	0,89	1,8	2,2	7,0
АО2-32-2СХ	4,0	2880	83,0	0,89	1,8	2,2	7,0
АО2-31-4СХ	2,2	1430	79,0	0,81	1,8	2,2	6,0
АО2-32-4СХ	3,0	1430	80,0	0,81	1,8	2,2	6,0
АО2-31-6СХ	1,5	930	74,0	0,75	1,8	2,2	5,5
АО2-32-6СХ	2,2	930	77,0	0,77	1,8	2,2	5,5
АО2-41-2СХ	5,5	2910	83,0	0,89	1,8	2,2	7,0
АО2-42-2СХ	7,5	2910	85,0	0,89	1,8	2,2	7,0
АО2-41-4СХ	4,0	1450	83,0	0,81	1,8	2,2	7,0
АО2-42-4СХ	5,5	1450	85,0	0,84	1,8	2,2	7,0
АО2-41-6СХ	3,0	950	79,0	0,78	1,8	2,2	6,5
АО2-42-6СХ	4,0	950	81,0	0,79	1,8	2,2	6,5
АО2-51-2СХ	10	2940	87,0	0,89	1,5	2,5	7,0
АО2-52-2СХ	13	2940	87,0	0,89	1,5	2,5	7,0
АОП2-51-4СХ	7,5	1460	87,0	0,82	1,8	2,5	7,5
АОП2-52-4СХ	10	1460	87,0	0,83	1,8	2,5	7,5
АОП2-51-6СХ	5,5	955	83,5	0,75	1,8	2,5	6,0
АОП2-52-6СХ	7,5	960	83,5	0,76	1,8	2,5	6,0
АО2-62-2СХ	17	2915	87,0	0,90	1,7	2,5	7,5
АОП2-61-4СХ	13	1435	87,0	0,84	1,8	2,5	7,5
АОП2-62-4СХ	17	1440	87,0	0,84	1,8	2,5	7,5
АОП2-61-6СХ	10	985	85,5	0,83	1,8	2,5	7,0
АОП2-62-6СХ	13	985	86,0	0,83	1,8	2,5	7,0
АО2-71-2СХ	22	2920	87,5	0,90	1,5	2,5	7,0
АО2-72-2СХ	30	2940	88,5	0,90	1,5	2,5	7,5
АОП2-71-4СХ	22	1450	89,5	0,85	1,8	2,5	7,0
АОП2-72-4СХ	30	1440	89,0	0,85	1,8	2,5	7,0
АОП2-71-6СХ	17	970	88,0	0,84	1,8	2,5	7,0
АОП2-72-6СХ	22	980	88,5	0,83	1,8	2,5	7,0

Основные технические данные асинхронных двигателей
серии Да...С сельскохозяйственного исполнения

