

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет
им. А.А. Ежевского

Факультет энергетический
Кафедра электрооборудования и физики

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИКИ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ОЧНОГО, ЗАОЧНОГО
И ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ, НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ
35.03.06 - АГРОИНЖЕНЕРИЯ, ПРОФИЛЬ «ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И
ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В АПК»



Молодежный 2020

УДК 621.31-027(076.5) + 681.5(076.5)

Э 414

Допущено методическим советом энергетического факультета
(протокол № 4 от 15 декабря 2020 года)

Составители: Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю.

Рецензент: Подъячих С. В. - к.т.н., заведующий кафедрой «Электро-снабжения и электротехники» Иркутского ГАУ им. А.А. Ежевского

Эксплуатация электрооборудования и средств автоматики : лабораторный практикум для студентов очного, заочного и дистанционного обучения, направления подготовки 35.03.06 - Агроинженерия, профиль «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» / Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежевского ; сост.: А. Ю. Прудников [и др.]. – Молодёжный : Изд-во ИрГАУ, 2020. – 68 с. – Текст : электронный.

В лабораторном практикуме приведен обзор основных теоретических материалов, а также методики выполнения лабораторных. Практикум предназначен для самостоятельной работы студентов энергетического факультета очного, заочного и дистанционного обучения, направления подготовки 35.03.06 - Агроинженерия, профиль «Электрооборудование и электротехнологии в АПК». Приведены сведения по технике безопасности, справочные материалы, а также контрольные вопросы для самоконтроля. Практикум составлен на основе действующей рабочей программы по дисциплине «Эксплуатация электрооборудования и средств автоматики».

© Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю., 2020
© Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, 2020

Содержание

Введение	4
Основные правила техники безопасности при работах на установках высокого напряжения	5
Лабораторная работа № 1	
ПУСК АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ ПРИ ПОМОЩИ МАГНИТНОГО ПУСКАТЕЛЯ	8
3. Лабораторная работа № 2.	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ	20
4. Лабораторная работа № 3.	
ПОДКЛЮЧЕНИЕ ТРЁХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ К ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ	28
5. Лабораторная работа № 4.	
ВКЛЮЧЕНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ ЛЮМИНИСЦЕНТНОЙ ЛАМПЫ В ПИТАЮЩУЮ СЕТЬ	34
Лабораторная работа № 5	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОКАЛОРИФЕРНЫМИ УСТАНОВКАМИ	41
Литература	48
ПРИЛОЖЕНИЯ	49

Введение

Учебное пособие содержит указания для выполнения лабораторных работ по курсу «Эксплуатация электрооборудования и средств автоматики».

Перед выполнением лабораторной работы обучающемуся следует проанализировать теоретический материал, чтобы получить представление о поставленной задаче и физических процессах, которые предстоит изучить в ходе работы. Также студент должен выполнить практическую часть лабораторной работы, знать конструкцию, назначение приборов и материалов, необходимых для выполнения задач исследования. Чтобы упростить подготовку обучаемого к выполнению работы, в ней присутствует краткая теория по исследуемым процессам и явлениям. Студентам следует заранее подготавливаться к занятиям в лаборатории.

Чтобы упростить подготовку обучаемого к выполнению лабораторной работы, в ней присутствует краткая теория по исследуемым процессам и явлениям. Для полученного более полного представления по теме следует использовать дополнительную литературу.

Для закрепления усвоенного материала каждая лабораторная работа заканчивается контрольными вопросами.

В каждой работе есть правила оформления отчёта. По желанию студента в отчете могут присутствовать дополнительные материалы. Отчёт выполняется индивидуально каждым студентом и сдаётся преподавателю к следующему учебному занятию.

Перед выполнением работ на высоковольтных установках студенты должны пройти инструктаж по правилам техники безопасности.

Основные правила техники безопасности при работах на установках высокого напряжения

1. К высоковольтным установкам относятся только те устройства напряжение которых относительно земли более 1000 В.

2. Все лица, проводящие работы в лаборатории на высоковольтных установках, обязаны знать и строго соблюдать требования безопасности для высоковольтных установок, инструкции по технике безопасности, а также правила освобождения пострадавшего от действия электрического тока и оказания ему первой помощи.

3. Студенты не могут проводить работу на высоковольтных установках самостоятельно и могут работать в лаборатории только в присутствии преподавателя.

4. Работы на высоковольтных установках могут выполняться минимально двумя лицами, один из которых должен обладать квалификацией, дающей право самостоятельно производить работы на высоковольтных установках.

5. Действующая высоковольтная установка должна обеспечивать во всех случаях безопасное выполнение работ. Для этого служат защитное заземление, заземляющие и закорачивающие штанги, ограждения, блокировка, сигнализация, два видимых разрыва (переключателя) в цепи питания высоковольтной установки, запрещающие и предупреждающие плакаты.

6. Высоковольтная установка должна иметь свои специально разработанные инструкции по технике безопасности.

Инструкция должна содержать:

- а) порядок включения и выключения установки;
- б) список запрещенных действий;
- в) краткий перечень защитных средств (заземление, ограждение, блокировка и т. д.) и правила их использования;
- г) описания действий в случае аварии.

7. В связи с тем, что обстановка в лаборатории постоянно изменяется, не всегда стоит полагаться на средства защиты, и перед началом работы необходимо удостовериться, что:

а) имеются инструкции по технике безопасности;

б) исправна схема блокировки, переносных заземляющих устройств, постоянного заземления;

в) ограждения исправны и правильно их установлены;

г) имеются предупреждающие плакаты;

д) за ограждением отсутствуют люди.

8. Подавая напряжение на схему, необходимо предварительно громко предупредить окружающих: «ВКЛЮЧАЮ ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ».

9. В процессе работы с включенной установкой категорически запрещается:

а) выходить за ограждения;

б) перемещать ограждения;

в) вытягивать руки за ограждения;

г) закорачивать или отключать блокировочные устройства;

е) убирать запрещающие и предупреждающие плакаты;

д) оставлять установку под напряжением, без присмотра.

10. После снятия напряжения перед приближением к оборудованию необходимо заземлить части установки, которые находились или могли находиться под высоким напряжением.

11. Если есть сомнения в исправности установки или защитного оборудования необходимо снять напряжение и установить защитное заземление.

12. При временном прекращении работы или проведении ремонтных работ установка должна быть отключена от электропитания и на выключателе вывешен плакат «НЕ ВКЛЮЧИТЬ, РАБОТАЮТ ЛЮДИ».

13. После завершения работ необходимо:

а) заземлить участки установки, которые находились или могут находиться под высоким напряжением;

б) убрать предупреждающие и запрещающие плакаты;

в) принять меры для предотвращения возможности случайного (ошибочного) включения.

14. При работе с высоковольтными установками присутствие посторонних лиц в помещениях лаборатории недопустимо. Настоящие правила составлены на основе стандартных правил безопасности для студентов, работающих в учебных лабораториях и мастерских Министерства образования Российской Федерации.

Лабораторная работа № 1

ПУСК АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С

КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ ПРИ ПОМОЩИ МАГНИТНОГО ПУСКАТЕЛЯ

Цель работы: Изучение электрической схемы пуска асинхронного двигателя при помощи магнитного пускателя.

Программа работы

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места, записать паспортные данные асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором М.
2. Собрать электрическую схему управления АД с к.з. ротором при помощи магнитного пускателя и опробовать её (рис.1.1).
3. Выбрать магнитный пускатель КМ, автоматический выключатель QF и кнопочную станцию SB1 ÷ SB2 для электрической схемы (рис. 1.1).

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Выбор магнитного пускателя

Магнитный пускатель серии ПМЛ предназначен для дистанционного пуска и остановки асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, а в исполнении с трёхполюсным тепловым реле РТЛ- для защиты электродвигателя от перегрузок и токов, возникающих в двухфазном режиме.

Структура условного обозначения пускателя:

ПМЛ – X1X2X3X4X5X6X7

ПМЛ – серия

X1 – величина пускателя по току: (1-10А; 2-25А; 3-40А; 4-63А; 5-80А; 6-125А; 7-200А).

X2 - исполнение по назначению и наличию теплового реле:

(1 – нереверсивный без теплового реле; 2 – нереверсивный с тепловым реле; 5 – реверсивный без теплового реле; 6 - ре-

версивный с тепловым реле; 7 – пускатель звезда-треугольник).

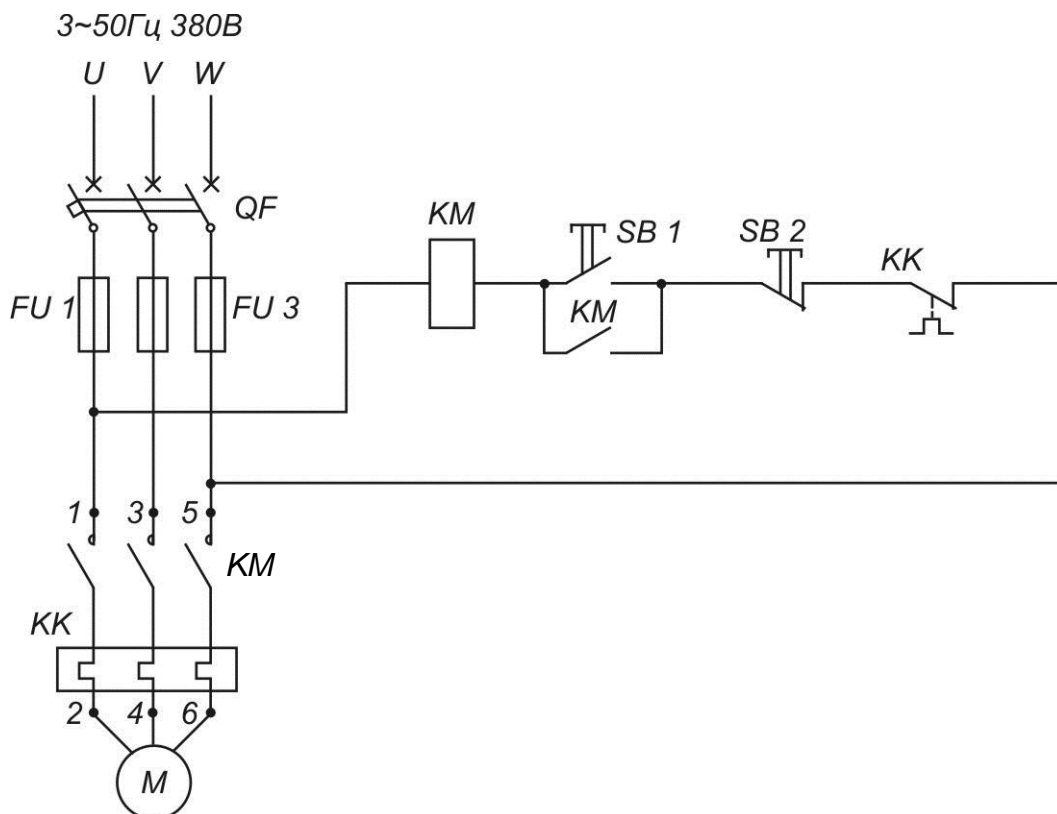


Рис. 1.1. Электрическая схема управления асинхронным электродвигателем с к.з. ротором при помощи магнитного пускателя

X3 – исполнение по степени защиты и наличию кнопок :
 (0 – IP00 без кнопок; 1 – IP54 без кнопок; 2 – IP54 с кнопками «Пуск» и «Стоп» ; 3 – IP54 – с кнопками «Пуск» и «Стоп» и сигнальной лампой).

X4 – исполнение пускателя по числу и исполнению контактов вспомогательной цепи :

0 – 1з (на 10...25 А); 1з+1р (на 40...63 и 80...200 А).

1 - 1р (на 10...25 А); 2з + 2р (на 80...200 А).

2 - 3з + 3р (на 80...200 А).

3 - 3з + 1р (на 80...200 А).

4 - 5з + 1р (на 80...200 А).

X5 - климатическое исполнение:

Таблица 1.1

Буквенные обозначения климатического исполнения
электрооборудования

№	Климатическое исполнение изделий ГОСТ 15150 - 69	Буквенные (цифровые) обозначения
1.	Умеренный, t° (+ 40°C... - 45°C)	У (0)
2.	Умеренный, Холодный (t° < - 45°C)	УХЛ (1) ХЛ (1)
3.	Влажный тропический (t° > +20°C ; $\varphi = 80\%$)	ТВ (2)
4.	Сухой тропический t° > + 40°C ; $\varphi = 80\%$)	ТС (3)
5.	Тропический (эксплуатация как в сухом так и во влажном тропическом) t° > 40°C ; φ > 80%)	Т (4)
6.	Общеклиматическое исполнение.	О (5)
7.	Морское.	М (6)
8.	Всеклиматическое	В (9)
9.	Химостойкое.	Х (-)

Х6 - категория размещения:

Таблица 1.2

Обозначение категории размещения электрооборудования

Обозначение категории.	Характеристика категории размещения электрооборудования при эксплуатации.
1	<u>На открытом воздухе</u> (воздействие совокупности климатических факторов, характерных для данного микроклиматического района).
2	<u>Под навесом</u> или в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе, но нет прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков.
3	<u>В закрытых помещениях</u> с естественной

	вентиляцией.
4	В помещениях с искусственно регулируемы-ми климатическими условиями.
5.	В помещениях с повышенной влажностью.

X7 - износостойкость контактов:

А - от 2...4 млн. циклов.

Б - 1 млн. циклов.

В - 0,3 млн. циклов

Степень защиты магнитного пускателя

Важной характеристикой каждого электротехнического изделия является степень защиты обслуживающего персонала от соприкосновения с токоведущими частями оборудования, от попадания в него пыли, посторонних тел и проникновения воды.

Обозначение степеней защиты состоит из двух букв латинского алфавита IP (International Protection), обозначающих международную систему, и двух цифр, первая из которых характеризует степень защиты от проникновения посторонних предметов, а вторая - степень защиты электрооборудования от проникновения влаги.

Первая цифра :

0 - защита отсутствует.

1 - защита от проникновения внутрь оболочки твёрдых тел размером более 50 мм, а также от случайного соприкосновения человека с токоведущими частями.

2 - защита от проникновения внутрь оболочки твёрдых тел размером более 12 мм или предметов длиной более 80 мм.

3 - защита от проникновения твёрдых тел, например, проволоки диаметром не менее 2,5 мм.

4 - защита от проникновения проволоки или твёрдых тел размером 1 мм.

5 - защита от пыли в той степени, когда пыль не может проникать в количестве, достаточном для нарушения работы изделия.

