



A.П. Мазуха

**ВЫБОР АППАРАТОВ  
УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ДЛЯ  
ЭЛЕКТРОПОТРЕБИТЕЛЕЙ И  
ПРОВОДОК**

**А.П. Мазуха**

**ВЫБОР АППАРАТОВ  
УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ДЛЯ  
ЭЛЕКТРОПОТРЕБИТЕЛЕЙ И  
ПРОВОДОВ**

Методические указания

Воронеж  
2009

Методические указания разработал: доцент Мазуха А.П..

Рецензент: доцент кафедры электротехники Гуков П.О.

Методические указания рекомендованы к изданию кафедрой электрификации сельского хозяйства (протокол № 8 от 13.04.09) и методической комиссией агроинженерного факультета ВГАУ (протокол N 5 от 20.04.09).

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Аппараты управления и защиты должны соответствовать и электроприемнику и проводу питающей линии.

Аппараты управления и защиты выбирают прежде всего по напряжению и току. Кроме того, аппараты выбирают по климатическому исполнению, степени защиты от воздействий окружающей среды и другим параметрам (например, время срабатывания, разрывная мощность контактов, предельный отключаемый ток и др.).

При выборе, например, аппаратов защиты электродвигателей необходимо иметь в виду возможность возникновения прежде всего следующих аварийных режимов:

- межфазные короткие замыкания ;
- замыкание фазы на землю (корпус) ;
- токовая перегрузка двигателя (например, из-за технологической перегрузки, затяжного пуска, неполнофазного режима, асимметрии трехфазной системы напряжений) ;
- исчезновение или симметричное снижение напряжения в трехфазной питающей сети ;
- ухудшение охлаждения двигателя .

В соответствии с ПУЭ защита от токов короткого замыкания обязательна для всех электроприводов. Эта защита должна действовать с минимальным временем отключения, удовлетворять требованиям селективности и должна быть отстроена от пусковых токов .

Защита от перегрузки должна действовать с допустимой по нагреву выдержкой времени (на случай самоисчезновения нагрузки или быстрого устранения аварийного режима) .

Защита от минимального напряжения (нулевая защита) должна предусматриваться для

- электродвигателей, самозапуск которых после исчезновения и последующего восстановления напряжения недопустим по технологическим причинам и условиям техники безопасности ;
- электродвигателей с фазным ротором, включение которого при выведенном сопротивлении в цепи ротора недопустимо .

## 2. ВЫБОР РАЗЪЕДИНИТЕЛЕЙ, ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕЙ И ПАКЕТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Разъединители (рубильники) серии Р, переключатели серий П и РБ предназначены для нечастых (не более шести раз в час) включений и отключений электрических цепей переменного тока напряжением до 660 В. Их можно применять для включения и отключения электродвигателей мощностью не более 10 кВт. Предельный, отключаемый рубильником, ток без дугогасительных камер составляет не более 30% от его номинального тока. Рубильники имеют степень защиты IP00 и IP32, климатическое исполнение У, ХЛ, Т, категорию размещения 3, также степень защиты IP54, исполнение У, ХЛ, Т при категории размещения 1. Данные некоторых разъединителей и переключателей представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Технические данные рубильников и переключателей  
в цепях до 380 В

Название	Тип	$I_n, A$	Число ножей
Разъединители	P21, P31	100	2 и 3
	P22, P32	250	2 и 3
	P24, P34	400	2 и 3
Переключатели	ПБ21, ПБ31	100	2 и 3
	ПБ22, ПБ32	250	2 и 3
	ПБ24, ПБ34	400	2 и 3

В литературе (1) на стр.73 смотрите другие типы аппаратов.

Пакетные выключатели и переключатели предназначены для нечастых включений цепей управления, осветительных приборов и других потребителей при напряжении 380 В и токах от 6 до 60 А (см.

таблицу 2.2). Дополнительные данные смотрите в литературе (1) на стр.74,75.