Тип двигателя	Номинальная мощность P_n , кВт	Частота вращения n , об/мин	КПД, %	$\cos \varphi_n$	$\frac{M_n}{M_n}$	$\frac{M_{\max}}{M_n}$	$\frac{I_n}{I_n}$
					при номинальной нагрузке		
3000 об/мин							
Да71А2С	0,37	2830	72,5	0,82	1,8	2,8	6
Да71В2С	0,55	2830	74,5	0,83	1,8	2,5	6
Да80А2С	0,75	2790	75,5	0,86	1,9	2,4	6
Да80В2С	1,1	2790	71,5	0,87	1,9	2,4	6
Да90С2С	1,5	2820	79	0,88	1,9	2,4	6
Да90Л2С	2,2	2820	80	0,89	1,9	2,5	6
Да100Л2С	3	2850	82	0,89	2,0	2,5	7
Да112М2С	4	2895	83,5	0,91	1,9	2,5	7
1500 об/мин							
Да71А4С	0,25	1410	68	0,72	1,8	2,5	4,5
Да71В4С	0,37	1410	71	0,73	1,8	2,5	4,5
Да80А4С	0,55	1380	72	0,76	1,9	2,4	5
Да80В4С	0,75	1380	73	0,79	1,9	2,4	5
Да90С4С	1,1	1400	78,5	0,82	1,7	2,5	6
Да90Л4С	1,5	1400	80	0,83	1,7	2,5	6
Да100ЛА4С	2,2	1400	81,5	0,81	2,0	2,6	6
Да100ЛВ4С	3	1400	82,5	0,83	2,0	2,5	6
Да112М4С	4	1425	86	0,84	1,6	2,4	6
1000 об/мин							
Да80А6С	0,37	920	67	0,65	1,9	2,3	4
Да80В6С	0,37	920	69	0,69	1,9	2,3	4
Да90С6С	0,75	920	72	0,69	1,8	2,3	4,2
Да90Л6С	1,1	920	74	0,74	1,8	2,3	4,2
Да100Л6С	1,5	930	78,5	0,75	1,8	2,5	6,5
Да112М6С	2,2	950	83	0,77	1,4	2,4	6,5
750 об/мин							
Да100Л8С	0,75	695	69	0,64	1,1	1,8	4
Да100ЛВ8С	1,1	695	71	0,65	1,1	1,8	4
Да112М8С	1,5	710	76,5	0,64	1,1	1,8	5

Основные технические данные асинхронных многоскоростных двигателей серии Да...С сельскохозяйственного исполнения

Тип двигателя	Номинальная мощность на валу P _н , кВт	Частота вращения n, об/мин	КПД, %	Cos φ _н	M _п		M _{макс}		I _п / I _н
					M _п	M _н	M _п	M _н	
		1500/3000 об/мин (синхр.)							
Да71А4/2С	0,2/0,3	1410/2720	50/56	0,69/0,89	1,5/1,2	2,3/2	3,3/4,2		
Да71В4/2С	0,3/0,45	1400/2760	56/60	0,69/0,89	1,7/1,5	2,2/2	4/5		
Да80А4/2С	0,45/0,6	1400/2700	64	0,78/0,92	1,3	2	4,5/5		
Да80В4/2С	0,6/0,75	1400/2700	63/69	0,8/0,92	1,3	2	4,5/5		
Да90С4/2С	0,7/0,9	1420/2790	71/70	0,75/0,89	1,3	2	7		
Да90Л4/2С	1/1,4	1420/2790	75/72	0,75/0,89	1,3	2	7		
Да100Л4/2С	2/2,4	1400/2800	75/74	0,82/0,9	1,3	2	5		
Да100ЛВ4/2С	2,4/3	1410/2800	79/77	0,81/0,91	1,3	2	5		
Да112М4/2С	3,2/4	1450/2880	84/82	0,77/0,88	1,7	2	7		
		1000/1500 об/мин (синхр.)							
Да100ЛA6/4С	0,9/1,3	940/1400	67/74	0,69/0,81	1,3	2	4,5		
Да100ЛB6/4С	1,2/1,7	930/1420	70/75	0,7/0,77	1,3	2	4,5		
Да112М6/4С	1,8/2,7	950/1460	79/81	0,71/0,75	1,5	2	7		
		1000/1500 об/мин (синхр.)							
Да100ЛA6/4С	1	930/1425	69/73	0,7/0,82	1,4/1,3	2	4/5		
Да100ЛB6/4С	1,3	955/1420	72/76	0,81/0,67	1,8/1,3	2	4/5		
Да112М6/4С	2	950/1460	78,5/81,5	0,7/0,8	1,5/1,3	2	7		
		1000/1500/3000 об/мин (синхр.)							
Да100ЛA6/4/2С	0,9/1/1,2	940/1430/2860	67/71/70	0,72/0,8/0,91	1,3	2	4/5/6		
Да100ЛB6/4/2С	1,2/1,4/1,7	940/1420/2860	71/73/73	0,72/0,82/0,91	1,3/1,2/1,1	2	4/5/6		
Да112М6/4/2С	1,8/2/2,4	940/1460/2900	77,5/76/74	0,75/0,83/0,92	1,3/1,1/1,2	2	7		

Основные технические данные асинхронных двигателей серии 4А сельскохозяйственного исполнения

Тип двигателя	Мощность Р _н , кВт	C _{осφ}	КПД, %	$\frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{н}}}$	$\frac{M_{\text{м}}}{M_{\text{н}}}$	$\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{н}}}$
				не менее		не более	

3000 об/мин (синхр.)