6 - полная пыленепроницаемость.

Вторая цифра:

- 0 - защита отсутствует.
- 1 - защита от капель воды, падающих вертикально на оболочку.
- 2 - защита от капель воды, падающих под углом 15° .
- 3 - защита от дождя.
- 4 - защита от брызг.
- 5 - защита от водяных струй.
- 6 - защита от волн воды.
- 7 - защита от погружения в воду.
- 8 - защита при длительном погружении в воду.

1.2 Выбор автоматического выключателя

Автоматические выключатели (автоматы) предназначены для автоматического отключения электрических цепей при к.з. или ненормальных режимах (перегрузках, исчезновении или снижении напряжения), а также для нечастого включения и отключения токов нагрузки.

Отключение выключателя при перегрузках и к.з. выполняется встроенным в выключатель автоматическим устройством, которое называется максимальным расцепителем тока, или сокращённо – расцепителем.

Выключатели по заказу могут поставляться со следующими дополнительными устройствами: нулевым или минимальным расцепителем, отключающим выключатель при снижении напряжения; независимым расцепителем (электромагнитом отключения) для дистанционного отключения выключателя.

Номинальным током $I_{н.в.}$ и напряжением $U_{н.в.}$ выключателя называют значение тока и напряжения, которые могут выдерживать главные токоведущие части выключателя в длительном режиме. Номинальный ток расцепителя $I_{н.расц.}$ может отличаться от номинального тока выключателя, поскольку в выключатель могут быть встроены расцепители с меньшим номинальным током.

Автоматические выключатели выпускаются с электромагнитными и комбинированными расцепителями. Автоматический выключатель с электромагнитным расцепителем защищает электродвига-

тель от токов к.з., а с комбинированным расцепителем от токов к.з. и от перегрузки.

Выбор автоматического выключателя производится согласно следующим условиям:

- 1). Номинальное напряжение автомата должно соответствовать напряжению сети :

$$U_{н.в.} \geq U_c ;$$

- 2). Номинальный ток автомата должен соответствовать длительному расчётному току электродвигателя :

$$I_{н.в.} \geq I_n ;$$

- 3). Номинальный ток любого расцепителя автомата (электромагнитного или комбинированного) должен соответствовать длительному расчётному току электродвигателя:

$$I_{н.расц.} \geq I_n ;$$

Выбранные расцепители автоматов проверяют на правильность срабатывания:

Электромагнитного расцепителя:

$$I_{с.о.} \geq I_{эм.р.}$$

где $I_{с.о.}$ – ток срабатывания отсечки электромагнитного расцепителя, А ;

$$I_{с.о.} = k_1 \times I_{н.расц.} =$$

где k_1 – отношение тока срабатывания отсечки электромагнитного расцепителя к номинальному току расцепителя ;

$I_{эм.р.}$ – расчётный ток электромагнитного расцепителя, А.

$$I_{эм.р.} = (1,5 \dots 1,8) I_{пуск} =$$

где $I_{пуск}$ - пусковой ток электродвигателя, А ;

$$I_{пуск} = i \times I_n =$$

где i – кратность пускового тока;

I_n - номинальный ток электродвигателя, А.

Сокращённое условное обозначение автоматических выключателей серии **АЕ20Х1Х2**. Расшифровка в порядке написания : **АЕ** – выключатель автоматический; **20** – номер разработки; **Х1** - условное обозначение номинального тока (2 – 16 А; 4 – 63 А; 5 – 100 А; 6 – 160 А).

Х2 – число полюсов в комбинации с максимальными расцепителями тока (3 – трёхполюсные с электромагнитными расцепителями; 4 или 6 - соответственно одно- или трёхполюсные с электромагнитными и тепловыми расцепителями; наличие буквы М - модернизированные выключатели).

Таблица 1.3

**Автоматические выключатели серии АЕ20 и АЕ20М
на напряжение до 660 В**

Тип выключателя.	I_n , А.	Вид расцепителя.	I_n ,расц. А.	$k_1 = \frac{I_{с.о.}}{I_{н.расц.}}$	$k_2 = \frac{I_{с.п.}}{I_{н.расц.}}$
АЕ2023	16	Электромагнитный	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25;1,6;	12	-
АЕ2026	16	Комбинированный	2; 2,5; 3,15;4;5 6,3; 8;10 12,5; 16	12	0,9 - 1,15

AE2043M	63	Электромагнитный	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 3,15; 4; 5; 6,3; 8 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40;50;63	12	-
AE2046M	63	Комбинированный		12	0,9 – 1,15
AE2053M	100	Электромагнитный	10; 12,5; 16;20;25	12	-
AE2056M	100	Комбинированный	; 21,5; 40; 50; 63; 80; 100	12	1,15
AE2063	160	Электромагнитный	16; 20; 25; 31,5;	12	-
AE2066	160	Комбинированный	40; 50; 63; 80; 100;125; 160	12	1,15

1.3 Выбор кнопочных постов управления

Кнопки управления применяются для дистанционного управления электромагнитными аппаратами, а также для коммутирования цепей сигнализации, блокировки и пр. при постоянном токе до 400 В и переменном токе до 500 В, 50 Гц.

Кнопки управления состоят из кнопочных элементов. Кнопочный элемент имеет две пары электрических несвязанных кон-

тактов – неподвижных и подвижных. При нажатии толкателя подвижные контакты прижимаются к неподвижным. После снятия усилия нажатия контакты под действием пружины приходят в исходное положение. Кнопочный элемент может иметь как замыкающие, так и размыкающие контакты. Кнопочные элементы отличаются формой и цветом толкателя, количеством и мощностью контактов.

Кнопки управления, смонтированные на панели или в кожухе, **называются кнопочным постом управления**. Промышленность выпускает кнопочные посты серии ПКЕ (пост кнопочный единой серии) на базе кнопочных элементов КЕ.

Посты управления кнопочные серии ПКЕ

Общие сведения.

Посты управления кнопочные серии ПКЕ предназначены для коммутации электрических цепей управления переменного тока напряжением до 500 В частоты 50 и 60 Гц и постоянного тока напряжением до 220 В. Рабочее положение в пространстве – любое.

Структура условного обозначения:

ПКЕ X₁ X₂ 2 – X₃ X₄ X₅

ПКЕ - посты управления кнопочные ;

X₁ - исполнение по эксплуатационному назначению (**1** – для встройки в специальную нишу, **2** – для пристройки к любой ровной поверхности, **6** – « Пуск» - «Стоп» – для встройки в нишу, **7** -« Пуск» – « Стоп» - для пристройки к любой поверхности) ;

X₂ - степень защиты (**1** – IP40 со стороны управляющих элементов, IP00 со стороны монтажа проводов, IP54 ; **2** - IP54 со стороны управляющих элементов, IP00 со стороны монтажа проводов, IP54) ;

2 - материал корпусных деталей (пластмасса) ;

X₃ - количество управляющих элементов (**1** - один ; **2** - два ; **3** - три) ;

X₄ X₅ - климатическое исполнение (У ; ХЛ ; Т) и категория размещения (**2** ; **3**).

Конструкция:

Посты серии ПКЕ имеют различные конструкции в зависимости от их эксплуатационного назначения и количества органов управления. Посты ПКЕ112-1 состоят из пластмассовой панели, с наружной стороны которой установлены табличка и подпружиненный толкатель (цилиндрический или грибовидный), с внутренней – переходной фланец с двухцепным кнопочным элементом с изолированными друг от друга контактными цепями.

Контактные элементы могут выполняться в любой комбинации замыкающих и размыкающих контактов. Цилиндрические толкатели выполняются чёрного, красного, белого, жёлтого, зелёного или голубого цвета; грибовидные – чёрного или красного цвета; посты - с табличками без надписи или с надписями: «Пуск», «Стоп», «Вперёд», «Назад», «Вверх», «Вниз», «Вправо», «Влево», «Быстро», «Медленно», «Толчок», «Тормоз», «Откр.», «Закр.», «Вкл.», «Откл.».

Встраиваемые посты крепятся в специальной нише, пристраиваемые - на любой ровной поверхности.

Техническая характеристика:

Номинальный ток, А	10
Номинальный рабочий ток при номинальном рабочем напряжении, А :	
переменного тока	
500 В.....	2
380 В	3
220 В	5
110 В	6

Технические характеристики постов серии ПКЕ

Типоисполнение	Масса, не более, кг	Типоисполнение	Масса, не более, кг
ПКЕ112 – 1У3	0,13 / 0,11	ПКЕ122 – 1У2	0,14 / 0,12
ПКЕ112 – 1Т3	0,16 / 0,14	ПКЕ122 – 1Т2	0,17 / 0,15
ПКЕ112 – 2У3	0,22 / 0,19	ПКЕ122 – 2У2	0,23 / 0,20
ПКЕ112 – 2Т3	0,26 / 0,21	ПКЕ122 – 2Т2	0,27 / 0,22
ПКЕ112 – 3У3	0,27 / 0,26	ПКЕ122 – 3У2	0,23 / 0,20
ПКЕ112 – 3Т3	0,32 / 0,29	ПКЕ122 – 3Т2	0,27 / 0,22
ПКЕ212 – 1У3	0,27 / 0,21	ПКЕ222 – 3У2	0,59 / 0,50
ПКЕ212 – 1Т3	0,32 / 0,24	ПКЕ222 – 3Т2	0,61 / 0,56
ПКЕ212 – 2У3	0,40 / 0,36	ПКЕ612 – 2У3	0,150 / 0,114
ПКЕ212 – 2Т3	0,46 / 0,40	ПКЕ612 – 2Т3	0,168 / 0,135
ПКЕ212 – 3У3	0,57 / 0,48	ПКЕ622 – 2У2	0,164 / 0,130
ПКЕ212 – 3Т3	0,59 / 0,54	ПКЕ622 – 2Т2	0,182 / 0,150
ПКЕ222 – 1У2	0,28 / 0,22	ПКЕ712 – 2У3	0,291 / 0,216
ПКЕ222 – 1Т2	0,33 / 0,25	ПКЕ712 – 2Т3	0,341 / 0,267
ПКЕ222 – 2У2	0,41 / 0,37	ПКЕ722 – 2У2	0,305 / 0,230
ПКЕ222 – 2Т2	0,47 / 0,41	ПКЕ722 – 2Т2	0,355 / 0,282

Методические указания

Экспериментальная установка (рис.1.1) содержит асинхронный электродвигатель с к.з. ротором М, автоматический выключатель с электромагнитным расцепителем QF, предохранители FU1, FU2, FU3, нереверсивный магнитный пускатель КМ защищённого исполнения со строенным тепловым реле КК и кнопочный пост SB1 ÷ SB2 .

Порядок выполнения работы:

1. Собрать электрическую схему (рис. 1.1) пуска асинхронного электродвигателя с к.з. ротором при помощи магнитного пускателя КМ и опробовать её.

2. Выбрать магнитный пускатель КМ, автоматический выключатель QF и кнопочный пост SB1 ÷ SB2.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначен магнитный пускатель?
2. Объясните структуру условного обозначения выбранного магнитного пускателя серии ПМЛ?
3. Объясните обозначение степени защиты выбранного магнитного пускателя.
4. Какие тепловые реле встраиваются в магнитный пускатель серии ПМЛ и для чего они предназначены?
5. Для чего предназначен автоматический выключатель с электромагнитным расцепителем?
6. Как производится выбор автоматического выключателя?
7. Объясните структуру условного обозначения кнопочных постов серии ПКЕ и выбор SB1 ÷ SB2 (рис. 1.1).

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Цель работы: Освоить методику опытного определения коэффициента мощности АД с к.з. ротором.

Программа работы:

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места, изучить пределы измерения электроизмерительных приборов.
2. Собрать электрическую схему (рис. 2.2).
3. Подключить АД к сети и снять показания приборов для определения коэффициента мощности.
4. Рассчитать коэффициент мощности ($\cos \varphi$) для исследуемого асинхронного электродвигателя.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.

Работа асинхронных электродвигателей переменного тока сопровождается непрерывным изменением магнитного потока в магнитопроводе. При изменении потока в обмотках электродвигателя, имеющих индуктивное сопротивление, возникает э.д.с. самоиндукции, которая препятствует нарастанию переменного тока, что приводит к отставанию его по фазе от напряжения сети. Следовательно, самоиндукция является причиной сдвига фаз между током и напряжением.

Угол сдвига фаз между током и напряжением определяется величиной, которая получила название коэффициента мощности или $\cos \varphi$.

С другой стороны коэффициентом мощности или $\cos \varphi$ называется отношение активной мощности P к полной мощности S , (рис. 2.1).

Наглядно соотношение мощностей в асинхронном электродвигателе можно представить в виде треугольника мощностей (рис. 2.1).

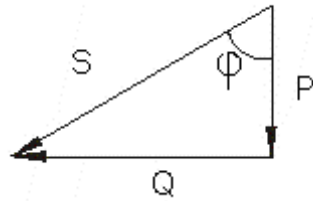


Рис. 2.1. Векторная диаграмма мощностей АД

где **P** – **активная мощность, кВт**. Эта мощность потребляемая трёх-фазным АД из сети, она расходуется на преобразование электрической энергии в механическую и на покрытие электрических и механических потерь.

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}; \quad (2.1)$$

где U - напряжение на зажимах АД (линейное напряжения), В ;
 I - ток, поступающий из сети и обтекающий обмотки трансформатора, А.

$$I = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}, \text{ А}; \quad (2.2)$$

Из выражений (2.1) и (2.2) видно, что при одной и той же мощности, развиваемой электродвигателем, сила тока, поступающая из сети, тем больше , чем меньше $\cos \varphi$.

В техническом паспорте АД приводится номинальная мощность P_n , развиваемая на его валу (полезная мощность).

$$P_n = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (2.3)$$

где U_n – номинальное линейное напряжение, В ;

I_n - номинальный ток, А ;

$\cos \varphi_n$ – номинальный коэффициент мощности ;

η_n – номинальный коэффициент полезного действия .

$$\eta_n = \frac{P_n}{P}; \quad (2.4)$$

$$I_H = \frac{1000 \cdot P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H}, \text{ A}; \quad (2.5)$$

S – полная (кажущаяся) мощность, кВА (киловольтамперы).

Эта мощность расходуется на преобразование электрической энергии в механическую, на покрытие потерь и создание магнитного поля статора.

