

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Электроснабжение»

В. Д. Елкин

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

ПРАКТИКУМ

**по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-43 01 07
«Техническая эксплуатация
энергооборудования организаций»
дневной формы обучения**

Гомель 2019

УДК 621.316.5(075.8)
ББК 31.264я73
Е51

*Рекомендовано научно-методическим советом
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 4 от 26.12.2018 г.)*

Рецензент: доц. каф. «Автоматизированный электропривод» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *Л. В. Венгер*

Елкин, В. Д.
Е51 Электрические аппараты : практикум по одной дисциплине для студентов специальности 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» дневной формы обучения / В. Д. Елкин. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 32 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Мб RAM ; свободное место на HDD 16 Мб ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Содержит восемь практических работ. Цель практикума – способствовать усвоению условных буквенных и графических обозначений электрических аппаратов и элементов в схемах и на чертежах, технических данных и условий выбора электрических аппаратов.

Для студентов специальности 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций».

**УДК 621.316.5(075.8)
ББК 31.264я73**

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа 1 ИЗУЧЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ И БУКВЕННЫХ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ	4
Практическая работа 2 ИСПОЛНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ПО СТЕПЕНИ ЗАЩИТЫ, КЛИМАТИЧЕСКОМУ ИСПОЛНЕНИЮ.....	9
Практическая работа 3 ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ И МОНТАЖНЫХ СИМВОЛОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ...12	
Практическая работа 4 ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ.....15	
Практическая работа 5 ИЗУЧЕНИЕ СХЕМ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ.....17	
Практическая работа 6 ИЗУЧЕНИЕ СХЕМ ДИСТАНЦИОННОГО РЕВЕРСИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ.....19	
Практическая работа 7 ВЫБОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ.....20	
Практическая работа 8 БЕСКОНТАКТНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ	26
ЛИТЕРАТУРА.....	32

Практическая работа 1

ИЗУЧЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ И БУКВЕННЫХ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

1.1 Цель работы

Изучить условные буквенные и графические обозначения электрических аппаратов и элементов в схемах и на чертежах

1.2 Теоретические сведения

Электрические аппараты и элементы в схемах электротехнических устройств изображают в виде условных графических обозначений, установленных стандартами ЕСКД или построенных на их основе. При необходимости применяют нестандартизованные условные графические обозначения.

Стандартизованные или строящиеся на основе стандартизованных графические обозначения на схемах не поясняют; нестандартизованные обозначения должны быть пояснены на свободном поле схемы.

Если на условные обозначения установлено несколько допустимых вариантов выполнения, различающиеся геометрической формой и степенью детализации, то их применяют в зависимости от назначения и типа разрабатываемой схемы, а также количества информации, которую необходимо передать на схеме графическими средствами. При этом на всех схемах одного типа, входящих в комплект документации на изделие, применяют один выбранный вариант обозначения.

Кроме условных графических обозначений, на схемах соответствующих типов можно применять другие категории графических обозначений: прямоугольники произвольных размеров, содержащие пояснительный текст; внешние очертания, представляющие собой упрощенные конструктивные изображения изделий.

Стандартные условные графические обозначения электрических аппаратов и элементов выполняют по размерам, указанным в соответствующих стандартах. Если размеры стандартом не установлены, то графические обозначения на схеме должны иметь такие же размеры, как их изображения в стандартах. При выполнении иллюстративных схем на больших форматах можно все условные графические обозначения пропорционально увеличивать по Условные буквенно-цифровые обозначения в электрических схемах.

Электрические аппараты и элементы в схемах электротехнических устройств могут иметь буквенные, буквенно-цифровые, или цифровые обозначения.

Буквенно-цифровые обозначения предназначены для записи в сокращенной форме сведений об электрических аппаратах и элементах в документации на изделие или нанесения непосредственно на изделие.

Типы условных буквенно-цифровых обозначений и правила их построения устанавливает стандарт (рис. 1.1).

Для построения обозначений используют прописные буквы латинского алфавита, арабские цифры.

Обозначение записывают в виде последовательности букв, цифр и знаков в одну строку без пробелов. Количество знаков в обозначении стандартом не устанавливается.

Обязательная часть буквенно-цифрового обозначения – вид и номер обозначения элемента (позиционного обозначения). Остальные части, в том числе и обозначение функции элемента, являются дополнительными.