Таблица 2.2

Технические данные пакетных выключателей и переключателей

Тип	Номинальный ток при напряжении , В		Число полюсов
	220	380	
	Переключатель открытый на два положения с одним нулевым положением		
ПП2-10/112	10	6	2
ПП2-25/112	25	15	2
ПП2-60/112	60	40	2
ПВ3-10	10	6	3
ПВ3-25	25	15	3
ПВ3-60	60	40	3
ПВ3-100	100	60	3
ПВ3-250	250	150	3
ПВ3-400	400	250	3
	Переключатель открытый для пуска асинхронного двигателя с переключением обмоток со “звезды” на “треугольник”		
ПП-25/1СБ	25	15	3
ПП-60/1С	60	40	3
	Выключатель защищенный		
ВПК2-10	10	6	2
ВПК3-10	10	6	3
ВПК3-25	25	15	3

Разъединители, переключатели, пакетные выключатели и переключатели выбирают по таким условиям:

$$U_n \geq U_n \text{ потр} ; I_n \geq I_n \text{ потр},$$

где  $U_n$ ,  $U_n \text{ потр}$  - соответственно номинальные напряжения аппарата управления и электроустановки, В ;

$I_n$ ,  $I_n \text{ потр}$  - соответственно номинальные токи аппарата управления и электроустановки, А .

### 3. ВЫБОР ПУСКАТЕЛЕЙ

Широко распространены пускатели ПМЕ, ПМА, ПАЕ, ПМЛ и другие. Технические данные пускателей ПМЕ приведены в литературе (2) на стр.86 и в таблице 3.1 данных методических указаний. Они используются с двухполюсными тепловыми реле ТРН.

Пускатели серии ПМА выпускаются на номинальные токи 40 А (ПМА-3000), 63 А (ПМА-4000), 100 А (ПМА-5000) и 160 А (ПМА-6000). С этими пускателями используются трехполюсные тепловые реле РТТ. Степень защиты пускателей 1Р00, 1Р40, 1Р54. Изготавливают также пускатели серии ПМА-000 на ток 6,3 А с тепловым реле РТТ-89.

Пускатели серии ПМЛ выпускаются на номинальные токи 10 А (ПМЛ-1000), 25 А (ПМЛ-2000), 40 А (ПМЛ-3000), 63 А (ПМЛ-4000), 80 А (ПМЛ-5000), 125 А (ПМЛ-6000) и 200 А (ПМЛ-7000). Эти пускатели комплектуют трехполюсными тепловыми реле серии РТЛ, а также при необходимости снабжают приставками ПКЛ (для увеличения числа вспомогательных контактов) и приставками выдержки времени ПВЛ. Степень защиты пускателей 1Р00 и 1Р54.

Магнитные пускатели выбирают по степени защиты в зависимости от условий окружающей среды, номинальному току, номинальному напряжению, току нагревательного элемента теплового реле и напряжению втягивающей катушки.

$$U_{нп} \geq U_n \text{ потр} ;$$

$$I_{нп} \geq I_{расч} ;$$

$$I_{н тр} \geq I_{н дв} ,$$

где  $U_{нп}$ ,  $I_{нп}$  - соответственно номинальные напряжение и ток пускателя ;

$I_{расч}$  - расчетный ток потребителя ;

Un потр - номинальное напряжение потребителя ;

In тр - номинальный ток теплового реле ;

In дв - номинальный ток защищаемого двигателя .

Напряжение катушки пускателя выбирают из следующих соображений. При защите электродвигателя предохранителями катушка должна выбираться на линейное напряжение (для защиты двигателя при

Таблица 3.1

Технические данные пускателей ПМЕ

Тип	Исполнение	Номинальный ток (А) при напряжении 380В	Номинальная мощность электродвигателя (кВт) при напряжении 380 В
Нереверсивные с тепловым реле			
ПМЕ-012	открытое	3	1,1
ПМЕ-042	-//-	3	1,1
ПМЕ-072	-//-	3	1,1
ПМЕ-112	-//-	10	4
ПМЕ-212	-//-	25	10
ПМЕ-022	защищенное	3	1,1
ПМЕ-052	-//-	3	1,1
ПМЕ-082	-//-	3	1,1
ПМЕ-122	-//-	10	4
ПМЕ-222	-//-	23	10
ПМЕ-232	-//-	25	5,5
Реверсивные с тепловым реле			
ПМЕ-074	открытое	3	1,1
ПМЕ-114	-//-	10	4
ПМЕ-214	-//-	25	10
ПМЕ-224	-//-	23	10
ПМЕ-234	-//-	23	5,5



обрыве фазы до пуска двигателя), а при защите двигателя автоматическим выключателем- как на линейное, так и на фазное напряжение. Кроме того, надо следить за числом вспомогательных контактов пускателей.