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot 10^{-3}, \text{ кВА}; \quad (2.6)$$

$$S = \frac{P}{\cos \varphi}, \quad \text{кВА}; \quad (2.7)$$

Q –реактивная мощность , квар (киловольтамперы реактивные)

Эта мощность расходуется на создание магнитного поля статора (рис. 2.1) :

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}, \quad \text{квар}; \quad (2.8)$$

$$Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad \text{квар}; \quad (2.9)$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi, \quad \text{квар}; \quad (2.10)$$

Различают значения мгновенного, среднего и средневзвешенного коэффициента мощности.

Мгновенный коэффициент мощности $\cos \varphi$ (в данный момент времени) можно определить по амперметру, вольтметру и ваттметру, одновременно отсчитывая их показания :

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I}; \quad (2.11)$$

где P – потребляемая мощность АД из сети, кВт .

Средний коэффициент мощности $\cos \varphi_{cp}$ представляет собой среднее значение из ряда мгновенных значений коэффициента мощности:

$$\cos \varphi_{\text{ср}} = \frac{\cos \varphi_1 + \cos \varphi_2 + \dots + \cos \varphi_n}{n} ; \quad (2.12)$$

Средневзвешенный коэффициент мощности $\cos \varphi_{\text{ср.в}}$ определяется за любой промежуток времени (час, смена, сутки, месяц, квартал, год) по показаниям счётчиков активной (PI) и реактивной (PK) энергии за соответствующий промежуток времени :

$$\cos \varphi_{\text{ср.в}} = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_p^2}} ; \quad (2.13)$$

где W_a – расход активной энергии, кВт·ч ;
 W_p – расход реактивной энергии, квар·ч.

Способы повышения $\cos \varphi$

Активная мощность, потребляемая АД из сети, определяется мощностью приводимой машины и зависит от её загрузки. Следовательно, чтобы обеспечить высокий коэффициент мощности, необходимо максимально загрузить двигатель.

Реактивная мощность в основном определяется конструктивными особенностями двигателя и лишь незначительно возрастает с ростом его загрузки.

Мероприятия по повышению коэффициента мощности разделяются на две группы:

1. Мероприятия, не требующие специальных компенсирующих устройств и целесообразные во всех случаях.

- 1.1. При подборе электродвигателей к машинам необходимо тщательно определять их потребную мощность. Нельзя выбирать двигатель на глазок и с большим запасом. Двигатели, выбранные с большим запасом, будут работать с недогрузкой, а следовательно, и с низким $\cos \varphi$.
- 1.2. Следует выбирать такие электродвигатели, которые имеют наиболее высокий номинальный $\cos \varphi$. Рекомендуется везде, где это возможно, отдавать предпочтение двигателям высоко-

скоростным с короткозамкнутым ротором и на шарикоподшипниках по сравнению с электродвигателями тихоходными с контактными кольцами и выполняемыми на подшипниках скользящего трения.

- 1.3. Необходимо устранять холостые пробеги электродвигателей при остановке машин, когда электродвигатель отключается от рабочей машины при помощи фрикционной муфты. Наиболее удобными приспособлениями для быстрого пуска и останвки машин являются различные пускатели с дистанционным управлением.
- 1.4. Для улучшения $\cos \varphi$ рекомендуется переключить обмотки электродвигателя с «треугольника» на «звезду», то есть обратно тому, что делают при пусках с переключением со «звезды» на «треугольник». При таком переключении обмоток напряжение на фазах двигателя уменьшается в $\sqrt{3}$ раз, а ток и мощность электродвигателя уменьшаются примерно в 3 раза. Благодаря пониженному напряжению уменьшаются ток намагничивания и пеактивная мощность. Это резко повышает $\cos \varphi$, особенно при малых нагрузках.

2. Мероприятия, связанные с применением компенсирующих устройств

- 2.1. В условиях сельского хозяйства наиболее простым и удобным аппаратом для улучшения $\cos \varphi$ является статический конденсатор. Конденсаторы обладают незначительными потерями (0,3 – 1% от их реактивной мощности), мало подвержены износу, бесшумны, не требуют фундаментов, просты и удобны в обслуживании и легко могут быть подобраны на различную мощность. Ёмкость трёхфазной батареи статических конденсаторов (в микрофарадах) определяют по формуле :

$$3C = \frac{Q \cdot 10^9}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2} ; \quad (2.14)$$

где Q – искомая реактивная мощность батареи статических конденсаторов, квар ;

C – ёмкость одной фазы конденсаторной батареи, мкф;
 f – частота питающей сети = 50 Гц ;
 U – напряжение на фазе конденсатора, В.

Из выражения (2.14) следует, что при одной и той же ёмкости конденсаторной батареи реактивная мощность пропорциональна квадрату приложенного напряжения. Чтобы уменьшить ёмкость конденсаторной батареи при одной и той же реактивной мощности, конденсаторы включают не в «звезду», а в «треугольник», так как при соединении в «треугольник» напряжение на фазе повышается в $\sqrt{3}$ раз, вследствие чего мощность конденсаторной батареи возрастает в 3 раза.

2.2. Улучшить $\cos \varphi$ можно также при помощи специальных компенсаторов реактивной мощности или синхронных электродвигателей.

Методические указания

Экспериментальная установка (рис. 2.2) содержит асинхронный электродвигатель с к.з. ротором M , автоматический выключатель QF , предохранители $FU1, FU2, FU3$, амперметр PA , вольтметр PV и трёхфазный счётчик активной энергии PI .

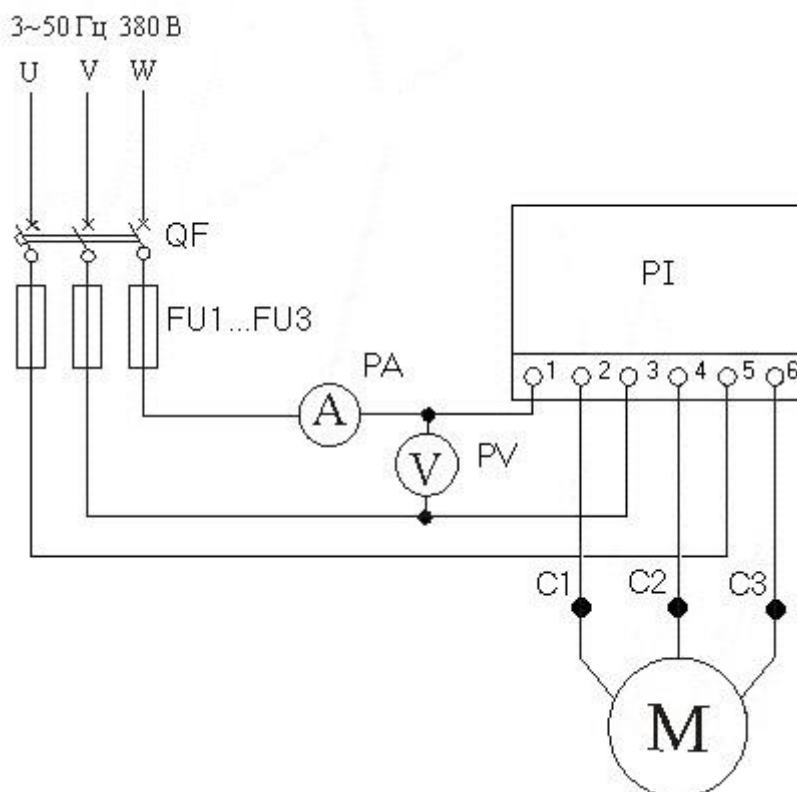


Рис. 2.2. Электрическая схема экспериментального

определения $\cos \varphi$

Коэффициент мощности рассчитывается по формуле:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}; \quad (2.15)$$

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot 10^{-3}, \text{ кВА}; \quad (2.16)$$

U – напряжение по показаниям вольтметра PV, В ;

I – ток по показаниям амперметра PA, А ;

$$P = \frac{W_a}{t}; \quad (2.17)$$

где W_a – активная энергия (показания счётчика), кВт·ч ;

t – время эксперимента, ч ;

Показания счётчика фиксируется за определённый период времени (удобнее посчитать количество оборотов диска счётчика за 5 или 10 минут и по этим данным рассчитать активную мощность) :

$$W_a = \frac{3600 \cdot n}{t \cdot C} \cdot K, \text{ кВт·ч}; \quad (2.18)$$

где n – число оборотов диска счётчика за время t ;

t – время отсчёта, с ;

$C = 750$ – постоянная счётчика (1 кВт·ч = 450 оборотов диска) ;

K – коэффициент трансформации трансформаторов тока (при их отсутствии $K = 1$).

Порядок выполнения работы:

1. Собрать электрическую схему (рис.2.2) экспериментального определения $\cos \varphi$.
2. Включить электрическую схему (рис.2.2), снять показания приборов PA, PV. Подсчитать число оборотов диска счётчика активной энергии PI за время t . Опытные данные занести в таблицу 2.1.

Опытные и расчётные данные для определения $\cos \varphi$

I, А	U, В	t, с	n, кол.	W _a , кВт·ч	P, кВт	S, кВА	Cos φ

Контрольные вопросы:

1. Что является причиной сдвига фаз между током и напряжением?
2. Каким отношением определяется коэффициент мощности?
3. Какой величиной определяется коэффициент мощности?
4. Как рассчитать активную мощность АД потребляемую из сети и пояснить на что она расходуется?
5. Как рассчитать ток, поступающий из сети?
6. Как рассчитать номинальную мощность АД развиваемую на его валу?
7. Как рассчитать полную мощность АД и пояснить на что она расходуется?
8. Как рассчитать реактивную мощность АД и пояснить на что она расходуется?
9. Как определяется мгновенный коэффициент мощности?
10. Как определяется средний коэффициент мощности?
11. Как определяется средневзвешенный коэффициент мощности?
12. Для чего нужно повышать коэффициент мощности?
13. На какие две группы подразделяются мероприятия по повышению коэффициента мощности?
14. Поясните какие мероприятия нужно произвести для повышения $\cos \varphi$ АД не требующие специальных компенсирующих устройств?
15. Поясните какие мероприятия применяются связанные с использованием компенсирующих устройств.
16. Как рассчитать ёмкость трёхфазной батареи статических конденсаторов?
17. Поясните как опытным путём определяли $\cos \varphi$?

Лабораторная работа № 3

ПОДКЛЮЧЕНИЕ ТРЁХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ К ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ

Цель работы: Изучить электрические схемы подключения АД с к.з. ротором к однофазной сети.

Программа работы:

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места, изучить технический паспорт асинхронного электродвигателя М (4А71А6У3).
2. Собрать электрическую схему (рис. 3.1), подключить электродвигатель М к трёхфазной сети и снять показания приборов.
3. Собрать электрическую схему (рис. 3.2), подключить электродвигатель М к однофазной сети и снять показания приборов.
4. Рассчитать по опытным данным какую мощность в % развивает электродвигатель М при подключении к однофазной сети по схеме (рис. 3.2) по отношению к схеме (рис.3.1) при подключении его к 3-х фазной сети.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

В сельском хозяйстве часто возникает необходимость применить трёхфазные асинхронные электродвигатели в таких условиях, где нет трёхфазной, но есть однофазная сеть. В этом случае электродвигатели можно включать в однофазную сеть, применив специальные схемы соединения обмоток.

У 3-х фазного АД при подключении его к однофазной сети должны быть (как у однофазного АД) рабочая и пусковая обмотки. Электродвигатель с одной рабочей обмоткой нельзя запустить без приложения посторонней силы, так как обмотка, включенная на однофазное напряжение, создаёт пульсирующее магнитное поле. Направление вращения ротора зависит от первоначального направления движения.

Чтобы электродвигатель мог запускаться в определённом

направлении нужно на время пуска подключить дополнительную пусковую обмотку. В цепь пусковой обмотки включается фазосдвигающее устройство: активное, индуктивное или ёмкостное сопротивление.

Сдвиг по фазе на 90° между токами рабочей и пусковой обмоток приводит к тому, что максимум магнитного поля в рабочей и пусковой обмотках наступает неодновременно и магнитное поле стремится повернуть ротор, тем самым создавая пусковой момент.

Для трёхфазных асинхронных электродвигателей, работающих от однофазной сети, предложено много различных схем. Наилучшие эксплуатационные показатели имеют трёхфазные электродвигатели, которые включаются в однофазную сеть при помощи конденсаторов.

Типы конденсаторов, которые рекомендуются для применения :

МБГЧ – металлобумажный, герметизированный, частотный;

КБГ-МН – конденсатор бумажный, герметизированный, в металлическом корпусе, нормальный;

БГТ - бумажный, герметизированный, термостойкий;

ЭП - электролитический пусковой.

Пусковые конденсаторы после запуска электродвигателя отключают и разряжают.

Частота вращения трёхфазного электродвигателя при включении его в однофазную сеть с применением конденсаторов по сравнению с частотой вращения электродвигателя при работе от трёхфазной сети изменится незначительно.

Пусковое усилие электродвигателя и развиваемая им мощность зависят от ёмкости конденсаторов.

Ёмкость конденсаторов подбирают с учётом схемы его включения. Так, при соединении статора в «звезду» ёмкость рабочего конденсатора составит :

$$C_p = 2800 \frac{I_n}{U_n}, \text{ мкФ}; \quad (3.1)$$

а при соединении обмотки в «треугольник»:

$$C_p = 4800 \frac{I_n}{U_n}, \text{ мкФ}; \quad (3.2)$$

Номинальным током I_n и напряжением U_n здесь условно называются фазные значения этих величин, указанные в паспорте электродвигателя.

Выбор конденсаторов по номинальному напряжению производят по условию :

$$U_k = (1,5 \div 2,0) U_c; \quad (3.3)$$

где U_k и U_c – напряжение на конденсаторе и в сети, В.

Если электродвигатель запускается в холостую, то в качестве пусковой ёмкости C_n можно использовать C_p . Если же запуск электродвигателя осуществляется под нагрузкой, то ёмкость конденсаторов, включаемых в момент пуска, должна быть увеличена в два-три раза по сравнению с рабочей ёмкостью.

Методические указания

Экспериментальная установка (рис. 3.1 ; 3.2) содержит асинхронный электродвигатель с к.з. ротором М типа 4А71А6У3 со следующими паспортными данными : $P_n = 0,37$ кВт ; Δ/Y ; 220/380 В ; 2,2 /1,3 А ; $n_n = 920$ об/мин ; $f = 50$ Гц ; $\eta_n = 64,5$ % ; $\cos \varphi_n = 0,69$. ; автоматический выключатель QF, предохранители FU1, FU2 , FU3, амперметры PA1, PA2, вольтметры PV1, PV1, киловаттметр PW, конденсатор С и переключатель SA.

АД подключается к 3-х фазной сети при соединении его обмоток в «звезду» по электрической схеме (рис. 3.1).