В электрических схемах, как правило, проставляют только обязательную часть. Буквенная часть (код) позиционного обозначения может состоять из сочетания букв, число которых стандартом не устанавливается. Первая буква кода (обязательная) характеризует группу видов элементов, вторая – вид элемента, третья и последующие – конкретизацию вида элемента, например: *H* обозначает группу сигнальных элементов, *HL* – сигнальную лампу, а *HLG* – сигнальную лампу с зеленой линзой.

Если элемент содержит несколько частей, допускается добавлять (при разнесенном способе изображения) к номеру элемента условный номер изображения части элемента, отделяя его точкой. Например, у магнитного пускателя *KM1* имеется несколько вспомогательных контактов, показанных в разных частях схемы, то их можно обозначать *KM1.1*; *KM1.2*; *KM1.3* и т.п.

Позиционные обозначения на схеме проставляются рядом с графическим изображением прибора, аппарата или элемента с правой стороны или над ним. Все элементы устройства должны быть обозначены одинаково на всех электрических схемах: принципиальных, монтажных и в перечне элементов.

Таблица 1.1

Буквенные коды видов элементов в электрических схемах

Первая буква кода	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Буквенный код
1	2	3	4
А	Устройства (общее обозначение)	Усилители, приборы телеуправления	
В	Преобразователи не-электрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот, аналоговые или многозарядные преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговоритель Многострикционный элемент Детектор ионизирующих излучений Сельсин –приемник Телефон (капсюль) Сельсин-датчик Тепловой датчик Фотоэлемент Микрофон Датчик давления Пьезоэлемент Датчик частоты вращения (тахогенератор) Звукосниматель Датчик скорости	ВА ВВ ВД ВЕ ВF ВC ВК ВL ВM ВP ВQ ВR BS BV
С	Конденсаторы		
Д	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная аналоговая Схема интегральная цифровая, логический элемент Устройства хранения информации Устройства задержки	DA DD DS DT
Е	Элементы разные (осветительные устройства, нагревательные элементы)	Нагревательный элемент Лампа осветительная Пиропатрон	EK EL ET
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия Тоже инерционного действия Предохранитель плавкий Дискретный элемент защиты по напряжению, Разрядник	FA FP FU FV
Г	Генераторы, источники питания, кварцевые осцилляторы	Батарея	GB
Н	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации Индикатор символный Прибор световой сигнализации	HA HG HL

Продолжение таблицы 1.1

К	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое Реле указательное Реле электротепловое Контактор, магнитный пускатель Реле времени Реле напряжения	KA KH KK KM KT KV
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	LL
М	Двигатели постоянного и переменного тока		
Р	Приборы, измерительное оборудование	Амперметр Счетчик импульсов Частотомер Счетчик активной энергии Счетчик реактивной энергии Омметр Регистрирующий прибор Секундомер, часы, измеритель времени действия Вольтметр Ваттметр	PA PC PF PI PK PR PS PT PV PW
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях	Выключатель автоматический Короткозамыкатель Разъединитель	QF QK QS
R	Резисторы	Терморезистор Потенциометр Шунт измерительный Вариатор	RK RP RS RU
	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	Выключатель или переключатель Выключатель кнопочный Выключатель автоматический Выключатели, срабатывающие от различных воздействий: уровня; давления; положения (путевой); частоты вращения; температуры	SA SB SF SL SP SQ SR SK
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока Электромагнитный стабилизатор Трансформатор напряжения	TA TS TV
U	Устройства связи Преобразователи электрических величин в электрические	Модулятор Демодулятор Дискриминатор Преобразователь частотный инвертор, генератор частоты, выпрямитель	UB UR UI UZ

Продолжение таблицы 1.1

V	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон Прибор электровакуумный Транзистор Тиристор	VD VL VT VS
W	Линии и элементы СВЧ	ЛЭП Антенна Отделитель Короткозамыкатель Вентиль	W WA WE WK WS
X	Соединения контактные	Токосъемник, контакт скользящий Накладка, перемычка Соединение неразборное Штырь Гнездо Соединение разборное Соединитель высокочастотный	XA XB XN XP XS XT XW
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит Замок блокировки (электрический) Электромагнит включения Тормоз с электромагнитным приводом Муфта с электромагнитным приводом Электромагнитный плита	YA YAB YAC YB YC YH
Z	Устройства оконечные, фильтры. Ограничители	Фильтр тока Фильтр частотный Фильтр напряжения Ограничитель Фильтр кварцевый	ZA ZF ZV ZL ZQ

1.3 Задание

1. Вычертить графические обозначения элементов электрических аппаратов по требуемым размерам, которые представлены на рисунке 1.2.