Все типы магнитных пускателей защищают управляемые двигатели, отключая их при снижении напряжения в питающей сети до (до 0,3-0,4)  $U_n$  и предотвращая их самозапуск после восстановления напряжения (при наличии специальной схемы включения катушки пускателя через кнопочную станцию).

#### 4. ВЫБОР ТЕПЛОВЫХ РЕЛЕ, ВСТРАИВАЕМЫХ В МАГ - НИТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ

Широко распространены тепловые реле ТРН (пускатели ПМА), РТЛ (пускатели ПМЕ), РТТ (пускатели ПМЛ), используемые для защиты от токовых перегрузок.

Двухполюсные реле ТРН (табл.4.1) имеют устройство температурной компенсации и имеют регулировку номинального тока несрабатывания в диапазоне  $\pm 25\%$  (1 деление = 5%).

Таблица 4.1

Данные теплового реле ТРН

Тип	Номинальный ток несрабатывания сменных нагревательных элементов (при нулевом положении регулятора), А
ТРН-10А	0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,98; 1; 1,25 ;1,6 ;2 ;2,5 ; 3,2
ТРН-10	0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 6,3; 8; 10
ТРН-25	5; 6,3; 8; 19; 12,5; 16; 20; 25
ТРН-40	12, 5; 16; 20; 25; 32; 40

Трехполюсное реле РТЛ см.табл.4.2 не срабатывает при протекании тока  $1,05 I_n$  ( $I_n$  - номинальный ток несрабатывания реле); при увеличении тока до  $1,2 I_n$  реле должно срабатывать за 20 мин, а при  $6 I_n$ -за (4,5-12)с.

Реле РТЛ и РТТ имеют температурную компенсацию, регулятор тока несрабатывания, ручной возврат после срабатывания, несменные нагревательные элементы, один размыкающий контакт и один переключающий контакт.

Данные реле РТТ приведены в литературе (2) на стр.96.

Номинальный ток теплового элемента реле выбирают по номинальному току защищаемого двигателя так, чтобы последний находился в зоне регулирования номинального тока несрабатывания теплового реле, т.е.

$$I_{\min p} < I_{\text{н дв}} < I_{\max p}, \quad (1)$$

где  $I_{\min p}$ ,  $I_{\max p}$  - границы изменения уставки теплового реле, А ;

$I_{\text{н дв}}$  - номинальный ток двигателя.

Таблица 4.2

Данные реле РТЛ

Тип реле	Диапазон регулирования тока несрабатывания, А	Тип реле	Диапазон регулирования тока несрабатывания, А
<u>РТЛ-1000,</u>	<u><math>I_{\text{н}} = 25 \text{ А}</math></u>	<u>РТЛ-2000,</u>	<u><math>I_{\text{н}} = 80 \text{ А}</math></u>
РТЛ 100 104	0,1-0,17	РТЛ 20 5304	23-32
РТЛ 100 204	0,16-0,26	РТЛ 20 5504	30-41
РТЛ 100 304	0,24-0,4	РТЛ 20 5704	38-52
РТЛ 100 404	0,38-0,65	РТЛ 20 5904	47-64
РТЛ 100 504	0,61-1	РТЛ 20 6104	54-74
РТЛ 100 604	0,95-1,6	РТЛ 20 6104	63-86
РТЛ 100 704	1,5-2,6		
РТЛ 100 804	2,4-4	<u>РТЛ-3000,</u>	<u><math>I_{\text{н}} = 200 \text{ А}</math></u>
РТЛ 10 1004	3,8-6	РТЛ 310504	75-105
РТЛ 10 1204	5,5-8	РТЛ 316004	115-160
РТЛ 10 1404	7-10	РТЛ 320004	145-200
РТЛ 10 1604	9,5-14		
РТЛ 10 2104	13-19		
РТЛ 10 2204	18-25		

Если условие (1) выполняется для тепловых реле двух номиналов, то выбирается тепловое реле с меньшим током.