4A160S2CB	15	0,90	87,5	2,2	1,2	1,0	7,5
4AP160M2CB	18,5	0,92	88,5	2,2	1,2	1,0	7,5
4A180S2CB	22	0,90	89,0	2,2	1,2	1,0	7,5
4A180M2CB	30	0,92	90,0	2,2	1,2	1,0	7,5
4A160S2CX	15	0,90	87,0	2,2	1,2	1,0	7,5
4A160M2CX	18,5	0,92	88,0	2,2	1,2	1,0	7,5
4A180S2CX	22	0,90	88,5	2,2	1,2	1,0	7,5
4A180M2CX	30	0,92	89,5	2,2	1,2	1,0	7,5

1500 об/мин (синхр.)

4AP160S4CB	15	0,90	89,2	2,2	2,0	1,6	7,5
4AP160M4CB	18,5	0,91	89,5	2,2	2,0	1,6	7,5
4AP180S4CB	22	0,91	89,7	2,2	2,0	1,6	7,5
4AP180M4CB	30	0,91	90,5	2,2	2,0	1,6	7,5
4AP160S4CX	15	0,90	88,7	2,2	2,0	1,6	7,5
4AP160M4CX	18,5	0,91	89,0	2,2	2,0	1,6	7,5
4AP180S4CX	22	0,91	89,2	2,2	2,0	1,6	7,5
4AP180M4CX	30	0,91	90,0	2,2	2,0	1,6	7,5

1000 об/мин (синхр.)

4AP160S6CB	11	0,86	86,0	2,2	2,0	1,6	7,5
4AP160M6CB	15	0,87	87,5	2,2	2,0	1,6	7,5
4AP180M6CB	18,5	0,89	88,4	2,2	2,0	1,6	7,5
4AP160S6CX	11	0,86	85,6	2,2	2,0	1,6	7,5
4AP160M6CX	15	0,87	87,0	2,2	2,0	1,6	7,5
4AP180S6CX	18,5	0,89	88,0	2,2	2,0	1,6	7,5

Допустимые отклонения от показателей,
установленных в стандартах или каталогах
на асинхронные двигатели мощностью до 100 кВт

Показатель	Допустимое отклонение	Среднее отклонение
КПД двигателя мощностью:		
до 50 кВт включительно	-0,15 (1-n), но не менее 0,007	-0,03
свыше 50 кВт	-0,10 (1-n)	-0,008
cos φ	$\frac{1 - \cos \varphi}{6}$, но не менее -0,02 и не более -0,07	+25%
Скольжение	+25%	+25%
Начальный пусковой ток двигателей с короткозамкнутым ротором	+15%	+15%
Начальный пусковой вращающий момент двигателей с короткозамкнутым ротором	-20%	-20%
Максимальный вращающий момент	-10%	-10%

Примечание. Отклонения в противоположную от указанной в таблице сторону не ограничиваются.

Работа асинхронных двигателей при отклонениях напряжения и частоты сети от номинальных

Отклонение параметров сети	Изменение характеристик двигателей в процентах от номинальных								Нагрев при номинальной нагрузке, °С
	% от номинальных	частота вращения, об/мин синхронная, n_0	частота вращения, об/мин номинальная, n	скольжение, S_n	опрокидывающий момент, M_n	КПД при нагрузке	Сосф при нагрузке	ток, I_n (при полной нагрузке)	
Частота, Гц	105	105	105	Практически не меняется	90 111	Незначительно увеличивается	Незначительно увеличивается	94—95	Незначительно уменьшается
Напряжение, В	95	95	95	83	121	Незначительно уменьшается	Незначительно увеличивается	105—106	Незначительно увеличивается
	110	Не меняется	101	123	81	103 Практически не меняется	97 96	93	Больше на 3
	90	99,5	99,5				102 104	111	Меньше на 6

Договор № _____
на производство пусконаладочных работ

« _____ » _____ 197__ г.