Пример 1. Вычертить и проставить размеры контакта замыкающего

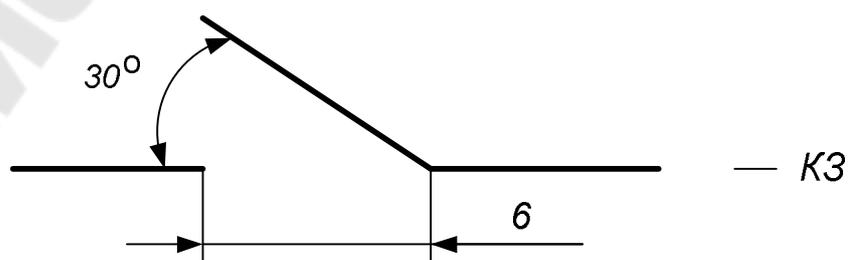


Рис. 1.1. Рисунок к примеру 1

	— контакт вида замыкающий
	— контакт вида размыкающий
	— контакт вида переключающий
	— контакт замыкающий кнопки «ПУСК»
	— контакт замыкающий кнопки «СТОП»
	— плавкий предохранитель
	— автоматический выключатель
	— контакт теплового реле
	— гальванический элемент
	— катушка
	— катушка токовая
	— катушка индуктивности
	— катушка дросселя
	— катушка индуктивности с сердечником (дроссель)
	— трансформатор

Рис. 1.2. Графические обозначения электрических аппаратов и элементов

Практическая работа 2

ИСПОЛНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ПО СТЕПЕНИ ЗАЩИТЫ, КЛИМАТИЧЕСКОМУ ИСПОЛНЕНИЮ

2.1 Цель работы

Изучить обозначение степени защиты, климатического исполнения и категории размещения для электрических аппаратов

2.2 Теоретические сведения

Степень защиты персонала от прикосновения к токоведущим и движущимся частям, электрических аппаратов и электрооборудования, заключенного в оболочку от воздействия окружающей среды, обозначаются буквами IP (международная система International Protection) и двумя цифрами. Например, IP00, IP21 и т.п. Если для изделия нет необходимости в одном из видов защиты, допускается в условном обозначении проставлять знак X вместо обозначения того вида защиты, который в данном изделии не требуется, или испытание которого не производится, например, IPX2.

Первая цифра обозначает степень защиты персонала от соприкосновения с находящимися под напряжением частями или приближения к ним и от соприкосновения с движущимися частями, а так же степень защиты изделия от попадания внутрь твердых посторонних тел (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Значения и расшифровка первой цифры обозначения степени защиты

Цифра	Степень защиты	
	Краткое описание	Определение
0	Защита отсутствует	Специальная защита отсутствует
1	Защита от твердых тел размером более 50 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности человеческого тела, например руки, и твердых тел размером свыше 50 мм
2	Защита от твердых тел размером более 12 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной не более 80 мм и твердых тел размером свыше 12 мм
3	Защита от твердых тел размером более 2,5 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки инструментов, проволоки, и других предметов диаметром или толщиной более 2,5 мм и от проникновения твердых тел размером более 2,5 мм
4	Защита от твердых тел размером более 1 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки проволоки и твердых тел размером более 1 мм
5	Защита от пыли	Проникновение внутрь оболочки пыли не предотвращено полностью.
6	Пыленепроницаемость	Проникновение пыли предотвращено полностью

Вторая цифра обозначает степень защиты изделия от попадания воды (табл. 2.2).

Электрические аппараты и электрооборудование по условиям окружающей среды могут иметь следующие исполнения:

У1...У5 – для умеренного климата;

ХЛ1...ХЛ5 – для холодного климата;

УХЛ1...УХЛ5 – для холодного и умеренного климата;

Т1...Т5 – для тропического климата

Значения и расшифровка второй цифры обозначения степени защиты

Цифра	Степень защиты	
	Краткое описание	Определение
0	Защита отсутствует	Специальная защита отсутствует
1	Защита от капель воды	Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие
2	Защита от воды при наклоне до 15°	Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие при наклоне его оболочки на любой угол до 15°
3	Защита от дождя	Дождь, падающий на оболочку под углом 60° от вертикали, не должен оказывать вредного воздействия на изделие
4	Защита от брызг	Вода, разбрызгиваемая на оболочку в любом направлении, не должна оказывать вредного воздействия на изделие
5	Защита от водяных струй	Струя воды, выбрасываемая в любом направлении на оболочку, не должна оказывать вредного воздействия на изделие
6	Защита от волн воды	Вода при волнении не должна попадать внутрь оболочки в количестве, достаточном для повреждения изделия
7	Защита при погружении в воду	Вода не должна проникать в оболочку, погруженную в воду, при определенных условиях давления и времени в количестве, достаточном для повреждения изделия
8	Защита при длительном погружении в воду	Изделия пригодны для длительного погружения в воду при условиях, установленных изготовителем.