Для двигателей, имеющих коэффициент загрузки 0,7; тепловое реле выбирают по фактическому току электродвигателя, при этом ток уставки реле принимают таким :

$$I_{ф\text{ дв}} \leq I_{уст\text{ р}} \leq I_{н\text{ дв}},$$

где  $I_{ф\text{ дв}}$  - фактический ток электродвигателя, А .

Регуляторы уставок реле ТРН, РТТ, РТЛ снабжены шкалой с нанесенными значениями номинальных токов несрабатывания. У теплового реле без температурной компенсации номинальные параметры относятся к температуре окружающей среды +40 град. При ином значении температуры окружающей среды  $T$  ток уставки надо скорректировать по формуле

$$I_{уст} = I_{уст\text{ р}} [1 + 0,006(40 - T)],$$

где  $I_{уст\text{ р}}$  - ток, принятый по реальной шкале, соответствующей температуре окружающей среды +40 градусов.

В ряде рекомендаций для реле с нанесенной шкалой авторы рекомендуют подсчитывать число делений, на которое надо смещать регулятор реле при поиске нужного тока уставки. В этом случае общее число делений регулятора

$$N = N_1 + N_2,$$

где  $N_1$  - число делений без температурной компенсации ;

$N_2$  - поправка на температуру окружающей среды. При этом

$$N_1 = (I_{н\text{ дв}} - I_{н\text{ р}}) / (C * I_{н\text{ р}}) ;$$

$$N_2 = (T - 30) / 10 ,$$

где  $I_{н\text{ р}}$  - номинальный ток несрабатывания теплового реле ;

$T$  - температура окружающей среды ;

$C = 0,05$  - коэффициент .

Поправку обычно вводят, если температура окружающей среды ниже заданной (+40 град) более чем на 10 градусов. При значительных изменениях температуры окружающей среды (летом и зимой) тепловое реле следует перерегулировать.

Есть другой, более точный и надежный, вариант настройки реле, который и следует пользоваться в условиях эксплуатации. Устанавливают регулятор на шкале реле в положение "+5", через один из нагревателей пропускают ток  $I = 1,5 I_{н\text{ дв}}$ , через 145с винт регулятора плавно поворачивают (2 деления в 1с) в направлении "-5" до срабатывания реле. После охлаждения реле проделывают аналогичную регулировку со вторым реле и т.д. .

Если при этом в положении „+5“ реле сработало раньше 145с или не сработало в положении „-5“ через 150с, то нагревательный элемент этого теплового реле бракуется.

Однако из-за погрешности при регулировках и возможных больших отличий температуры окружающей среды реле и температуры окружающей среды двигателя тепловые реле нельзя считать эффективно закрытой при перегрузках. В этом отношении более надежной является защита типа УВТЗ, хотя она сложнее, дороже и очень трудоемка в подключении позисторов (датчиков температуры защищаемого двигателя).

## 5. ВЫБОР ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ

Предохранители по-прежнему очень широко используются для защиты сетей и потребителей от токов короткого замыкания. Дешевая и простая защита. Однако надо учитывать очень большие недостатки предохранителей: большой разброс токов срабатывания, несрабатывание предохранителя в зоне до 1,3  $I_{вст}$ , возможность попадания защищаемого двигателя в двухфазный режим при перегорании предохранителя только в одной из трех фаз.

Для защиты проводов, кабелей двигателей и других потребителей в сетях 380/220 В используются предохранители резьбовые серии ПП 24 на токи до 100 А, с наполнителями серии НПН-60 и другие (см. таблицу 5.1). Более обширные данные по предохранителям см. в литературе (1) на стр.76-77.

Предохранители выбирают по следующим параметрам:

$$U_{н пр} \geq U_c,$$

где  $U_{н пр}$  - номинальное напряжение предохранителя;

$$I_{вст} \geq I_{р max},$$

где  $I_{вст}$  - номинальный ток плавкой вставки, А;

$I_{р max}$  - максимальный рабочий ток цепи, А.