наименование организации заказчика
Заказчик в лице тов. _____

должность, фамилия, имя, отчество
_____ действующего на основании _____

наименование документа, дающего право
с одной стороны, и представитель пусконаладочного управления
(треста, производственного объединения), именуемый в дальней-
шем «Подрядчик», в лице начальника ПНУ тов. _____
_____ фамилия,

_____, действующего на
имя, отчество
основании Положения, с другой стороны, заключили между собой
настоящий договор:

1. Заказчик сдает, а Подрядчик принимает на себя производ-
ство работ по наладке _____

в соответствии с прилагаемым перечнем объектов, оборудования и
перечнем работ.

2. Начало работ _____
окончание работ _____

3. Заказчик обязуется оплатить Подрядчику стоимость выпол-
ненных последним по настоящему договору работ в соответствии с
прилагаемой сметой.

Общая стоимость работ, подлежащих выполнению по настоя-
щему договору, составляет _____ руб.,

_____ сумма прописью
которая может уточняться по согласованию сторон в процессе про-
изводства работ.

4. За период проведения пусконаладочных работ Подрядчи-
ком производится без дополнительной платы обучение необходи-
мого количества обслуживающего персонала Заказчика, который
будет заниматься обслуживанием отлаженного оборудования со-
гласно настоящему договору.

5. В необходимых случаях, по согласованию сторон, Подряд-
чик выделяет за отдельную плату своего специалиста для совме-
стной с обслуживающим персоналом Заказчика работы в течение

обусловленного срока, но не более 3 месяцев, на сданном Подрядчиком объекте или оборудовании в целях обеспечения его безотказной эксплуатации.

6. Заказчик обязуется предоставить работникам Подрядчика оборудованное помещение для жилья с коммунальными услугами вблизи объекта по ценам, не превышающим установленного законом размера квартирных расходов для командированных в данную местность.

7. Во взаимоотношениях к настоящему договору, а также по дополнительным соглашениям к нему Заказчик и Подрядчик руководствуются «Правилами о договорах подряда на капитальное строительство», утвержденными постановлением Совета Министров СССР от 24 декабря 1969 г. № 973 (с дополнениями и изменениями, внесенными постановлениями Совета Министров СССР от 12 июня 1970 г. № 425 и от 22 марта 1974 г. № 203), действующими ценниками на пусконаладочные работы и особыми условиями к настоящему договору.

8. При подписании договора Заказчик обязан представить Подрядчику справку об обеспечении работ по настоящему договору финансированием.

9. Работы, не учтенные договором, могут быть выполнены Подрядчиком по дополнительному соглашению.

10. Настоящий договор составлен в 3 экземплярах: по одному для Заказчика и финансирующего банка и один для Подрядчика. В финансирующий банк договор передается Заказчиком в 3-дневный срок.

11. К настоящему договору прилагаются в качестве его неотъемлемой части:

11.1. Смета № _____ на предусмотренные договором работы:

11.2. Справка об обеспечении работ финансированием.

11.3. Перечень объектов и оборудования.

11.4. Перечень работ.

11.5. Справка-расчет на премирование.

11.6. Календарный план производства работ.

12. Законченные пусконаладочные работы сдаются Подрядчиком Заказчику в действии по приемо-сдаточному акту с представлением технического отчета.

13. В случае необходимости производства повторных наладочных работ и испытаний не по вине Подрядчика указанные работы могут производиться по специальному дополнительному соглашению с Заказчиком.