Если напряжение однофазной сети равно 220 В, в то время как в паспорте электродвигателя указаны напряжения 220/380 В, то при подключении его обмоток в «треугольник» в качестве основной обмотки используется одна из фазных обмоток, а две другие исполняют роль пусковой . Полезная мощность при этом составит 50-60% от мощности двигателя при подключении его к 3-х фазной сети.

Если же электродвигатель включают по схеме «звезда»

(рис. 3.2), то в качестве основной обмотки используются две фазные обмотки, соединённые последовательно. Полезная мощность будет составлять 25 – 30 % от мощности двигателя при подключении его к 3-х фазной сети

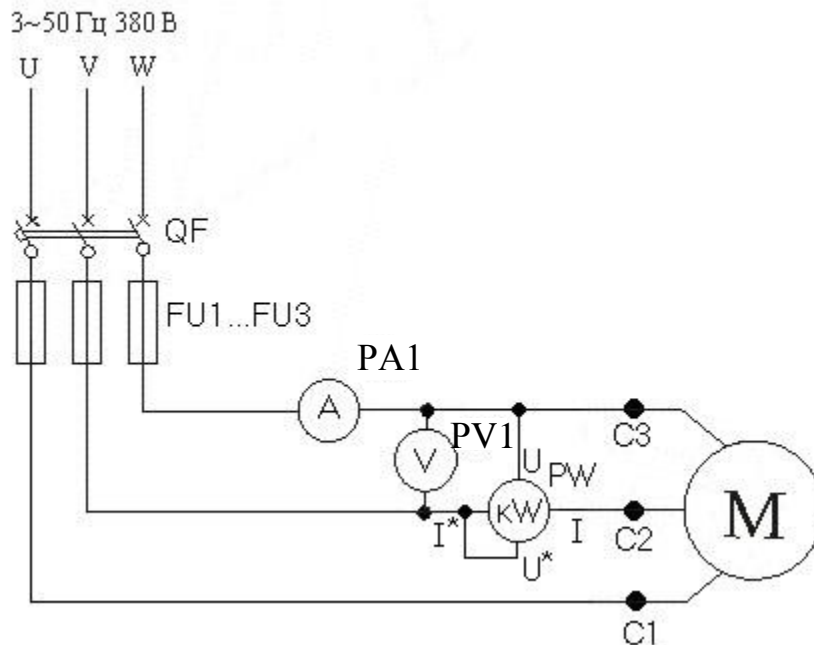


Рис. 3.1. Электрическая схема подключения 3-х фазного АД к 3-х фазной сети

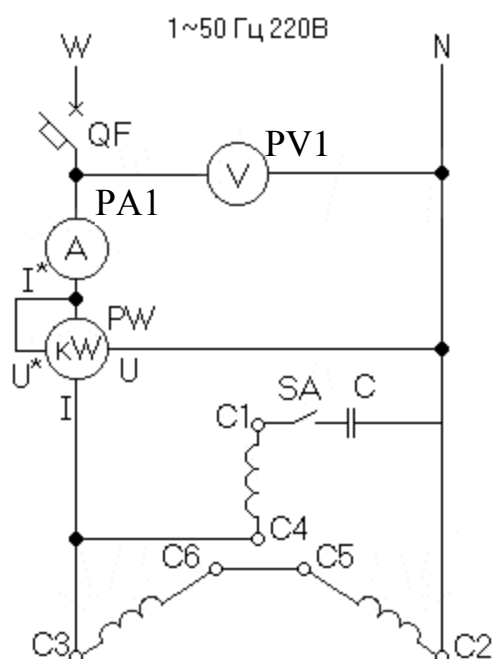


Рис.3.2 Электрическая схема подключения 3-х фазного АД при соединении его обмоток в «звезду» к однофазной сети

Для изменения вращения ротора асинхронного электродвигателя необходимо поменять местами концы одной из обмоток - основной или вспомогательной.

Порядок выполнения работы:

1. Собрать электрическую схему (рис.3.1).
2. Включить автоматический выключатель QF, снять показания амперметра PA, вольтметра PV и киловаттметра PW и занести их в таблицу 3.1.

Таблица 3.1

Опытные данные при подключении АД к 3-х фазной сети

I, A	U, B	P _{3-ф} , кВт

3. Собрать электрическую схему (рис. 3.2).
4. Включить автоматический выключатель QF, включить переключатель SA, запустить электродвигатель M, отключить переключатель SA, снять показания амперметра PA, вольтметра PV, киловаттметра PW и занести их в таблицу 3.2

Таблица 3.2

Опытные данные при подключении АД к 1- фазной сети

I, A	U, B	P _{1-ф} , кВт

5. Рассчитать процентное соотношение мощностей, развиваемых электродвигателем M при подключении его к 3-х фазной и 1- фазной питающей сети по формуле:

$$P_1\% = \frac{P_{1-\phi}}{P_{3-\phi}} \cdot 100\% ; \quad (3.4)$$

$$P_1\% =$$

6. Рассчитать ёмкости (С) при пуске 3-х фазного АД от однофазной сети при подключении его обмоток в «звезду» и «треугольник».

$$C_{\text{пY}} =$$

$$C_{\text{п}\Delta} =$$

Контрольные вопросы:

1. Для чего подключают 3-х фазный АД к 1-фазной сети?
2. Что нужно предпринять чтобы 3-х фазный АД запустился от 1-фазной сети?
3. Какие фазосдвигающие устройства включаются в цепь пусковой обмотки?
4. Что обуславливает создание пускового момента АД при подключении его к однофазной сети?
5. При помощи какого фазосдвигающего устройства у АД имеются наилучшие эксплуатационные показатели при включении его в однофазную питающую сеть?
6. Какие типы конденсаторов рекомендуется применять при пуске 3-х фазных АД при питании их от однофазной сети?
7. Как подобрать ёмкость конденсаторов?
8. Как подобрать напряжение на конденсаторе?
9. Как подобрать ёмкость конденсатора, если АД запускается под нагрузкой?
10. Как осуществить реверс 3-х фазного АД при питании его от однофазной сети?
11. Какую долю в % составляет развиваемая 3-х фазным АД мощность при соединении его обмоток в «треугольник» и «звезду» при питании от однофазной сети?

Лабораторная работа № 4

ВКЛЮЧЕНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ ЛЮМИНИСЦЕНТНОЙ ЛАМПЫ В ПИТАЮЩУЮ СЕТЬ

Цель работы: Изучить устройство, принцип действия и схему включения в сеть люминесцентной лампы.

Программа работы:

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места, изучить устройство (рис.4.1) и принцип действия люминесцентной лампы.
2. Собрать электрическую схему включения люминесцентной лампы (рис.4.3).
3. Подключить люминесцентную лампу к питающей сети по схеме (рис.4.3), снять показания приборов: P_A , P_V , P_W и рассчитать $\cos \varphi$ люминесцентной лампы.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Люминесцентные лампы низкого давления ($1,3 \div 133,3$ Па) - это газоразрядные лампы, которые благодаря высокой световой отдаче, улучшенному спектральному составу излучения и значительному сроку службы нашли широкое применение для общего освещения.

Люминисценция – это способность свечения паров металла или инертного газа при нагревании их электрическим током.

Принцип действия люминесцентных ламп сводится к следующему: если к электродам, вставленным в концы стеклянной трубки, которая заполнена инертным газом или парами металла, приложить напряжение зажигания лампы (U_3), то свободные электроны начинают лететь в сторону электрода с положительным знаком. В своём движении электроны встречаются с нейтральными атомами газа, ионизируют их, выбивая электроны с верхней орбиты атома в пространство или с нижней орбиты на верхнюю. Возбуждённые таким образом атомы вновь сталкиваясь с электронами, превращаются в нейтральные атомы. Это обрат-

ное превращение сопровождается свечением. Каждому инертному газу или металлу соответствует своя длина волны излучения. Смешивая инертные газы, получают различные цвета и оттенки света люминисцентных ламп.

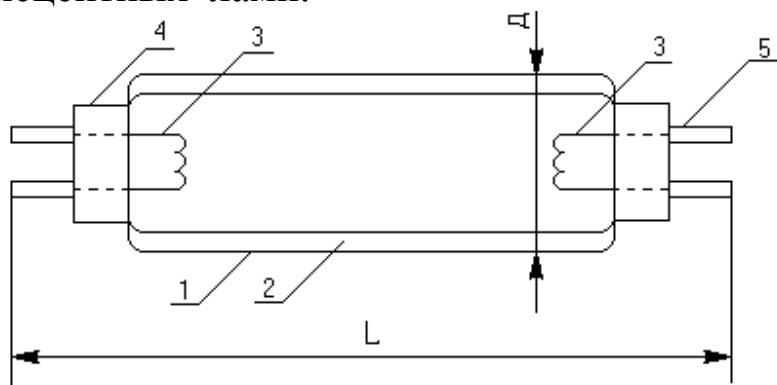


Рис. 4.1. Устройство люминисцентной лампы.

1 - стеклянная трубка ; 2- люминофор ; 3 – электроды ; 4- цоколь ; 5- ножки-штырьки.
L – длина трубки ; Д – диаметр трубки

Люминисцентная лампа – это длинная стеклянная трубка 1, внутренняя поверхность которой покрыта слоем люминофора 2 . Люминофор – это вещество способное светиться. Внутри трубки (на её концах) вварены электроды 3, представляющие собой вольфрамовые спирали. К электродам припаяны штырьки 5, изолированные от цоколя лампы 4 специальной мастикой. Трубка наполнена газом аргоном с несколькими каплями ртути.

В условном обозначении ламп буквы и цифры обозначают:

Л – люминисцентная ; **Д** –дневная ; **Б** – белая ; **Ц** – с улучшенной цветопередачей ; **Е** – естественная ; **ТБЦЦ** – теплобелая с очень хорошей цветопередачей ; **Т** – с трёхкомпонентной смесью люминофоров, имеющей узкополостный спектр излучения ; **Р** – рефлекторная ; **К** – красная ; **Г** – голубая ; **Ж** – жёлтая ; **З** – зелёная ; **ХБ** – холодно белая ; **Э** – экологическая ; **М** – модернизированная.;
10, 15, 18, 20, 30, 36, 40, 65, 80 – номинальная мощность в Вт ;
1, 2, 3, 4, 7 – отличительная особенность ламп от базовой модели.

Чтобы вызвать свечение в лампе, необходимо иметь разряд между электродами. Для этого электроды должны быть предвари-

тельно нагреты.

Чтобы нагреть электроды и установить дуговой разряд, служит специальное устройство - стартёр, который включается на короткое время последовательно в цепь электродов. Последовательно с лампой включается также дроссель в качестве балластного сопротивления, предназначенный для ограничения рабочего тока в лампе и поддержания устойчивого дугового разряда при включении лампы.

Стартёр (рис. 4.2) представляет собой миниатюрную газоразрядную лампу 1 с биметаллическими электродами 2, заполненную смесью 60 % аргона, 28,8 % неона и 11,2 % гелия

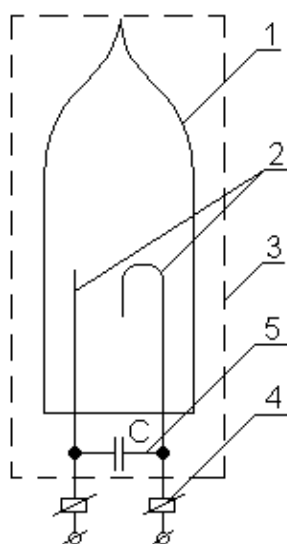


Рис. 4.2 Устройство стартера тлеющего разряда.
1- колба; 2 – биметаллические электроды;
3 – корпус; 4 – контактные электроды;
5 – конденсатор

Стеклянная колба лампы стартера помещена в металлический корпус цилиндрической формы 3. Присоединение стартера к схеме осуществляется контактными электродами 4. Параллельно электродам включен конденсатор 5, служащий для гашения дуги при размыкании электродов стартера.

Зажигается лампа следующим образом. Сначала на схему (рис. 4.3) подается сетевое напряжение U_c . Этого напряжения недостаточно для зажигания разряда в лампе, так как $U_3 > U_c$, но достаточно для зажигания стартера, так как $U_{3.ст.} < U_c$. В конце

разогрева электродов стартера они замыкаются (где $U_3, U_{3,ст.}$ - напряжения зажигания лампы и стартера). В цепи схемы протекает ток несколько выше номинального: $I_3 \approx 1,2 I_n$. Напряжение $U_{л} = U_{ст} = 0, U_6 \approx U_c$ (где $U_{л}, U_{ст.}, U_6$ - напряжения на лампе, на стартере и на балластном сопротивлении - дросселе). Электроды лампы разогреваются, выбрасывая потоки свободных электронов из оксидного слоя. Протекающий по индуктивному балласту ток образует магнитное поле. В это время электроды стартера остывают и размыкаются. Ток в схеме $I \approx 0$. Напряжение на лампе $U_{л} = U_c + E$. (где E - э.д.с. самоиндукции балласта, которая в зависимости от момента размыкания стартера может быть различна по знаку и амплитуде).

Если $U_c + E \geq U_3$, то лампа зажигается, если меньше, то процесс зажигания повторяется.

Напряжение зажигания лампы U_3 зависит от разных условий: температуры разогрева электродов, температуры, давления и состава атмосферы лампы, наличия генераторов электромагнитных волн вблизи лампы (сварка, радиостанция и т.д.). Даже солнечная активность влияет на это напряжение. Снизить U_3 можно повышением напряжённости поля в лампе путём приклеивания к внешней стороне колбы, вдоль неё, заземлённой металлической полоски.

Люминисцентная лампа может быть включена в электрическую сеть только с помощью пускорегулирующей аппаратуры (ПРА), совокупностью всех элементов схемы включения лампы, обеспечивающих зажигание и нормальную работу её. Обычно в качестве балластного сопротивления в люминисцентных лампах применяют индуктивные сопротивления (дроссели). Наличие дросселя в цепи создаёт очень низкий коэффициент мощности, равный 0,5 ; 0,6. Если не принять специальных мер для повышения коэффициента мощности, то ток в сети возрастает почти вдвое, а это потребует увеличения сечения проводов, размеров защитных и коммутационных аппаратов, а в отдельных случаях и мощности трансформаторов на подстанциях.

Согласно ПУЭ запрещается применение люминисцентных ламп, не укомплектованных индивидуальными устройствами для повышения коэффициента мощности, величина которого должна быть не ниже 0,95. Для повышения $\cos \varphi$ в схемах включения

применяются компенсирующие ёмкости (2-4 мкФ) и специальные схемы включения. Наша промышленность выпускает специальные компенсирующие пускорегулирующие аппараты.