Для ответвления, к которому присоединены мощные лампы накаливания (300 Вт и более) или лампы ДРЛ

$$I_{вст} \geq 1,1 I_{р max}.$$

Для защиты ответвления с люминесцентными лампами (из-за некоторого броска тока включения)

$$I_{вст} \geq 1,25 I_{р max},$$

где  $I_{р max}$  - ток при всех включенных лампах.

Для защиты одиночного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором

Таблица 5.1

## Технические данные предохранителей

Тип	Исполнение	U <sub>н</sub> , В	Ток патрона, А	Ток плавкой вставки, А
НПН-15	Патрон закрытый неразборный	500	15	6,10,15
НПН-60	стеклянный с наполнителем --/--	--/--	60	15,20,25, 36,45,60
НПР-100	Патрон закрытый разборный	--/--	100	60,80,100
НПР-200	фарфоровый с наполнителем --/--	--/--	200	100,125, 160,200

$$I_{вст} \geq I_n / \alpha,$$

где  $I_n$  - пусковой ток двигателя ;

$\alpha$  - коэффициент, значение которого зависит от условий работы двигателя.

$$I_n = I_{н} * K_p,$$

где  $I_{н}$  - номинальный ток двигателя ;

$K_p$  - кратность пускового тока из справочника (3).

Для двигателей с легкими условиями пуска (число включений в час не более 15, длительность пуска до 5-10 с ) коэффициент  $\alpha = 2,5$  ; для двигателей с тяжелыми условиями пуска (более 15 пусков в час, длительность пуска от 10 до 40 с) коэффициент  $\alpha = 1,6-2$ .

В случае одиночного двигателя с фазным ротором

$$I_{вст} \geq (1-1,25) I_n,$$

где  $I_n$  - номинальный ток электродвигателя.

Для группы электродвигателей, если их число не превышает пяти, ток плавкой вставки

$$I_{вст} = \left( \sum_{n=1}^{n-1} I_n + I_{п\ нб} \right) / \alpha ,$$

где  $\sum_{n=1}^{n-1} I_n$  - сумма номинальных токов одновременно работающих электродвигателей без двигателя наибольшим пусковым током ;  
 $I_{п\ нб}$  - пусковой ток двигателя с наибольшим пусковым током ; значение коэффициента  $\alpha$  смотрите выше.

При количестве электродвигателей больше пяти рекомендуется пользоваться формулой

$$I_{вст} = \sum_{n=1}^{n-1} I_n + I_{п\ нб} / \alpha .$$

Для соблюдения условия селективности защиты в установках до 1000 В при выборе одноступенчатых предохранителей обычно предусматривают, чтобы плавкие вставки каждого двух последовательно включенных предохранителей отличались одна от другой не менее чем на две ступени по шкале номинальных токов плавких вставок.

Институт „ Сельэнергопроект“ рекомендует, например, следующие пары смежных (последовательно включенных) предохранителей: 6 и 15, 10 и 20, 15 и 25, 20 и 35, 25 и 40, 30 и 60, 35 и 60, 40 и 80, 45 и 80, 50 и 100, 60 и 125, 80 и 160, 100 и 200, 125 и 225, 160 и 300, 200 и 350, 225 и 400 А.

## 6. ВЫБОР АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Автоматические выключатели могут быть использованы для нечастых оперативных включений и отключений линий, токоприемников и пуска электродвигателей (для большинства типов 2-6 раз в час, для АЕ-2000 до 30 раз в час).

Для защиты питающих сетей и электроприемников от токов короткого замыкания автоматические выключатели имеют электромагнитные расцепители, а для защиты от токов перегрузки - тепловые расцепители. Поэтому автоматические выключатели при их правиль-

ном выборе и настройке вытесняют предохранители и тепловые реле, встроенные в магнитные пускатели (при этом отметим, что диапазон регулировки у тепловых реле зачастую удобнее и точнее, чем у тепловых расцепителей автоматических выключателей).

В сельских электроустановках наибольшее распространение получили автоматические выключатели АП-50, АЕ-2000, А-3700 и др.

Автоматические выключатели АП-50 в целях переменного напряжения до 500 В выпускают трехполюсными и двухполюсными. В каждой фазе могут устанавливаться электромагнитные расцепители (исполнение М) и тепловые расцепители (исполнение Т). В таблице 6.1 и 6.2 приведены основные данные выключателей АП-50.