Юридические адреса сторон и их платежные реквизиты:

Подрядчик _____

Заказчик _____

Наименование финансирующего банка и номера расчетных счетов сторон _____

Подрядчик _____

Заказчик _____

Особые условия

к договору № _____ на пусконаладочные работы

1. Производство работ

1.1. Подрядчик приступает к подготовительной работе по договору при готовности монтажа объекта на 80%, а к выполнению пусконаладочных работ — по окончании всех монтажных работ и готовности оборудования объекта к пробной эксплуатации.

1.2. Заказчик передает в распоряжение Подрядчика всю техническую документацию, связанную с производством работ с момента заключения договора.

1.3. Места выполнения наладочных работ должны быть силами Заказчика очищены от посторонних предметов, остатков материала и мусора, а также приняты меры к нормальным условиям работы.

1.4. Предусмотренные договором работы производятся по методике, принятой Подрядчиком.

2. Обязательства сторон

2.1. На весь период работ Заказчик выделяет своего ответственного представителя, с которым Подрядчику необходимо решать вопросы, возникающие при производстве работ по настоящему договору.

2.2. Заказчик обязуется в период пусконаладочных работ за свой счет и своими силами:

а) обеспечить агрегат на все время комплексного опробования кондиционным сырьем, электроэнергией, водой, паром, топливом, прочими необходимыми при эксплуатации материалами и средствами;

б) укомплектовать рабочие места квалифицированным персоналом (рабочие и ИТР);

в) обеспечить устранение монтажных недоделок и дефектов, обнаруженных бригадой Подрядчика в процессе производства работ, а также согласованных технических мероприятий Подрядчика, направленных на улучшение работы агрегатов.

2.3. На месте производства работ Заказчик обеспечивает сохранность материалов и налаживаемого оборудования, а также создание необходимых условий для безопасности работы персонала Подрядчика (устройство ограждений, защитных сеток, заграждений отверстий и люков, дополнительного освещения и т. д.).

2.4. На время производства работ Заказчик предоставляет Подрядчику непосредственно у места работ помещение для оформления документации и хранения контрольно-измерительных приборов. Заказчик несет материальную ответственность в случае повреждения или хищения материалов и приборов Подрядчика, находящихся в служебных помещениях Заказчика.

2.5. В случае, если предоставленное Заказчиком жилье находится от места работы на расстоянии более 3 км, Заказчик обеспечивает при отсутствии коммунального транспорта ежедневную безвозмездную транспортировку бригады Подрядчика к месту работы и обратно.

2.6. При производстве работ Подрядчик обязан выполнять все установленные на предприятии Заказчика правила техники без-

опасности, с которыми Заказчик обязан ознакомить бригаду Подрядчика до начала работ. Подрядчик не несет ответственности за нарушение правил техники безопасности персоналом Заказчика.

2.7. Подрядчик обязан предусмотреть меры по безопасности обслуживания в период комплексного опробования, а Заказчик выполнить предусмотренные Подрядчиком меры.

2.8. Заказчик обязан за _____ дней после начала пуска наладочных работ укомплектовать штат обслуживающего персонала, а за _____ дней до комплексного опробования оборудования на сырье укомплектовать штат основного производственного персонала работниками, прошедшими _____ обучение и имеющими соответствующую аттестацию для занятия данной должности на налаживаемом объекте или оборудовании.

2.9. Заказчик за _____ дней до комплексного опробования оборудования совместно с Подрядчиком производит проверки подготовки всего обслуживающего персонала по технике безопасности, правилам технической эксплуатации и эксплуатационным инструкциям, а затем по согласованию с Подрядчиком производит расстановку его по рабочим местам.

2.10. После проведения комплекса наладочных работ Подрядчик гарантирует Заказчику достижение производительности вновь построенных предприятий (цеха, линии) в течение 2 ч не ниже паспортных после ввода оборудования в эксплуатацию, а для действующих предприятий — производительность, не ниже освоенной.