Условное обозначение ПРА:

$X_1 X_2 X_3 X_4 - X_5 / X_6 - X_7 X_8 X_9$

X_1 - цифра, указывающая, какое количество ламп включается с ПРА.

$X_2 X_3$ - буквы УБ – стартерный аппарат; АБ – бесстартерный аппарат .

X_4 - буква, характеризующая сдвиг потребляемого аппаратом тока (И – индуктивный; К – компенсирующий).

X_5 - мощность лампы ;

X_6 - напряжение сети ;

$X_7 X_8 X_9$ - буквы (А – антистробоскопический; Н – независимый; В – встроенный ; П – с пониженным уровнем шума).

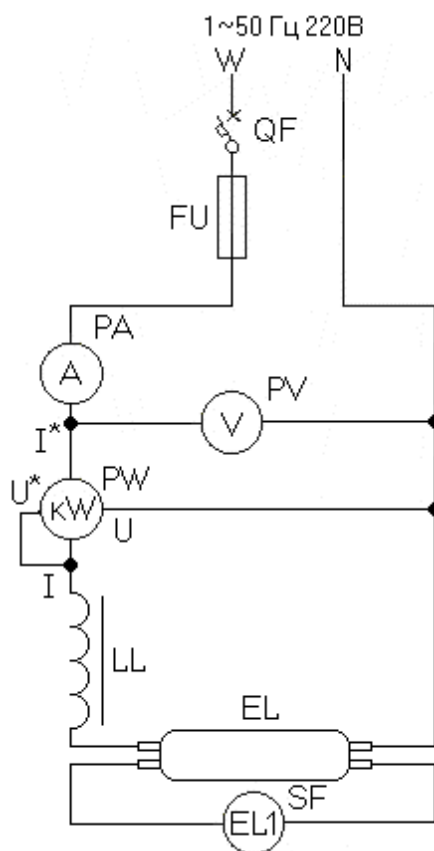


Рис. 4.3. Схема включения люминесцентной лампы

При питании газоразрядной лампы переменным током в каждый полупериод разряд зажигается и снова гаснет, в результате получается пульсация светового потока.

Освещение движущихся предметов пульсирующим световым потоком приводит к так называемому стробоскопическому эффекту, который выражается в искажённом представлении об истинном состоянии движения. Так, в отдельных случаях движущийся предмет кажется неподвижным, в других – движущимся в противоположном направлении.

Пульсация светового потока вредна и в тех случаях, когда мы её не замечаем. Поэтому всегда следует ограничивать её. Простейшей мерой уменьшения глубины пульсации светового потока является включение ламп в разные фазы 3-фазной системы.

Люминисцентные лампы обладают рядом преимуществ по сравнению с лампами накаливания: у них более высокая световая отдача, меньшая яркость, больший срок службы и более благоприятный спектральный состав излучения.

Однако люминисцентные лампы обладают и рядом недостатков: они менее надёжны в работе, у них более сложная схема включения, в них наблюдается стробоскопический эффект, вызываемый пульсацией светового потока, кроме того, для каждой лампы необходимо приспособление для зажигания и добавочное сопротивление – дроссель.

Методические указания

Экспериментальная установка (рис. 4.3) содержит автоматический выключатель QF, предохранитель FU, киловаттметр PW, амперметр PA, вольтметр PV, люминисцентную лампу EL, стартер SF, в качестве балластного сопротивления применяется пускорегулирующий аппарат LL.

Для определения $\cos \varphi$ люминисцентной лампы нужно измерить ток, напряжение и мощность одной фазы, к которой она подключена.

Коэффициент мощности определяется по формуле:

$$\text{Cos } \varphi = \frac{P}{S}; \quad (4.1)$$

где P – активная мощность, Вт ;
S - полная мощность, ВА .

$$S = U \cdot I; \quad (4.2)$$

где U – напряжение сети, В ;
I - ток, протекающий в сети, А.

Порядок выполнения работы:

1. Собрать электрическую схему (рис.4.3).
2. Включить автоматический выключатель QF, подождать когда включится люминисцентная лампа EL, замерить ток по амперметру PA, напряжение по вольтметру PV и мощность по киловаттметру PW. Показания приборов занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1

Опытные данные для определения Cos φ

I, А	U, В	P, Вт	S, ВА	Cos φ

Контрольные вопросы:

1. Объяснить устройство люминесцентной лампы.
2. Объяснить условное обозначение люминесцентных ламп и в частности лампы EL (рис. 4.3).
3. Объяснить принцип действия люминесцентной лампы.
4. Объяснить устройство стартера и для чего он служит?
5. Объяснить как зажигается люминесцентная лампа?
6. Как может быть включена в сеть люминесцентная лампа?
7. Наличие какого аппарата создаёт в цепи низкий Cos φ?
8. Что нужно предпринять в схемах включения EL для повышения Cos φ ?
9. Объяснить условное обозначение ПРА и в частности ПРА (рис. 4.3).
10. Объяснить что из себя представляет стробоскопический эффект?
11. Перечислить преимущества и недостатки люминесцентных ламп по сравнению с лампами накаливания.

Лабораторная работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОКАЛОРИФЕРНЫМИ УСТАНОВКАМИ

Цель работы: Изучить устройство, электрическую схему, назначение и применение электрокалориферной установки СФОА-25/0,4.

Программа работы

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места (рис.5.3), изучить электрическую схему управления лабораторной электрокалориферной установкой (рис.5.4).
2. Собрать электрическую схему управления электрокалориферной установкой и опробовать её (рис.5.4).
3. Изучить конструкцию электрокалориферной установки СФОА-25/0,4 (рис.5.1).
4. Изучить работу принципиальной электрической схемы управления электрокалориферной установкой СФОА-25/0,4 (рис.5.2).

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Электрокалориферные установки применяются в сельскохозяйственном производстве для сушки материалов, нагрева воздуха в технологических процессах и обогрева производственных помещений.

Нагревательные элементы электрических калориферов бывают различного конструктивного исполнения: открытые проволочные спирали (или зигзаг), трубчатые электронагреватели и проволочные биспиральные элементы. В качестве основного материала в нагревательном элементе используют металлические жаропрочные сплавы с большим активным сопротивлением: нихром, фехраль и др.

Температура нагрева нагревательных элементов с открытой проволочной спиралью, как правило, бывает более 400°C , поэтому поверхность провода интенсивно окисляется и срок его службы сокращается. Более совершенными элементами являются за-

крытые трубчатые электронагреватели (ТЭНы). Однако, как и у открытых проволочных спиралей, у трубчатых нагревателей низкий коэффициент теплоотдачи поверхности и ограниченный срок службы. Для повышения коэффициента теплоотдачи и снижения температуры нагревательного провода выпускаются оребренные трубчатые нагреватели с развитой поверхностью нагрева.

Большой интерес представляют нагреватели в виде проволочных биспиральных элементов, нагревательный элемент которых, представляет собой стальную проволочную спираль, намотанную на изоляционный стержень по винтовой линии и прочно притянутую к нему двумя нихромовыми проводами, проходящими внутри спирали.

При работе этих нагревателей основную нагрузку (80 – 92 %) воспринимают стягивающие нихромовые провода, а стальная спираль, несущая меньшую часть нагрузки, служит для увеличения поверхности нагрева. Применение биспиральных проволочных элементов позволяет снизить температуру нагрева нихромового провода до 120 – 150⁰ С и уменьшить его расход в 3- 3,5 раза при передаче той же тепловой нагрузки, что и в нагревателях, выполненных полностью из нихрома.

На животноводческих и птицеводческих фермах распространены электрокалориферные установки типа СФОА (рис.5.1), предназначенные для работы в помещениях, содержащих агрессивные газы и повышенную влажность. В комплект установки входят электрокалорифер и центробежный вентилятор.

Подогрев воздуха производится оребренными трубчатыми нагревателями, разбитыми на отдельные трёхфазные группы (секции), соединённые «в звезду». Включением секций осуществляется ступенчатое регулирование мощности в пределах 100; 66,7 и 33,5 % от установленной мощности. Производительность по воздуху регулируют шиберной заслонкой, расположенной на выходном патрубке вентилятора.

Для снижения вибрации вентилятор сочленён с калорифером с помощью мягкой вставки и установлен на виброизоляторах. Технические данные электрокалориферной установки приведены в таблице 5.1.

СФОА-25/0,4 рассчитана на питание от сети трёхфазного переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 380/220 В. Макси-

мальная температура выходного воздуха 50°C , максимальная допустимая температура на поверхности оребрения ТЭНов 180°C .

Таблица 5.1

Технические данные электрокалориферной установки
СФОА-25/0,4 5ТЦ-М2/1

Показатели	Величина
Номинальная мощность, кВт в том числе электрокалорифера	23,3 22,5
Число нагревательных секций	3
Подача вентилятора (максимальная), $\text{м}^3/\text{ч}$	2400
Перепад температуры нагреваемого воздуха, соответствующий максимальной подаче вен- тилятора, $^{\circ}\text{C}$	26
Масса, кг	200

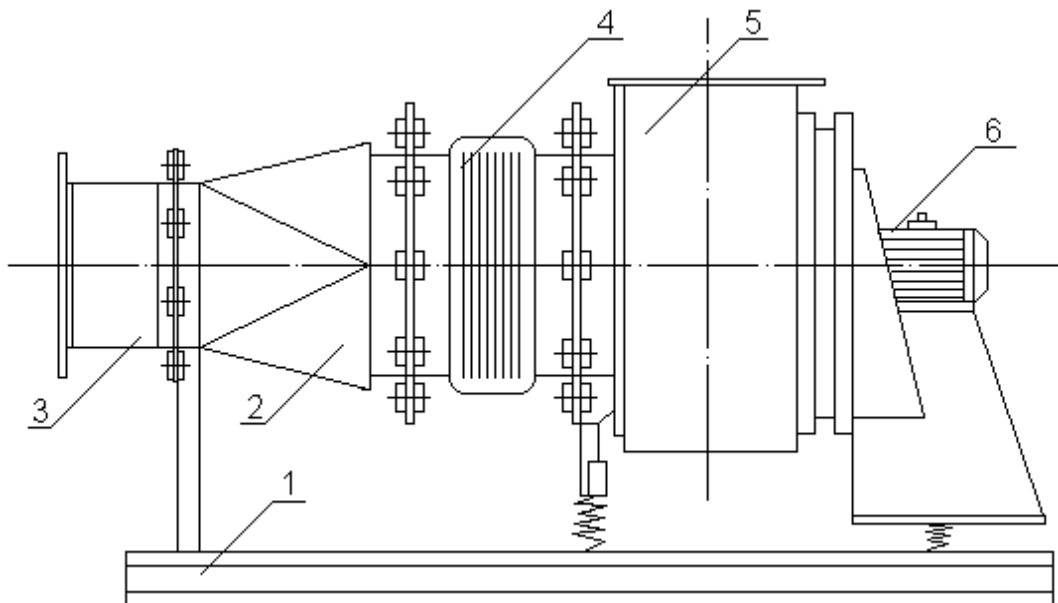


Рис. 5.1. Электрокалориферная установка СФОА–25/0,4
1- рама; 2- переходный патрубок; 3- электрокалорифер; 4- мягкая вставка; 5- вентилятор; 6- электродвигатель

Электрокалориферные установки постоянно готовы к действию, не требуют постоянного ухода, достаточно надёжны, легко автоматизируются.

Электрическая схема калориферной установки СФОА-25/0,4 (рис. 5.2) предусматривает автоматический и ручной режимы работы.

В автоматическом режиме универсальный переключатель SA1 устанавливаем в положение « 3 ». Получают питание катушки магнитных пускателей KM1, KM2, KM3 и включаются все три секции нагревательных элементов калорифера, о чём сигнализируют сигнальные лампы HL2, HL3, HL4.

Когда температура воздуха в отапливаемом помещении выше установленной, срабатывает температурный регулятор SK2, размыкает свой контакт в цепи катушки магнитного пускателя KM1, который отключает одну секцию (15 кВт) калорифера.

Если температура продолжает увеличиваться, регулятор температуры SK3 размыкает свой контакт в цепи катушки магнитного пускателя KM2, который прекращает работу второй секции.

Отключение последней секции (теряет питание магнитный пускатель KM3) происходит при размыкании контакта SK1 температурного регулятора SK1, который разомкнётся если температура обрешетки нагревателей превысит 180 °С. При снижении температуры воздуха ниже заданной секции включаются в обратном порядке. Включение нагревателей возможно лишь при работающем вентиляторе (после замыкания блок-контакта QF2 автоматического выключателя двигателя вентилятора М , о чём сигнализирует лампа HL5). Сигнальная лампа HL_р указывает на наличие напряжения на схеме управления. KV- промежуточное реле.

В ручном режиме переключатель SA1 устанавливаем в положение « 1 », а работой нагревательных секций электрокалорифера управляют при помощи универсального переключателя SA2: в положении « 1 » все секции отключены, в положении « 2 » получает питание катушка магнитного пускателя KM3 – подключаются нагреватели EK3 ; в положении « 3 » получают питание катушки KM3 и KM2, подключая EK2 и EK3; в положении « 4 » получают питание все три катушки магнитных пускателей KM1, KM2, KM3, тем самым подключая все три секции нагревателей (EK1, EK2, EK3) к сети.