Автоматический выключатель АП-50 3МТ расшифровывается так: 3-трехполюсный; М-электромагнитный расцепитель; Т-тепловой расцепитель; 50 А - ток, на который рассчитана конструкция (это не ток теплового расцепителя).

У автоматов АП-50 время срабатывания под действием тепловых расцепителей составляет: не более 30 минут при  $I / I_n = 1,35$  и (1-10)с при  $I / I_n = 6$ , где  $I_n$  - номинальный ток несрабатывания теплового расцепителя в автомате.

Автоматы АЕ-2000 и А-3700 выпускают с электромагнитным расцепителем, с тепловым расцепителем, с комбинированным расцепителем (тепловым и электромагнитным), с расцепителем минимального напряжения, осуществляющим нулевую защиту.

Таблица 6.1

Технические данные автоматов АП-50

Номинальный ток автомата (номинальный ток несрабатывания теплового расцепителя $I_n$ , А	Предел регулирования тока теплового реле
1,6	1-1,6
2,5	1,6-2,5
4	2,5-4
6,4	4-6,4
10	6,4-10
16	10-16
25	16-25
40	25-40

У автоматов А-3700 тепловой расцепитель из холодного состояния при температуре окружающей среды +35 град и нагрузке, равной 1,35 номинальной, срабатывает за 30 мин, а при многократной перегрузке за (2-10) с.

Таблица 6.2

Технические данные электромагнитного расцепителя  
автоматов АП-50

Варианты исполнения автоматов по величине тока отсечки (эти значения указаны на автомате) I <sub>отс</sub> , А	Диапазон практических значений отношений I <sub>отс</sub> / I <sub>н</sub> ; здесь I <sub>н</sub> - ток автомата
13 I <sub>н</sub>	10-16
9 I <sub>н</sub>	8-10
3,5 I <sub>н</sub>	3-4

Автоматические выключатели АЕ-2000 и АЕ-2000М рассчитаны на номинальные токи 16 А (АЕ-2020М), 63 А (АЕ-2040М), 100 А (АЕ-2050М), 160 А (АЕ-2060). Они имеют регулировку тока несрабатывания тепловых расцепителей в пределах (0,9-1,15) I<sub>н</sub>. Выключатели с электромагнитными расцепителями имеют токи отсечки (I<sub>отс</sub>), равные 3,5 и 12, а автоматические выключатели с комбинированным расцепителем-12.

Автоматические выключатели серии А 3700 выпускаются на номинальные токи 160 А (А 3710), 250 А (А 3720), 630 А (А 3730) с тепловыми или электромагнитными расцепителями.

Кроме того, есть исполнение выключателей А 3700 с селективной работой и регулируемые полупроводниковыми расцепителями максимального тока. Селективность создается выдержкой времени в пределах 0,1-0,4 с. Автоматы селективного исполнения содержат в обозначении букву С (например, А 3730С).

Выпускаются также автоматы ВА-51, данные которых приведены в литературе (2), стр. 91-92.



Автоматические выключатели выбирают по следующим условиям:

$$U_n a \geq U_n \text{ уст},$$

где  $U_n a$  - номинальное значение напряжения автоматического выключателя, В ;

$U_n \text{ уст}$  - номинальное напряжение электроустановки, В ;

$$I_n a \geq I_n \text{ уст},$$

где  $I_n a$  - номинальный ток автомата, А ;

$I_n \text{ уст}$  - номинальный ток электроустановки, А ;

$$I_{рт} \geq K_T * I_{р \text{ max}},$$

где  $I_{нт}$  - номинальный ток теплового расцепителя, А ;

$K_T$  - коэффициент теплового расцепителя, учитывающий возможный разброс по току срабатывания (1,1-1,3) ;

$I_{р \text{ max}}$  - максимальный рабочий ток электроустановки, электродвигателя, линии, А ;

$$I_{нэ} \geq K_{э} * I_{\text{max}},$$

где  $K_{э}$  - коэффициент электромагнитного расцепителя, учитывающий разброс по току самого расцепителя и пускового тока (принимают 1,25 для автоматов АЕ-2000 и А 3700 ; в остальных случаях принимают 1,5-1,6) ;

$I_{нэ}$  - ток отсечки электромагнитного расцепителя, А ;

$I_{\text{max}}$  - максимальный ток электродвигателя (пусковой ток).