Категория размещения электрических аппаратов:

- 1 – для работы на открытом воздухе;
- 2 – для работы в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ;
- 3 – для работы в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры и влажности воздуха, а также воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе;
- 4 – для работы в помещениях с искусственно регулируемыи климатическими условиями (например, в закрытых отапливаемых и вентилируемых производственных и других помещениях);
- 5 – для работы в помещениях с повышенной влажностью (например, в не отапливаемых и невентилируемых подземных помещениях, в помещениях, в которых возможно длительное наличие воды или частая конденсация влаги на стенах и потолках).

2.3 Задание для выполнения работы

Расшифровать тип электрического аппарата и установить степень защиты, климатическое исполнение и категорию размещения образцов электрических аппаратов, предоставленных преподавателем и записать в таблицу 2.3.

Таблица 2.3

Значения и расшифровка степени защиты, климатического исполнения и категории размещения

Вариант	Характеристика		
	1-й аппарат	2-й аппарат	3-й аппарат
1	ЯБПВУ-1МУЗ.	ПМЛ-1100У4.ІР00	НПН2-63У1.ІР54
2	ЯБП1-2У3. ІР44	ПМЛ-2100У4.ІР00	ПН2-100У3. ІР44
3	ЯБПУ-4У3. ІР44	ПМЛ-1501У3.ІР44	ПР2-15 У2.ІР44
4	КЕ011. ІР00	ПМЛ-2502У3.ІР54	ПР2-60 У3.ІР54
5	ПКЕ112-2. ІР54	КТ5000У3. ІР00	АЕ2010У3. ІР20
6	ПКЕ112-3. ІР20	КТ6000У3. ІР20	АЕ2030У3. ІР44
7	ПВ-10-2У3. ІР00	КТ7000У3. ІР44	АП50-2МТУ4. ІР22
8	ПВ25-3У4. ІР00	КТП400У3. ІР00	АП50-3МТУ3. ІР21
9	ПП10/Н2У3.ІР44	КБК100У3. ІР20	ВА51-29У3. ІР43
10	ПП3/10Н2. ІР44	КТПВ600У3. ІР54	ВА51-31У3. ІР54

Практическая работа 3

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ И МОНТАЖНЫХ СИМВОЛОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

3.1 Цель работы

Изучить систему составления электрических схем, монтажных символов электрических аппаратов на чертежах принципиальных и монтажных схем

3.2 Теоретические сведения

Монтажные символы. При составлении и вычерчивании монтажных схем применяют монтажные символы электрических аппаратов, элементов и приборов.

Монтажный символ – это электрическая схема внутренних соединений аппарата, элемента или прибора с таким относительным расположением зажимов (выводов), которое соответствует действительному расположению их на аппарате.

На монтажных символах элементы аппарата (катушка, контакты

и т.п.) изображаются в виде условных графических обозначений в соответствии с действующими стандартами ЕСКД.

Выходные зажимы (выводы) всех аппаратов маркируются по определенной системе. Причем для аппаратов, имеющих собственную маркировку выводов, на символах показывается данная фактическая маркировка. Для аппаратов, не имеющих собственной маркировки выводов, на символах изображается условная маркировка, которая в действительности на аппарате отсутствует. Оба вида маркировок изображают одинаково - внутри зажимов.

Условная маркировка выполняется по определенной схеме:

1. Главные контакты аппаратов маркируются однозначными цифрами, начиная с единицы 1; 2; 3; 4; 5; 6. Причем к нечетным выводам подводится напряжение сети, а к четным подключается электроприемник.

2. Вспомогательные контакты маркируются двузначными числами, в которых первая цифра обозначает порядковый номер контакта в пределах одного аппарата (порядок независимо от вида контакта), а вторая цифра отражает вид контакта.