2.11. Подрядчик гарантирует Заказчику отсутствие аварий оборудования по вине Подрядчика в течение 6 месяцев, одного производственного сезона, с момента пуска оборудования в работу, при соблюдении Заказчиком правил технической эксплуатации.

2.12. Обнаруженные в течение гарантийного срока недостатки в выполненной работе Заказчик оформляет техническим актом с участием представителя Подрядчика. Недостатки, происшедшие по вине Подрядчика, последний устраняет за свой счет в технически возможные сроки, которые указаны в акте. Подрядчик не несет ответственности за дефект или аварии, вызванные неправильной эксплуатацией оборудования Заказчиком, а также за недостатки проекта и недоброкачественное изготовление оборудования заводами.

2.13. Спорные вопросы технического характера подлежат рассмотрению особой технической комиссией из представителей сторон, а при необходимости — с приглашением представителей вышестоящих организаций или экспертизы, причем расходы по созыву этой комиссии оплачиваются стороной, оказавшейся неправой.

2.14. В случае перерыва пуска наладочных работ продолжительностью более _____ дней за состояние и сохранность налаживаемого оборудования несет ответственность Заказчик.

3. Порядок приемки работ

3.1. Ежемесячно (ежеквартально) на выполнение работ, не позднее 25 числа, сторонами составляются акты-процентовки на завершенные работы.

3.2. По окончании Подрядчиком отдельных этапов или всех работ, предусмотренных договором, Заказчик обязан по его вызову принять работы. Приемка производится на месте выполнения работ и оформляется двухсторонними актами,

3.3. В случае неявки представителя Заказчика для составления акта к назначенному сроку составляется односторонний акт с отметкой о неявке и ссылкой на вызов. Такой акт имеет обязательную силу для обеих сторон.

3.4. Заказчик уплачивает Подрядчику: за задержку начала приемки законченного строительства объекта (предприятия, его отдельной очереди, пускового комплекса, здания или сооружения) свыше 5 дней со дня получения извещения Подрядчика о предъявлении его к сдаче — пени в размере 0,05% сметной стоимости строительно-монтажных работ по объекту за каждый день просрочки, но не свыше 500 руб. в день;

за задержку приемки законченных этапов работ свыше 3 дней со дня предъявления их Заказчику к сдаче Подрядчиком — пени в размере 0,05% за каждый день просрочки, а за просрочку свыше 30 дней — помимо пени неустойку в размере 2% сметной стоимости строительно-монтажных работ, предъявленных к сдаче.

3.5. Наличие конструктивных дефектов в оборудовании не может служить основанием для отказа от приемки работ и производства расчетов по настоящему договору.

3.6. Окончанием пусконаладочных работ при агрегатной наладке считается работа оборудования под нагрузкой в течение срока, определенного главами III части СНиП, но не более 72 ч при достижении паспортной мощности.

4. Порядок расчетов

4.1. Оплата стоимости работ, выполненных по настоящему договору, производится ежемесячно путем акцепта счетов, выставляемых Подрядчиком на инкассо против актов на выполненные работы.

4.2. Если задержка платежей произойдет вследствие того, что Заказчик не представлял в банк договора, или вследствие неправильно указанных в договоре реквизитов, или необоснованного отказа от платы, а также из-за неоформления работ. Заказчик оплачивает Подрядчику штраф в размере 2% от суммы задержанных платежей по этим причинам.

4.3. При отсрочке или неисполнении сторонами своих обязательств по договору виновная сторона уплачивает пени по 0,01% в день, а при просрочке свыше 30 дней — неустойку в размере 2% от стоимости невыполненных или задержанных выполнением работ.

В случае окончания всех работ по объекту к установленному договором сроку неустойка возвращается Подрядчику.

4.4. Простои персонала Подрядчика, происшедшие по вине Заказчика, оплачиваются последним сверх договорной стоимости работ по калькуляции Подрядчика.

При задержках и простоях свыше 3 дней Подрядчик вправе прекратить работу и отозвать свой персонал с объекта.