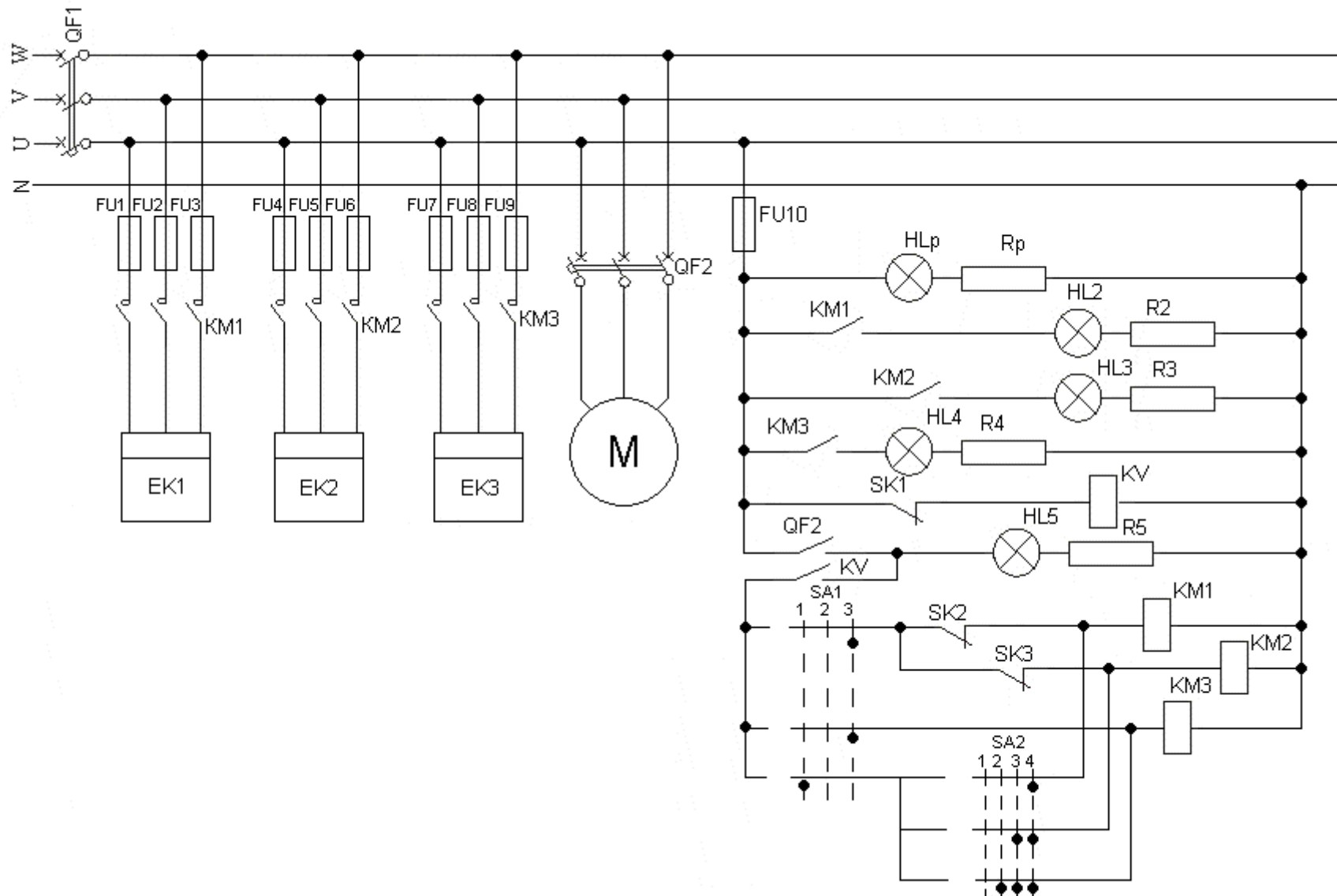


Рис.5.2. Электрическая схема электрокалориферной установки СФОА – 25/0,4

Предохранители FU1 – FU9 защищают секции нагревателей EK1, EK2, EK3 от токов короткого замыкания. Предохранитель FU10 защищает схему управления от токов короткого замыкания. Автоматический выключатель QF2 с комбинированным расцепителем защищает электродвигатель М от токов короткого замыкания и от перегрузок.

Методические указания

Экспериментальная установка (рис. 5.4), технологическая схема которой представлена на рис. 5.3, содержит асинхронный электродвигатель с к.з. ротором М, трёхфазный нагревательный элемент EK соединённый в «звезду», автоматический выключатель QF, предохранители FU1, FU2, FU3, кнопочные посты SB1 – SB2, SB3 – SB4, магнитные пускатели KM1 и KM2.

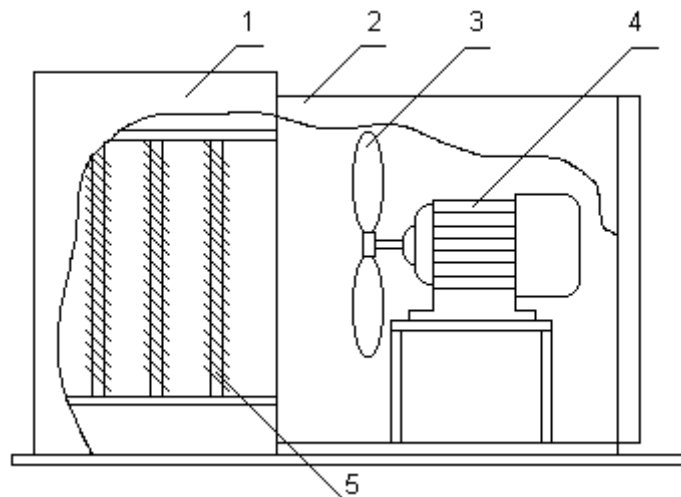


Рис.5.3. Калориферная установка

1 – электрокалорифер; 2 – кожух; 3 – вентилятор;
4 – электродвигатель; 5 – нагревательный элемент.

При подключении электрокалориферной установки к сети сначала должен включаться электродвигатель вентилятора М и только потом к сети подключаются нагревательные элементы EK. Такое подключение предотвращает перегрев нагревательных элементов.

В электрической схеме (рис.5.4) предусмотрена блокировка по-

последовательности включения (контакт КМ1 в цепи катушки магнитного пускателя КМ2).

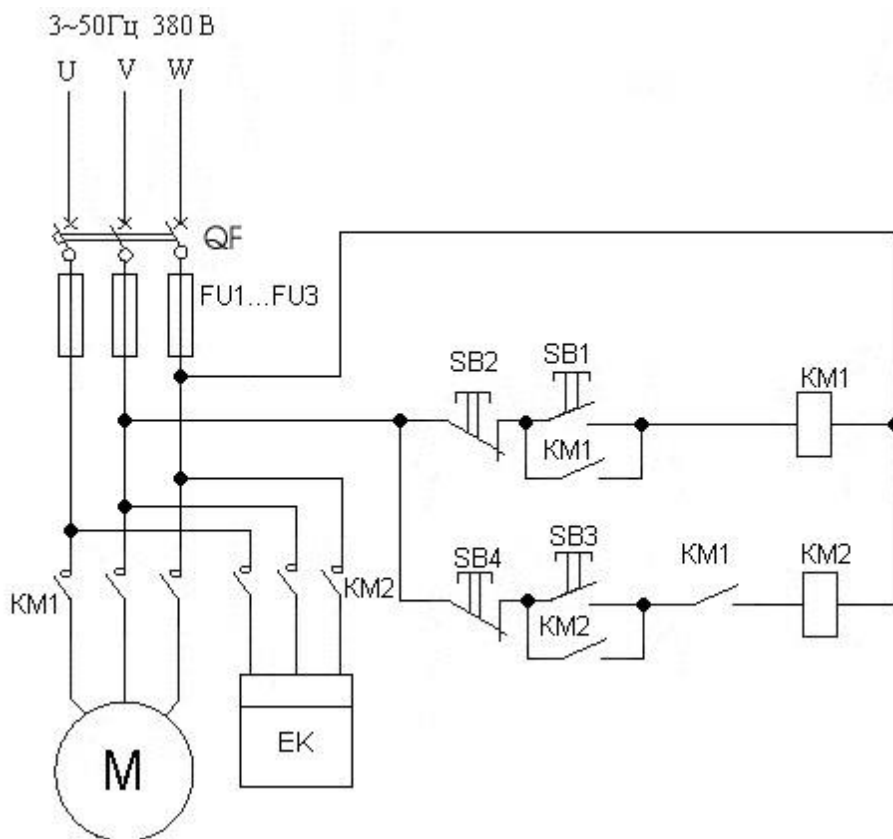


Рис.5.4. Электрическая схема управления калориферной установкой

Порядок выполнения работы:

1. Собрать электрическую схему (рис.5.4) подключения калориферной установки, опробовать её, убедиться, что выполняется последовательность включения: сначала М, затем ЕК.

Контрольные вопросы:

1. Где применяются электрокалориферные установки?
2. Какие нагревательные элементы применяются в электрокалориферных установках? Охарактеризуйте эти нагревательные элементы.
3. Что из себя представляет электрокалориферная установка типа СФОА-25/0,4?
4. Поясните принцип действия СФОА-25/0,4 по принципиальной электрической схеме управления (рис. 5.2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ильинский Н.Ф., Казаченко В.Ф. Общий курс электропривода. - М.:МЭИ, 2000.-327 с.
2. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. - М.: Энергоатомиздат, 1992. - 576 с.
3. Москаленко В.В. Электрический привод. - М.: Мастерство, 2000. - 366 с.
4. Рычкова Л.П. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Основы электропривода".-ч 1.- Иркутск.: изд-во ИрГСХА, 1997.- 60 с.
5. Рычкова Л.П. Методические указания к лабораторным работам по курсу " Основы электропривода". - ч 2. - Иркутск/, изд-во ИрГСХА, 1998.-68 с.
6. Рычкова Л.П. Практикум по основам электропривода (учебное пособие).- Иркутск: изд-во ИрГСХА, 2002.-100 с.
7. Единицы физических величин: ГОСТ 8.417-81. -М.: Изд-во стандартов, 1981, - 40 с.
8. Рекомендации. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения диаграмм: "Р 50-77-88.-М.: Изд-во стандартов, 1989. - 10 с.
9. Савченко П.И. Практикум по электроприводу в сельском хозяйстве / П.И. Савченко, И.А. Гаврилюк, И.И. Земляной, Н.В. Худобин. - М.: Колос, 1996. - 220 с.
10. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах: ГОСТ 2.710-81.-М.: Изд-во стандартов, 1981.-12 с.
- 11 .Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения: ГОСТ 2.755-87.-М.: Изд-во стандартов, 1988.-20 с.
12. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращения слов на русском языке. Общие требования и правила: ГОСТ 7.12 - 93. - М.: Изд-во стандартов, 1995. - 17 с.
13. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению: ГОСТ 2.701-84-М.: Изд-во стандартов, 1986.-15 с.
14. Правила выполнения электрических схем: ГОСТ 2.702 - 75. –М.: Изд-во стандартов, 1986.-31с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Некоторые часто встречающиеся числа

$\pi = 3,141593$	$4\pi = 12,56637$	$2/\pi = 0,63662$
$\pi^2 = 9,86960$	$\sqrt{\pi} = 1,77245$	$e = 2,718282$
$\sqrt{2} = 1,41421$	$\sqrt{3} = 1,73205$	$1^\circ = 0,017453$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Приставки к обозначениям единиц

Тера (Т)	10^{12}	Санты (с)	10^{-2}
Гига (Г)	10^9	Милли (м)	10^{-3}
Мега (М)	10^6	Микро (мк)	10^{-6}
Кило (к)	10^3	Нано (н)	10^{-9}
Деци (д)	10^{-1}	Пико (п)	10^{-12}

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Единицы физических величин ГОСТ 8.417 – 81

Наименование величины	Наименование	Обозначение	Выражение через единицы СИ
1	2	3	4
Длина	метр	м	м
Масса	килограмм	кг	кг
Время	секунда	с	с
Сила электрического тока	ампер	А	А
Термодинамическая температура	кельвин	К	К
Температура	градус Цельсия	°С	°С = К
Количество вещества	моль	моль	моль
Сила света	кандела	кд	кд
Плоский угол	радиан	рад	рад
Телесный угол	стерадиан	ср	ср
Площадь	квадратный метр	м ²	м ²
Объём	кубический метр	м ³	м ³
Скорость	метр в секунду	м/с	м/с

Продолжение приложения 3

1	2	3	4
Угловая скорость	радиан в секунду	рад/с	рад/с
Ускорение	метр на секунду в квадрате	м/с ²	м/с ²
Угловое ускорение	радиан на секунду в квадрате	рад/с ²	рад/с ²
Плотность	килограмм на кубический метр	кг/м ³	кг/м ³
Удельный объём	кубический метр на килограмм	м ³ /кг	м ³ /кг
Плотность электрического тока	ампер на квадратный метр	А/м ²	А/м ²
Напряжённость магнитного поля	ампер на метр	А/м	А/м
Яркость	кандела на квадратный метр	кд/м ²	кд/м ²
Частота	герц	Гц	с ⁻¹
Сила, вес	ньютон	Н	м*кг*с ⁻² =Дж*м ⁻¹
Давление	паскаль	Па	м ⁻¹ *кг*с ⁻²
Энергия, работа	джоуль	Дж	м ² *кг*с ⁻²
Мощность	ватт	Вт	м ² *кг*с ⁻³ =Дж*с ⁻¹
Количество электричества	кулон	Кл	с*А
Электрическое напряжение	вольт	В	м ² кг*с ⁻³ А ⁻¹
Электрическая ёмкость	фарад	Ф	м ⁻² *кг ⁻¹ с ⁴ *А ²
Электрическое сопротивление	ом	Ом	м ² *кг*с ⁻³ А ⁻²
Электрическая проводимость	сименс	См	м ⁻² *кг ⁻¹ *с ³ А ²
Магнитный поток	вебер	Вб	м ² *кг*с ⁻² А ⁻¹
Магнитная индукция	тесла	Тл	кг*с ⁻² А ⁻¹
Индуктивность	генри	Гн	м ² *кг*с ⁻² *А ⁻²
Световой поток	люмен	лм	кд*ср
Освещённость	люкс	лк	м ⁻² *кд*ср
Момент силы	ньютон-метр	Н*м	м ² *кг*с ⁻²

Продолжение приложения 3

1	2	3	4
Поверхностное натяжение	ньютон на метр	Н/м	$\text{кг}\cdot\text{с}^{-2}$
Динамическая вязкость	паскаль-секунда	Па*с	$\text{м}^{-1}\cdot\text{кг}\cdot\text{с}^{-1}$
Напряжённость электрического поля	вольт на метр	В/м	$\text{м}\cdot\text{кг}\cdot\text{с}^{-3}\cdot\text{А}^{-1}$
Абсолютная диэлектрическая проницаемость	фарад на метр	Ф/м	$\text{м}^{-3}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{с}^4\cdot\text{А}^2$
Абсолютная магнитная проницаемость	генри на метр	Гн/м	$\text{м}\cdot\text{кг}\cdot\text{с}^{-2}\cdot\text{А}^{-2}$
Удельная энергия	джоуль на килограмм	Дж/кг	$\text{м}^2\cdot\text{с}^{-2}$
Теплоёмкость	джоуль на кельвин	Дж/К	$\text{м}^2\cdot\text{кг}\cdot\text{с}^{-2}\cdot\text{К}^{-1}$
Удельная теплоёмкость	джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг*К)	$\text{м}^2\cdot\text{с}^{-2}\cdot\text{К}^{-1}$
Поверхностная плотность потока энергии	ватт на квадратный метр	Вт/м ²	$\text{кг}\cdot\text{с}^{-3}$
Теплопроводность	ватт на метр-кельвин	Вт/(м*К)	$\text{м}\cdot\text{кг}\cdot\text{с}^{-3}\cdot\text{К}^{-1}$
Энергетическая сила света	ватт на стерадиан	Вт/ср	$\text{м}^2\cdot\text{кг}\cdot\text{с}^{-3}\cdot\text{ср}^{-1}$