Принята следующая условность по видам контакта:

1 – 2 – размыкающий контакт;

3 – 4 – замыкающий контакт;

1 – 2 – 3 контакт переключающий;

5 – 6 – контакт размыкающий особый;

7 – 8 – контакт замыкающий особый;

5 – 6 – 7 контакт переключающий особый;

9 – 0 – контакт импульсный.

В главных и во вспомогательных контактах не четными числами маркируется вход (неподвижный контакт), четными – выход (подвижный контакт). Для контактов, не имеющих четко выраженного вывода подвижных контактов, например, мостиковых, деление на четные и нечетные числа отсутствуют. В этом случае числа возрастают слева направо или сверху вниз.

Катушки аппаратов маркируются прописными буквами латинского алфавита:

A – B или (*A1–A2*) – включающая;

C – D – отключающая;

Q – H – защелки.

Если аппарат имеет количество контактов более 10, то порядковые номера контактам присваиваются по группам, а именно: в преде-

лах группы замыкающих контактов, начиная с единицы, и в пределах группы размыкающих контактов, опять начиная с единицы.

Выполняется и условная маркировка зажимов (выводов), которая дает возможность заменить схемы соединений таблицами. В этом случае адреса проводов, соединяющих аппараты, указываются только по маркировке зажима аппарата.

На каждый аппарат имеется два символа полный и краткий (упрощенный). Полный символ применяется для составления монтажных схем соединений, а краткий (упрощенный) для таблиц соединений и выполнения схем на ЭВМ.

3.3 Задание для выполнения работы

1 Вычертить схемы электрических аппаратов и проставить буквенное обозначение электрических аппаратов по варианту задания таблица 3.1.

Пример 1. Начертить условные графические обозначения замыкающего и размыкающего контактов и промаркировать выводы



Рис. 3.1. Пример маркировки вспомогательных контактов разного вида: *a* – контакт размыкающий, *б* – контакт замыкающий

Пример 2. Вычертить электрическую схему электромагнитного пускателя и упрощенный монтажный символ

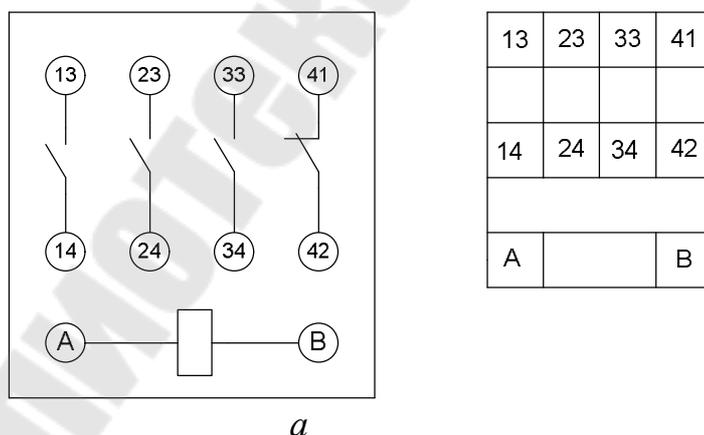


Рис. 3.2. Пример выполнения монтажных символов электрических аппаратов: *a* – монтажный символ электрического аппарата; *б* – монтажный символ упрощенный для выполнения схем на ЭВМ

Исходные данные по варианту задания

Вариант	Характеристика	
	1-й аппарат	2-й аппарат
1	Кнопка управления 2з + 2р	Пускатель КМ 3з + 1з
2	Пакетный выключатель 2-х полюсный	Реле КЛ 4з+2р
3	Пакетный выключатель 3-х полюсный	Контактор КМ 3з + 1з + 1р
4	Кнопочный пост (2 элемента) 1з+1р	Контактор постоянного тока КМ 5з+1р
5	Автоматический выключатель 1-но полюсный	Рубильник с предохранителями 3-х полюсный
6	Плавкие предохранители 3-х полюсные	Реверсивный пускатель
7	Кнопка управления (кранный толкатель)	УЗО
8	Кнопочный пост (зеленый толкатель + кранный)	Дифференциальный выключатель
9	Рубильник 3-х полюсный	Пускатель реверсивный
10	Автоматический выключатель 3-х полюсный	Реле токовое РТ40

Практическая работа 4

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПУСКATEЛИ

4.1 Цель работы

1. Изучить маркировку и технические характеристики электромагнитных пускателей различных серий

4.2. Теоретические сведения

Электромагнитный пускатель (малогабаритный контактор). Коммутационный аппарат, предназначенный для управления и защиты электродвигателей переменного тока, разработанный на базе контакторов.