Практически надо следить и за выполнением такого условия:

$$I_{пред a} \geq I_{к \text{ max}},$$

где  $I_{пред a}$  - предельное значение тока автоматического выключателя ;

$I_{к \text{ max}}$  - максимальный ток короткого замыкания в месте установки автоматического выключателя.

При этом

$$I_{к \text{ max}} = U_c / \sqrt{3}(Z_T + Z_L),$$

где  $U_c$  - напряжение сети, В ;

$Z_T$  - сопротивление трансформатора, приведенное к напряжению 400 В, Ом ;

$Z_L$  - сопротивление линии от подстанции 0,4 кВ до места установки автоматического выключателя, Ом.

От перегрузки защищают каждый двигатель отдельно.

При выборе автоматического выключателя при питании сразу нескольких электродвигателей номинальный ток выключателя, как и

номинальный ток теплового расцепителя, должен быть равен сумме номинальных токов одновременно работающих электродвигателей или превышать ее. Ток отсечки электромагнитного расцепителя в этом случае

$$I_{нэ} \geq (1,5-1,8) \left[ \sum_{1}^n I_n + (I_{п\ нб} - I_n\ нб) \right],$$

где  $\sum_{1}^n I_n$  - сумма номинальных токов одновременно работаю-

щих электродвигателей ;

$(I_{п\ нб} - I_n\ нб)$  - разность между пусковым и номинальным токами для двигателя, у которого они наибольшие.

## 7. ВСТРОЕННАЯ ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАЩИТА

Для контроля нагрева обмотки статоров асинхронных электродвигателей широко используют встроенную температурную защиту типа УВТЗ, в которой в роли датчиков температуры используются полупроводниковые терморезисторы с положительным температурным коэффициентом сопротивления. Выпускаются двигатели серии 4А и АИ со встроенной температурной защитой (в обозначениях серийных двигателей с такой защитой дополнительно дописана буква Б после указания числа полюсов; выводы цепи трех последовательно включенных резисторов в клемной коробке выводов электродвигателя обозначают буквой Т и цифрами 1 и 2).

Маркировка выводов серийных реле УВТЗ-1М и УВТЗ-5 и схемы включения этих реле даны в литературе (2) на стр.98.

Габаритные размеры реле УВТЗ позволяют их легко устанавливать в станциях управления и даже в корпусах магнитных пускателей, начиная с четвертой величины, вместо тепловых реле.

Реле УВТЗ-1М имеет шесть выходных клемм с маркировкой 1-6. При этом клеммы 5- и 6 надо подключать соответственно к клеммам Т1 и Т2 двигателя, клеммы 1 и 4 - к источнику напряжения 220 В, клеммы 2 и 3 (размыкающий контакт выходного реле устройства УВТЗ) - в цепь катушки пускателя, обслуживающего защищаемый двигатель.

## 8. ФАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ

### ФУЗ-М

Устройства ФУЗ обычно применяют совместно с аппаратами защиты от токов короткого замыкания (предохранители, автоматические выключатели, реле максимального тока).

Размыкающий контакт выходного реле устройства ФУЗ включают в цепь катушки пускателя. Выпускают пять типоразмеров устройства ФУЗ-М (см. таблицу 8.1).

Устройства ФУЗ Защищают двигатель при перегрузке и при обрыве фазы сети.

Рабочее напряжение 380 В. Время срабатывания при обрыве фаз не более 0,1 с.

Время срабатывания при перегрузке  $1,5 I_n$  не более (30-50)с. Время срабатывания при перегрузке  $7,5 I_n$  не более (6-10)с.