Продолжение приложения 3

Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

1	2	3	4
Масса	тонна	т	10^3 кг
Время	минута	мин	60 с
	час	ч	3600 с
	сутки	сут	86400 с
Объём	литр	л	10^{-3} м ³

Продолжение приложения 3

1	2	3	4
Плоский угол	градус	...°	$(\pi/180)$ рад = $=1,7453 \cdot 10^{-2}$ рад
	минута	...'	$(\pi/10800)$ рад = $=2,9088 \cdot 10^{-4}$ рад
	секунда	...''	$(\pi/6480)$ рад = $=4,8481 \cdot 10^{-6}$ рад
Оптическая сила	диоптрия	дптр	1 м^{-1}
Площадь	гектар	га	$10^4 \cdot \text{м}^2$
Полная мощность	вольт-ампер	В*А	
Реактивная мощность	вар	вар	
Длина	морская миля	миля	1852 м
Масса	карат	кар	$2 \cdot 10^{-4}$ кг
	центнер	ц	100 кг
Скорость	узел	уз	0,514 м/с
Частота вращения	оборот в секунду	об/с	$1 \cdot \text{с}^{-1}$
	оборот в минуту	об/мин	$1/60 \text{ с}^{-1} =$ $=0,016 \text{ с}^{-1}$
Давление	миллиметр водяного столба	мм вод. ст.	9,80665 Па
	миллиметр ртутного столба	мм рт. ст.	133,322 Па
	атмосфера	ат.	$9,81 \cdot 10^4$ Па
Мощность	лошадиная сила	л.с.	735,499 Вт
Угол поворота	оборот	об	2π рад = 6,28 рад
Момент инерции (динамический момент инерции)	килограмм - квадратный метр	кг*м ²	кг*м ²
Яркость	нит	нт	1 кд/м^2
Плотность	килограмм на кубический метр	кг/м ³	кг/м ³
Магнитодвижущая сила	ампервиток	ав	1 А

Основные технические данные электродвигателей серии АИР основного исполнения.

№	Тип электродвигателя	Мощность P_H , кВт	Частота вращения n_H , об/мин	Ток статора I_H , А	КПД η_H , %	$\cos \varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Параметры схемы замещения, о.е		Момент инерции ротора, $кг \cdot м^2$	Масса, кг
										R_1^I	R_2^{II}		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Синхронная частота вращения 3000 об/мин.													
1	АИР50А2	0,09	2655	0,30	60,0	0,75	4,5	2,2	2,2	0,15	0,14	0,000025	2,5
2	АИР50В2	0,12	2655	0,39	63,0	0,75	5,0	2,2	2,2	0,11	0,12	0,000028	2,8
3	АИР56А2	0,18	2730	0,52	68,0	0,78	5,0	2,2	2,2	0,17	0,094	0,00042	3,4
4	АИР56В2	0,25	2730	0,70	69,0	0,79	5,0	2,2	2,2	0,16	0,11	0,00047	3,9
5	АИР63А2	0,37	2730	0,91	72,0	0,86	5,0	2,2	2,2	0,14	0,096	0,00075	4,7
6	АИР63В2	0,55	2730	1,31	75,0	0,85	5,0	2,2	2,2	0,13	0,096	0,00095	5,5
7	АИР71А2	0,75	2820	1,75	79,0	0,80	6,0	2,6	2,7	0,12	0,064	0,00095	8,6
8	АИР71В2	1,1	2805	2,55	79,5	0,80	6,0	2,2	2,4	0,13	0,069	0,0011	9,3
9	АИР80А2	1,5	2850	3,3	81,0	0,85	6,5	2,2	2,6	0,084	0,049	0,0018	12,4
10	АИР80В2	2,2	2850	4,6	83,0	0,87	6,4	2,1	2,6	0,076	0,049	0,0021	15,0
11	АИР90L2	3,0	2850	6,1	84,5	0,88	7,0	2,0	2,2	0,072	0,047	0,0035	19,0
12	АИР100S2	4,0	2850	7,9	87,0	0,88	7,5	2,0	2,4	0,054	0,036	0,0055	25,5
13	АИР100L2	5,5	2850	10,7	88,0	0,89	7,5	2,1	2,4	0,050	0,036	0,0070	31,0
14	АИР112M2	7,5	2895	14,7	88,0	0,88	7,5	2,0	2,2	0,046	0,048	0,010	49,0

Продолжение приложения 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	АИР132М2	11,0	2910	21,1	88,0	0,90	7,5	1,6	2,2	0,040	0,025	0,023	77,5
16	АИР160S2	15,0	2910	28,5	90,0	0,89	7,0	1,8	2,7	0,052	0,022	0,043	100
17	АИР160М2	18,5	2910	34,5	90,5	0,90	7,0	2,0	2,7	0,019	0,022	0,048	110
18	АИР180S2	22,0	2920	41,5	90,5	0,89	7,0	2,0	2,7	0,030	0,020	0,063	160
19	АИР180М2	30,0	2925	55,4	91,5	0,90	7,5	2,2	3,0	0,030	0,018	0,076	180
20	АИР200М2	37,0	2940	71,0	91,0	0,87	7,0	1,6	2,8	0,029	0,021	0,12	220
21	АИР200L2	45,0	2940	84,5	92,0	0,88	7,5	1,8	2,8	0,027	0,020	0,13	240
22	АИР225М2	55,0	2940	99,3	92,5	0,91	7,5	1,8	2,6	0,026	0,019	0,20	320
23	АИР250S2	75,0	2940	134,6	93,0	0,91	7,5	1,8	3,0	0,021	0,015	0,47	425
24	АИР250М2	90,0	2940	160,0	93,0	0,92	7,5	1,8	3,0	0,016	0,016	0,52	455
Синхронная частота вращения 1500 об/мин.													
25	АИР50А4	0,06	1335	0,27	53,0	0,63	4,5	2,3	2,2	0,16	0,22	0,000032	2,6
26	АИР50В4	0,09	1335	0,37	57,0	0,65	4,5	2,3	2,2	0,13	0,21	0,000038	3,0
27	АИР56А4	0,12	1350	0,44	63,0	0,66	5,0	2,3	2,2	0,18	0,15	0,00070	3,4
28	АИР56В4	0,18	1350	0,63	64,0	0,68	5,0	2,3	2,2	0,18	0,16	0,00081	3,9
29	АИР63А4	0,25	1320	0,83	68,0	0,67	5,0	2,3	2,2	0,15	0,14	0,0012	4,7
30	АИР63В4	0,37	1320	1,18	68,0	0,70	5,0	2,3	2,2	0,17	0,14	0,0015	5,6
31	АИР71А4	0,55	1350	1,61	75,0	0,73	5,0	2,3	2,4	0,13	0,11	0,0013	8,3
32	АИР71В4	0,75	1350	1,90	75,0	0,80	5,0	2,5	2,6	0,11	0,11	0,0015	9,4
33	АИР80А4	1,1	1395	2,75	76,5	0,77	5,0	2,2	2,4	0,12	0,068	0,0034	11,9
34	АИР80В4	1,5	1395	3,52	78,5	0,80	5,3	2,2	2,4	0,12	0,061	0,0035	13,5
35	АИР90L4	2,2	1395	4,98	81,0	0,81	6,5	2,2	2,4	0,098	0,060	0,0056	18,6
36	АИР100S4	3,0	1410	6,70	82,0	0,82	7,0	2,0	2,2	0,078	0,053	0,0085	23,0
37	АИР100L4	4,0	1410	8,52	85,0	0,84	6,0	2,1	2,4	0,067	0,053	0,011	28,5

Продолжение приложения 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
38	АИР112М4	5,5	1430	11,3	86,0	0,86	6,0	2,0	2,5	0,054	0,041	0,016	49,0
39	АИР132S4	7,5	1440	15,1	87,5	0,86	7,5	2,0	2,5	0,048	0,033	0,027	70,0
40	АИР132М4	11,0	1450	22,2	88,5	0,85	7,5	2,2	3,1	0,043	0,042	0,048	83,5
41	АИР160S4	15,0	1455	28,5	90,0	0,89	7,0	1,9	2,9	0,047	0,025	0,080	100
42	АИР160М4	18,5	1455	34,9	90,5	0,89	7,0	1,9	2,9	0,012	0,024	0,10	145
43	АИР180S4	22,0	1465	42,5	90,5	0,87	7,0	1,7	2,7	0,041	0,021	0,16	170
44	АИР180М4	30,0	1470	57,0	92,0	0,87	7,0	1,7	2,7	0,034	0,018	0,20	190
45	АИР200М4	37,0	1470	68,3	92,5	0,89	7,5	1,7	2,7	0,039	0,018	0,27	245
46	АИР200L4	45,0	1470	83,1	92,5	0,89	7,5	1,7	2,7	0,034	0,017	0,32	270
47	АИР225М4	55,0	1470	101	93,0	0,89	7,0	1,7	2,6	0,027	0,015	0,50	335
48	АИР250S4	75,0	1480	137,8	94,0	0,88	7,5	1,7	2,5	0,025	0,014	1,0	450
49	АИР250М4	90,0	1480	163,0	94,0	0,89	7,5	1,5	2,5	0,024	0,014	1,2	480
50	АИР280S4	110	1470	196	94,0	0,91	6,5	1,6	2,2	0,023	0,019	2,1	695
51	АИР280М4	132	1470	230	94,5	0,93	6,5	1,6	2,4	0,021	0,018	2,4	760
52	АИР315S4	160	1470	286	94,5	0,91	5,5	1,4	2,0	0,018	0,017	3,0	875
53	АИР315М4	200	1470	352	95,0	0,92	5,5	1,6	2,2	0,014	0,014	3,5	1000
54	АИР355S4	250	1470	437	94,5	0,92	7,0	1,5	2,3	0,013	0,013	6,0	1260
55	АИР355М4	315	1470	544	94,7	0,93	7,0	1,6	3,0	0,012	0,014	7,0	1460
Синхронная частота вращения 1000 об/мин.													
56	АИР63А6	0,18	860	0,79	56,0	0,62	4,0	2,0	2,2	0,24	0,22	0,0019	4,55
57	АИР63В6	0,25	860	1,04	59,0	0,62	4,0	2,0	2,2	0,18	0,21	0,0023	5,40
58	АИР71А6	0,37	915	1,31	66,0	0,63	4,5	2,1	2,3	0,17	0,15	0,0019	8,1
59	АИР71В6	0,55	915	1,74	69,0	0,68	4,5	1,9	2,2	0,16	0,15	0,0022	9,7
60	АИР80А6	0,75	920	2,26	71,0	0,71	4,0	2,1	2,2	0,16	0,12	0,0033	12,3
61	АИР80В6	1,1	920	3,05	75,0	0,74	4,5	2,2	2,3	0,12	0,11	0,0048	15,3

Продолжение приложения 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
62	АИР90L6	1,5	925	4,16	76,0	0,72	6,0	2,0	2,2	0,11	0,088	0,0073	19,0
63	АИР100L6	2,2	945	5,58	81,5	0,74	6,0	1,9	2,2	0,09	0,067	0,013	26,5
64	АИР112МА6	3,0	950	7,4	81,5	0,76	6,0	2,0	2,2	0,085	0,063	0,017	43,0
65	АИР112МВ6	4,0	950	9,1	82,5	0,81	6,0	2,0	2,2	0,077	0,062	0,021	48,0
66	АИР132S6	5,5	960	12,3	85,0	0,80	7,0	2,0	2,2	0,067	0,041	0,038	68,5
67	АИР132М6	7,5	960	16,5	85,5	0,81	7,0	2,0	2,2	0,060	0,040	0,055	81,5
68	АИР160S6	11,0	970	22,9	88,0	0,83	6,5	2,0	2,7	0,073	0,030	0,12	125
69	АИР160М6	15,0	970	30,5	88,0	0,85	6,5	2,0	2,7	0,062	0,028	0,15	155
70	АИР180М6	18,5	980	36,9	89,5	0,85	6,5	1,8	2,4	0,056	0,026	0,24	180
71	АИР200М6	22,0	980	44,8	90,0	0,83	6,5	1,6	2,4	0,050	0,024	0,41	225
72	АИР200L6	30,0	975	59,6	90,0	0,85	6,5	1,6	2,4	0,046	0,022	0,46	250
73	АИР225М6	37,0	980	72,7	91,0	0,85	6,5	1,5	2,3	0,042	0,019	0,64	305
74	АИР250S6	45,0	980	87,0	92,5	0,85	6,5	1,5	2,3	0,037	0,015	1,1	390
75	АИР250М6	55,0	980	105	92,59	0,86	6,5	1,5	2,3	0,034	0,014	1,2	430
76	АИР280S6	75,0	980	137	93,0	0,90	6,5	1,3	2,2	0,032	0,021	2,8	645
77	АИР280М6	90,0	980	164	93,5	0,90	6,5	1,4	2,4	0,030	0,019	3,3	700
78	АИР315S6	110	980	200	93,5	0,90	6,0	1,4	2,3	0,026	0,018	4,0	850
79	АИР315М6	132	980	239	94,0	0,90	6,5	1,4	2,3	0,023	0,018	4,5	990
80	АИР355S6	160	980	288	94,0	0,90	6,5	1,7	2,3	0,020	0,015	7,3	1130
81	АИР355М6	200	980	358	94,5	0,90	6,5	1,7	2,0	0,018	0,014	8,8	1280
Синхронная частота вращения 750 об/мин.													
82	АИР71В8	0,25	690	1,04	61,0	0,60	4,0	1,8	1,9	0,22	0,23	0,0021	8,9
83	АИР80А8	0,37	700	1,53	63,5	0,59	3,5	2,0	2,3	0,19	0,16	0,0036	12,1
84	АИР80В8	0,55	700	2,07	65,0	0,60	3,5	2,0	2,1	0,17	0,15	0,0047	13,0