4.5. Стоимость пусконаладочных работ, не перечисленных в ценниках, определяется по отпускной стоимости человеко-часа трудоемкости работ, по согласованной между Подрядчиком и Заказчиком смете, по расценкам, предусмотренным ценником, а именно:

ст. инженер
инженер

1—59
1—41

техник	1—17
рабочий 6-го разряда	1—42
рабочий 5-го разряда	1—26
рабочий 4-го разряда	1—15

4.6. В соответствии с положением о премировании работников за ввод в действие мощностей и объектов строительства, утвержденным постановлением Госкомитета по труду и заработной плате и Президиумом ВЦСПС от 19 августа 1975 г. № 214 (139), п. 15, Заказчик выплачивает Подрядчику премию в размере _____ % от суммы выполненных работ.

4.7. Срок настоящего договора _____

Заказчик _____

Подрядчик _____

«Утверждаю»

Приложение XVIII

«Согласовано»

«__»__ 197__г.

«__»__ 197__г.

Смета
на производство пусконаладочных работ

Приложение к договору №_____ от «__»_____ 197__г.
(или к дополнительному соглашению №_____ от «__»_____ 197__г.).

Полная сметная стоимость_____

Основания для составления сметы_____

1. _____

2. _____

№ п/п	Наименование работ	Шифр единичных расценок	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.

Примечания

Смету составил представитель

Заказчика _____

Техническую документацию после окончания работ_____

Главный инженер_____

«__»__ 197__г.

Смета соответствует объему

работ по проекту_____

Представитель _____

«__»__ 197__г.

Смета согласована в сумме

с замечаниями_____

Гл. инженер_____

«__»__ 197__г.

Справка

Выдана _____
наименование организации заказчика
 пусконаладочному управлению (треста, производственного объединения) в том, что работы по настоящему договору обеспечены финансированием в полном объеме в сумме _____
 со счета № _____
отделение банка, город
 в счет ассигнования на _____
 « _____ » _____ 197__ г.
 Руководитель предприятия _____
 Глазный бухгалтер _____

Приложение XX

**Гарантийный талон
 на монтажные и пусконаладочные работы**

Выдан _____
(наименование монтажной и пусконаладочной организации)
 на работы по _____
 выполненные в _____
(наименование хозяйства, местонахождение)
 Работы выполнены в соответствии с проектом, техническими условиями и требованиями заводских инструкций.
 Оборудование готово к эксплуатации при полной нагрузке.
 Руководитель монтажной организации _____
(подпись, печать)
 « _____ » _____ 197__ г.
 Руководитель пусконаладочной организации _____
(подпись, печать)
 « _____ » _____ 197__ г.

СОДЕРЖАНИЕ

I.	Общие сведения	4
	Единицы физических величин	4
	Некоторые основные формулы, соотношения и зависимости электрических величин	13
	Общие сведения из классификации измерительных при- боров	20
	Классификация производственных помещений	25
II.	Чтение схем электроустановок	28
	Стандартные условные графические обозначения	28
	Электродвигатели	30
	Трансформаторы и автотрансформаторы	33
	Магнитные пускатели, контакторы, реле	35
	Измерительные приборы	41
	Нестандартные обозначения	43
	Маркировка в электрических установках	45
	Электротехнические чертежи	48
	Названия схем	49
	Элементы, экспликации и спецификации	55
	Надписи на чертежах	56
	Техника чтения схем	57
	Условия действия схем и простые цепи	62
	О реальности схемных решений	63
	Порядок чтения чертежей	64
III.	Наладка электродвигателей	67
	Общие сведения о электродвигателях	67
	Некоторые данные, необходимые при наладке электродви- гателей	68
	Пуск двигателя	70
	Типы электродвигателей, применяемых в сельскохозяйст- венном производстве	72
	Электродвигатели с повышенным пусковым моментом АОП2	74
	Электродвигатели с повышенным скольжением АОС2	75
	Электродвигатели АО2 на две, три и четыре частоты вра- щения	76
	Взрывонепроницаемые двигатели серии ВАО	78
	Электродвигатели серии 4А	79
	Электродвигатели единой серии А3 и АО3	80
	Электродвигатели специальные для сельского хозяйства	81
	Электродвигатели АО2-СХ	81
	Электродвигатели Да...С	82