К электродвигателям с рабочими токами более 32 А (примерно при мощности двигателя 17кВт) фазочувствительные устройства подключают через трансформаторы тока, вторичные обмотки которых соединены звездой. В этом случае звездой соединяют и входные об-

Таблица 8.1

Данные устройств ФУЗ-М

Параметр	Варианты устройства				
	ФУЗ-М1	ФУЗ-М2	ФУЗ-М3	ФУЗ-М4	ФУЗ-М5
Диапазон рабочих токов, А	1-2	2-4	4-8	8-16	16-32

мотки реле ФУЗ, т.е. клеммы X,Y и Z устройства ФУЗ соединяют в общую точку.

Если реле ФУЗ включают без трансформаторов тока, то клеммы А-Х, В-У и С-З врезают соответственно в питающие провода фаз А,В, и С, а размыкающий контакт в отключаемую цепь (например, в цепь катушки магнитного пускателя).

Устройство ФУЗ-М должно быть настроено на номинальный ток электродвигателя регулятором потенциометра (он расположен под крышкой устройства).

## 9. ВЫБОР СПЕЦИАЛЬНЫХ РЕЛЕ ОБРЫВА ФАЗ

Для защиты двигателя от перегрева при обрыве фазы питающей сети используют такие средства:

- тепловые реле пускателей и тепловые расцепители автоматов (при их правильной настройке и сезонной регулировке) ;
- устройства УВТЗ и ФУЗ ;
- максимально токовые защиты с выдержкой времени (например, на базе реле тока РТ-40 или электронные защиты различных заводов-изготовителей) ;
- специальные реле обрыва фаз (РОФ) ;
- схемы с дополнительными промежуточными реле (не эффективны при обрыве фазы во время работы двигателя) ;
- схема с подключением реле к нулевой точке обмотки статора (при наличии нерегулируемого реле напряжения появляются трудности из-за необходимой отстройки от меняющихся несимметричных фазных напряжений и необходимости иметь достаточную чувствительность защиты при обрыве фазы во время работы двигателя) и др. защиты.

Из известного множества решений большой интерес представляют реле РОФ, выпускаемые Украиной в виде постоянно усовершенствуемого ряда Е-511, ЕЛ-8, ЕЛ-10, ЕЛ-12.

Например выпускаемое реле ЕЛ-12 имеет пластмассовый корпус, малые габариты, простую схему подключения и срабатывают в таких ситуациях:

- обрыв фазы сети до пуска двигателя ;
- обрыв фазы сети во время работы двигателя ;

- неправильный порядок следования фаз (это предотвращает включение двигателя для вращения в обратном направлении) ;

- симметричное снижение напряжения до величины  $(0,7-0,75) U_n$  ;

- снижение напряжения в любой из фаз до величины  $(0,55-0,65) U_n$  .

Из перечня возможностей реле ЕЛ-12 видно, что оно с успехом может использоваться и для контроля полнофазного режима питающей сети 380/220 В.

Кроме того реле ЕЛ-11 и ЕЛ-12 имеют регулируемую выдержку времени с диапазоном  $(0,1-10)$  с, что позволяет при необходимости исключить ненужное срабатывание реле, если одно из названных вы

ше нарушений неполнофазного режима имеет длительность менее установленной выдержки времени.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Практикум по электроприводу в сельском хозяйстве. Под ред. Савченко П.И. - М.: Колос, 1996.
2. Чиликин М.Г. Общий курс электропривода. / М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер - М.: Энергоиздат, 1981.
3. Справочник по электрическим машинам. Т.1. Под ред. Копылова И.П. -М.: Энергоиздат, 1988.
4. Ильинский Н.Ф. Основы электропривода: учебное пособие для вузов/ Н.Ф. Ильинский.- М.: МЭИ, 2003.
5. Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию/ И.И. Алиев.- Ростов-на- Дону: Феникс, 2003.
6. Электропривод и электрооборудование: учебник для вузов/А.П. Каламиец.- Москва.: Колос, 2007.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения.....	2
2. Выбор разъединителей, переключателей и пакетных выключателей.....	3
3. Выбор пускателей.....	5
4. Выбор тепловых реле, встраиваемых в магнитных пускателях.....	7
5. Выбор предохранителей.....	10
6. Выбор автоматических выключателей.....	12
7. Встроенная температурная защита.....	16
8. Фазочувствительные устройства ФУЗ-М.....	16
9. Выбор специальных реле обрыва фаз.....	17
10. Литература.....	20