Продолжение приложения 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
85	АИР90LA8	0,75	705	2,08	75,0	0,73	4,0	1,4	2,0	0,14	0,11	0,0075	18,5
86	АИР90LB8	1,1	700	3,02	77,0	0,72	3,5	1,4	2,0	0,13	0,11	0,0096	22,0
87	АИР100L8	1,5	705	3,95	76,0	0,75	3,7	1,6	2,0	0,11	0,093	0,012	23,5
88	АИР112МА8	2,2	710	6,16	76,5	0,71	6,0	1,8	2,2	0,093	0,083	0,017	43,5
89	АИР112МВ8	3,0	700	7,8	79,0	0,74	6,0	1,8	2,2	0,080	0,083	0,025	48,5
90	АИР132S8	4,0	720	10,5	83,0	0,70	6,0	1,8	2,2	0,068	0,058	0,042	68,5
91	АИР132М8	5,5	715	13,6	83,0	0,74	6,0	1,8	2,2	0,070	0,061	0,057	82,0
92	АИР160S8	7,5	730	17,5	87,0	0,75	5,5	1,6	2,4	0,075	0,032	0,12	125
93	АИР160М8	11,0	730	25,5	87,5	0,75	6,0	1,6	2,4	0,066	0,031	0,15	155
94	АИР180М8	15,0	730	31,3	89,0	0,82	5,5	1,6	2,2	0,064	0,030	0,25	180
95	АИР200М8	18,5	730	39,0	89,0	0,81	6,0	1,6	2,3	0,057	0,026	0,41	225
96	АИР200L8	22,0	730	45,9	90,0	0,81	6,0	1,6	2,3	0,062	0,029	0,46	250
97	АИР225М8	30,0	730	62,2	90,5	0,81	6,0	1,4	2,3	0,045	0,022	0,69	305
98	АИР250S8	37,0	735	77,9	92,5	0,78	6,0	1,5	2,3	0,047	0,017	1,2	400
99	АИР250М8	45,0	735	93,6	92,5	0,79	6,0	1,4	2,2	0,037	0,016	1,3	430
100	АИР280S8	55,0	730	106	92,5	0,86	6,0	1,3	2,2	0,035	0,022	3,2	650
101	АИР280М8	75,0	730	141	93,0	0,87	6,0	1,4	2,2	0,028	0,021	4,0	735
102	АИР315S8	90,0	740	173	93,5	0,85	6,0	1,2	2,2	0,023	0,019	4,6	875
103	АИР315М8	110	740	209	93,5	0,85	6,0	1,1	2,2	0,023	0,019	5,6	1010
104	АИР355S8	132	735	252	93,5	0,85	6,0	1,6	2,0	0,023	0,017	9,0	1170
105	АИР355М8	160	735	306	93,5	0,85	6,0	1,6	2,0	0,020	0,017	10,0	1270
Синхронная частота вращения 600 об/мин.													
106	АИР250S10	22,0	580	45,8	89,0	0,82	5,0	1,2	2,2	0,050	0,019	1,4	370
107	АИР250М10	30,0	580	61,7	89,0	0,83	5,5	1,2	2,2	0,056	0,023	1,6	410
108	АИР280S10	32,0	580	78,2	91,5	0,79	6,0	1,3	2,3	0,031	0,027	3,7	605


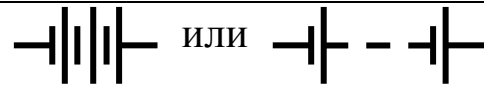
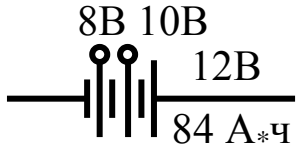
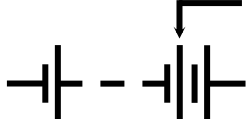
Продолжение приложения 4

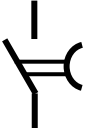
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
109	АИР280М10	45,0	580	94,8	92,0	0,79	6,0	1,4	2,1	0,037	0,031	4,0	660
110	АИР315S10	55,0	585	115	92,5	0,79	6,5	1,2	1,9	0,028	0,026	5,2	785
111	АИР315М10	75,0	585	155	92,5	0,80	6,0	1,2	1,9	0,029	0,027	6,0	865
112	АИР355S10	90,0	590	178	92,5	0,83	6,0	1,1	1,9	0,028	0,021	9,3	1080
113	АИР355М10	110,0	590	217	93,0	0,83	6,0	1,1	1,9	0,024	0,021	11	1190
Синхронная частота вращения 500 об/мин.													
114	АИР315S12	45,0	480	101	91,0	0,75	6,0	1,1	1,8	0,037	0,023	5,3	785
115	АИР315М12	55,0	480	123	91,5	0,75	6,0	1,1	1,8	0,033	0,032	6,2	865
116	АИР355S12	75,0	490	164	91,0	0,76	6,0	1,1	1,9	0,026	0,021	9,3	1080
117	АИР355М12	90,0	490	196	92,0	0,76	6,0	1,1	1,9	0,024	0,020	10,0	1190







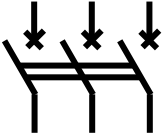
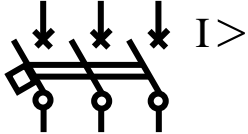
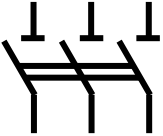
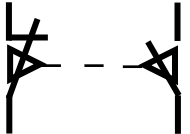
Примечание: Электродвигатели габаритов (50 ÷ 132) имеют класс нагревостойкости **В**;




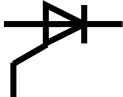


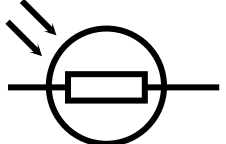
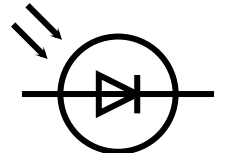
Электродвигатели габаритов (160 ÷ 355) имеют класс нагревостойкости **Ф**.

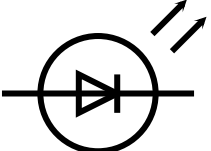
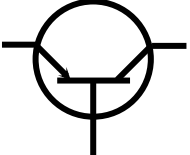
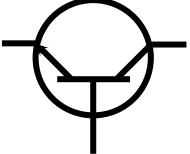
**ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ИХ УСЛОВНОЕ ГРАФИЧЕСКОЕ
ИЗОБРАЖЕНИЕ ПО ГОСТу**

Обозначение	Наименование	ГОСТ
3 ~ 50 Гц 220 В	Переменный ток, трехфазный, частотой 50 Гц, напряжением 220 В	ГОСТ 2.721–74
3N ~ 50 Гц 220/380 В	Переменный ток, трехфазный, четырехпроводная линия (три провода, нейтраль) частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В	ГОСТ 2.721–74
3NPE ~ 50 Гц 220/380 В	Переменный ток, трехфазный, пятипроводная линия (три провода фаз, нейтраль, один провод защитный с заземлением) частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В	ГОСТ 2.721–74
3PEN ~ 50 Гц 220/380 В	Переменный ток, трехфазный, четырехпроводная линия (три провода фаз, один провод защитный с заземлением, выполняющий функцию нейтрали) частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В	ГОСТ 2.721–74
	Гальванический элемент (первичный или вторичный) Примечание. Допускается знаки полярности не указывать	ГОСТ 2.768–90
	Батарея, состоящая из гальванических элементов	ГОСТ 2.768–90
	Батарея с отводами от элементов	ГОСТ 2.768–90
	Батарея, состоящая из гальванических элементов с переключаемым отводом	ГОСТ 2.768–90

Обозначение	Наименование	ГОСТ
	Контакт замыкающий	ГОСТ 2.755–87
	Контакт размыкающий	ГОСТ 2.755–87
	Контакт переключающий	ГОСТ 2.755–87
	Контакт переключающий, с нейтральным центральным положением	ГОСТ 2.755–87
	Контакт, чувствительный к температуре (термоконтакт)	
	1) замыкающий	ГОСТ 2.755–87
	2) размыкающий	ГОСТ 2.755–87
	Контакт замыкающий с замедлением, действующим:	
	или 	1) при срабатывании
		ГОСТ 2.755–87

Обозначение	Наименование	ГОСТ
 или 	2) при возврате	ГОСТ 2.755–87
 или 	3) при срабатывании	ГОСТ 2.755–87
Контакт замыкающий выключателя		
	1) однополюсный	ГОСТ 2.755–87
 или 	2) трехполюсный	ГОСТ 2.755–87
	Контакт замыкающий выключателя трехполюсного с автоматическим срабатыванием максимального тока	ГОСТ 2.755–87
	Разъединитель трехполюсный (рубильник)	ГОСТ 2.755–87
	Выключатель концевой с двумя отдельными цепями	ГОСТ 2.755–87
Выключатель кнопочный нажимной:		

Обозначение	Наименование	ГОСТ
	1) с замыкающим контактом	ГОСТ 2.755–74
	2) с размыкающим контактом	ГОСТ 2.755–74
	Диод	ГОСТ 2.730–73
	Тиристор триодный, запираемый в обратном направлении, с управлением:	
	1) по аноду	ГОСТ 2.730–73
 или 	2) по катоду	ГОСТ 2.730–73
	Фоторезистор	ГОСТ 2.730–73
	Фотодиод	ГОСТ 2.730–73

Обозначение	Наименование	ГОСТ
	Светодиод	ГОСТ 2.730–73
	Транзистор: 1) типа PNP	ГОСТ 2.730–73
	2) типа NPN Примечание. Для упрощения на схемах допускается выполнять обозначения транзисторов в зеркальном изображении, проводить линию электрической связи от эмиттера или коллектора перпендикулярно или параллельно линии вывода базы	ГОСТ 2.730–73

БУКВЕННЫЕ КОДЫ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ВИДОВ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ГОСТу 2.710–81

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
<p>A</p> <p>B</p> <p>C</p> <p>D</p>	<p>Устройство (общее обозначение)</p> <p>Преобразователи неэлектрических величин (кроме генераторов и источников питания) или наоборот аналоговые или многозарядные преобразователи или датчики для указания или измерения</p> <p>Конденсаторы</p> <p>Схемы интегральные, микросборки</p>	<p>Громкоговоритель</p> <p>Магнитострикционный элемент</p> <p>Сельсин–датчик</p> <p>Детектор ионизирующих излучений</p> <p>Сельсин–приемник</p> <p>Телефон (капсюль)</p> <p>Тепловой датчик</p> <p>Фотоэлемент</p> <p>Микрофон</p> <p>Датчик давления</p> <p>Пьезоэлемент</p> <p>Датчик частоты вращения (тахогенератор)</p> <p>Звукосниматель</p> <p>Датчик скорости</p> <p>Схема интегральная аналоговая</p> <p>Схема интегральная, цифровая, логический элемент</p> <p>Устройства хранения информации</p>	<p>BA</p> <p>BB</p> <p>BC</p> <p>BD</p> <p>BE</p> <p>BF</p> <p>BK</p> <p>BL</p> <p>BM</p> <p>BP</p> <p>BQ</p> <p>BR</p> <p>BS</p> <p>BV</p> <p>DA</p> <p>DD</p> <p>DS</p>

E	Элементы разные	Устройство задержки	DT
		Нагревательный элемент	EK
		Лампа осветительная	EL
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Пиропатрон	ET
		Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия	FA
		Дискретный элемент защиты по току инерционного действия	FP
		Предохранитель плавкий	FU
		Дискретный элемент защиты по напряжению, разрядник	FV
G	Генераторы, источники питания		
H	Устройства сигнальные	Батарея	GB
		Прибор звуковой сигнализации	HA
		Индикатор символьный	HG
K	Реле, контакторы, пускатели	Прибор световой сигнализации	HL
		Реле токовое	KA
		Реле указательное	KH
		Реле электротепловое	KK
		Контактор, магнитный пускатель	KM
		Реле времени	KT
		Реле напряжения	KV
L	Катушки индуктивности, дроссели		
M	Двигатели	Дроссель люминесцентного освещения	LL
P	Приборы, измерительное оборудование	Амперметр	PA
		Счетчик импульсов	PC

		<p>Частотомер</p> <p>Счетчик активной энергии</p> <p>Счетчик реактивной энергии</p> <p>Омметр</p>	<p>PF</p> <p>PI</p> <p>PK</p> <p>PR</p>
		<p>Регистрирующий прибор</p> <p>Часы, измеритель времени действия</p> <p>Вольтметр</p> <p>Ваттметр</p>	<p>PS</p> <p>PT</p> <p>PV</p> <p>PW</p>
Q	<p>Выключатели и разъединители в силовых цепях (энергоснабжение, питание оборудования и т. д.)</p> <p>Резисторы</p>	<p>Выключатель автоматический</p> <p>Короткозамыкатель</p> <p>Разъединитель</p>	<p>QF</p> <p>QK</p> <p>QS</p>
R		<p>Терморезистор</p> <p>Потенциометр</p> <p>Шунт измерительный</p> <p>Варистор</p>	<p>RK</p> <p>RP</p> <p>RS</p> <p>RU</p>
S	<p>Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных</p>	<p>Выключатель или переключатель</p> <p>Выключатель кнопочный</p> <p>Выключатель автоматический</p> <p>Выключатели, срабатывающие от различных воздействий:</p> <p>от температуры</p> <p>от уровня</p> <p>от давления</p> <p>от положения (путевой)</p> <p>от частоты вращения</p>	<p>SA</p> <p>SB</p> <p>SF</p> <p>SK</p> <p>SL</p> <p>SP</p> <p>SQ</p> <p>SR</p>
T	<p>Трансформаторы, автотрансформаторы</p> <p>Устройства связи. Преобразователи</p>	<p>Трансформатор тока</p> <p>Электромагнитный стабилизатор</p>	<p>TA</p> <p>TS</p>

U	электрических величин в электрические	Трансформатор напряжения	TV
	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Модулятор Демодулятор Дискриминатор Преобразователь частотный, инвертор, генератор частоты, выпрямитель	UB UR UI UZ
V	Линии и элементы СВЧ. Антенны	Диод, стабилитрон	VD
		Прибор электровакуумный Транзистор Тиристор	VL VT VS
W	Соединения контактные	Антенна Ответвитель Короткозамыкатель Вентиль	WA WE WK WS
		Трансформатор, неоднородность, фазовращатель Антенюатор	WT WU
X	Устройства механические с электромагнитным приводом	Токосъемник, контакт скользящий Штырь Гнездо	XA XP XS
		Соединение разборное Соединитель высокочастотный	XT XW
Y	Устройства оконечные фильтры. Ограничители	Электромагнит Тормоз с электромагнитным приводом Муфта с электромагнитным приводом Электромагнитный патрон или плита	YA YB YC YH
		Ограничитель	

Z		Фильтр кварцевый	ZL ZQ
---	--	------------------	----------