Электродвигатели серии 4А сельскохозяйственного назначения	83
Указания по наладке электродвигателей	84
Наладка асинхронных электродвигателей напряжением до 1000 В с короткозамкнутым ротором	86
Программа испытаний асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором	86
Внешний осмотр	86
Проверка схемы соединения обмоток	87
Измерение сопротивления обмоток постоянному току	91
Измерение сопротивления изоляции	91
Испытание электрической прочности изоляции обмоток повышенным напряжением промышленной частоты	96
Пробный пуск двигателя	98
Проверка электродвигателя на холостом ходу и под нагрузкой	99
IV. Наладка цепей и аппаратов вторичной коммутации до 1000 В	100
Общие понятия об электрических цепях	100
Терминология	101
Требования к аппаратам защиты, вторичным цепям и пускорегулирующим аппаратам согласно ПУЭ	103
Вторичные цепи	104
Пускорегулирующие аппараты	106
Программа наладки и испытаний аппаратов и цепей вторичной коммутации	108
Внешний осмотр	108
Проверка аппаратов	110
Проверка автоматических выключателей	111
Проверка электромагнитных элементов автоматов	114
Проверка тепловых элементов автоматов	115
Проверка и регулировка тепловых реле магнитных пускателей	118
Настройка защитных характеристик тепловых реле на стенде МИИСП	121
Настройка защиты электродвигателей для гермоклапанов и задвижек	126
Проверка схем управления, сигнализации, блокировки	127
Измерение сопротивления изоляции	129
Испытание электрической прочности изоляции вторичных цепей повышенным напряжением переменного тока	130
Опробование работы аппаратов и цепей вторичной коммутации при пониженном и номинальном напряжении оперативного тока	130
V. Наладка заземляющих устройств	132
Требования к заземляющим устройствам	133
Элементы заземляющих устройств	137
Объем прямо-слаточных испытаний	137
Проверка состояния элементов заземляющего устройства	138
Проверка состояния пробных предохранителей	138
Проверка полного сопротивления петли фаза — нуль	139
Измерение сопротивления заземляющих устройств	143
Проверка наличия цепи между заземлителями и заземленными элементами	153

VI. Технические данные автоматов и тепловых реле	154
Автоматические выключатели серии А-3100	154
Автоматические выключатели серии АЕ-2000	160
Автоматические выключатели серии А-3700	162
Автоматические выключатели серии АК-50, АК-50Т	170
Автоматические выключатели серии АП-50, АП-50Т	175
Автоматические выключатели серии АК-63	187
Тепловые реле серии ТРТ	192
Тепловые реле серии ТРН	195
Тепловые реле серии ТРП	210
Устройства встроенной температурной защиты электродви- гателей УВТЗ-1 и УВТЗ-4А	228
Устройства защитного отключения РУД-022, РУД-024, ЗОУП-25	231
Унифицированные низковольтные распределительные уст- ройства типа РУС	235
VII. Указания по производству пусконаладочных работ	240
Заключение договоров и оформление выполненных работ	240
Организация наладочных работ	241
Составление технических отчетов по проведенным пуско- наладочным работам	244
Материально-техническое оснащение бригад	246
Разграничение монтажных и пусконаладочных работ со- гласно нормативным документам	248
VIII. Техника безопасности	250
Подготовка рабочего места	252
Проведение испытаний с подачей повышенного напряже- ния от постоянного источника тока	254
Измерения переносными приборами и токоизмерительны- ми клещами	257
Безопасность при работе с электроинструментом	257
Правила по размещению оборудования	259
Требования к персоналу электроустановок	260
Первая помощь пострадавшему от электрического тока	264