Электромагнитные пускатели с прямоходовой подвижной системой серии ПМЕ, ПА, ПМЛ, ПМ12, ПМ15 широко применяются для управления электродвигателями станков, механизмов и машин.

Электромагнитные пускатели имеют различное исполнение:
 нереверсивные и реверсивные;
 с тепловым реле и без них;

открытого, защищенного, пыле-брызгозащищенного исполнения.

Электромагнитный пускатель должен устойчиво работать и не отключать установку при напряжении $0,85 \cdot U_{\text{ном}}$.

Структура условного обозначения электромагнитных пускателей серии ПМЛ

ПМЛ-1 2 3 4 5 6 7 8

ПМЛ – пускатель электромагнитный;

1 – Величина пускателя по номинальному току (1 – 10 А; 2 – 25 А; 3 – 40 А; 4 – 63 А; 5 – 80 А; 6 – 125 А; 7 – 200 А);

2 – Исполнение пускателей по назначению и наличию теплового реле (1 – нереверсивный без теплового реле; 2 – нереверсивный с тепловым реле; 5 – реверсивный без теплового реле с электрической и механической блокировками; 6 – реверсивный пускатель с тепловым реле с электрической и механической блокировками; 7 – пускатель «звезда – треугольник»);

3 – Исполнение пускателя по степени защиты и наличию кнопок;

4 – Количество контактов вспомогательной цепи;

5 – Сейсмическое исполнение пускателей;

6, 7 – Климатическое исполнение и категория размещения;

8 – Исполнение по износостойкости.

Пускатели предназначены для применения в качестве комплектующих изделий в схемах управления электроприводами, главным образом для применения в стационарных установках для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором при напряжении до 660 В переменного тока частоты 50 и 60 Гц.

При наличии теплового реле пускатели осуществляют защиту управляемых электродвигателей от перегрузки недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз.

Для увеличения количества вспомогательных контактов пускатели допускают установку контактных приставок с набором замыкающих и размыкающих контактов.

Структура условного обозначения пускателей серии ПМ12

ПМ12-123 4 5 6 7 8 9

ПМ12 – обозначение серии;

123 – цифры, указывающие величину магнитного пускателя по номинальному току;

4 – исполнение по назначению и наличию теплового реле:

- 1 – нереверсивный без теплового реле;
- 2 – нереверсивный с тепловым реле;
- 5 – реверсивный без тепловых реле;
- 6 – реверсивный с тепловым реле;
- 5 – исполнение по степени защиты и наличию кнопок;
- 6 – количество и вид контактов вспомогательной цепи;
- 7 – климатическое исполнение;
- 8 – категория размещения;
- 9 – исполнение по износостойкости.

4.3 Задание для выполнения работы

1 Расшифровать маркировку электрического аппарата и записать технические характеристики.

2 Пояснить конструкцию и принцип действия магнитного пускателя (серия магнитного пускателя приведена в таблице 4.1 по варианту задания).

Таблица 4.1

Исходные данные

Данные аппаратов	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Серия магнитного пускателя	ПМЛ	ПМ12	ПАЕ	ПМЕ	ПМЕ	ПМЕ	ПМЛ	ПМ15	ПМЛ	ПМЕ

Практическая работа 5

ИЗУЧЕНИЕ СХЕМ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ

5.1 Цель работы

Изучить принципиальную схему дистанционного управления асинхронным электродвигателем

5.2 Теоретические сведения

Работа схемы управления асинхронным электродвигателем.

Напряжение сети включается выключателем QS1, тем самым подается напряжение сети на силовую часть схемы и цепи управления.

Для включения электродвигателя необходимо нажать кнопку SB2. При этом катушка электромагнитного пускателя получает питание, пускатель срабатывает – замыкаются главные (силовые) кон-17

такты, которые подают напряжение сети на обмотку статора электродвигателя. Электродвигатель начинает вращение. Одновременно замыкаются вспомогательные замыкающие контакты, включенные параллельно контактам кнопки SB2, которые блокируют пусковую кнопку SB2 в результате катушка пускателя будет получать питание через замыкающие контакты пускателя KM1.

Для останова электродвигателя достаточно нажать стоповую кнопку SB1. Катушка электромагнитного пускателя теряет питание и пускатель отключается и отключает электродвигатель от сети.

Схемы дистанционного управления асинхронными электродвигателями с помощью электромагнитных пускателей представлены на рис. 5.1.

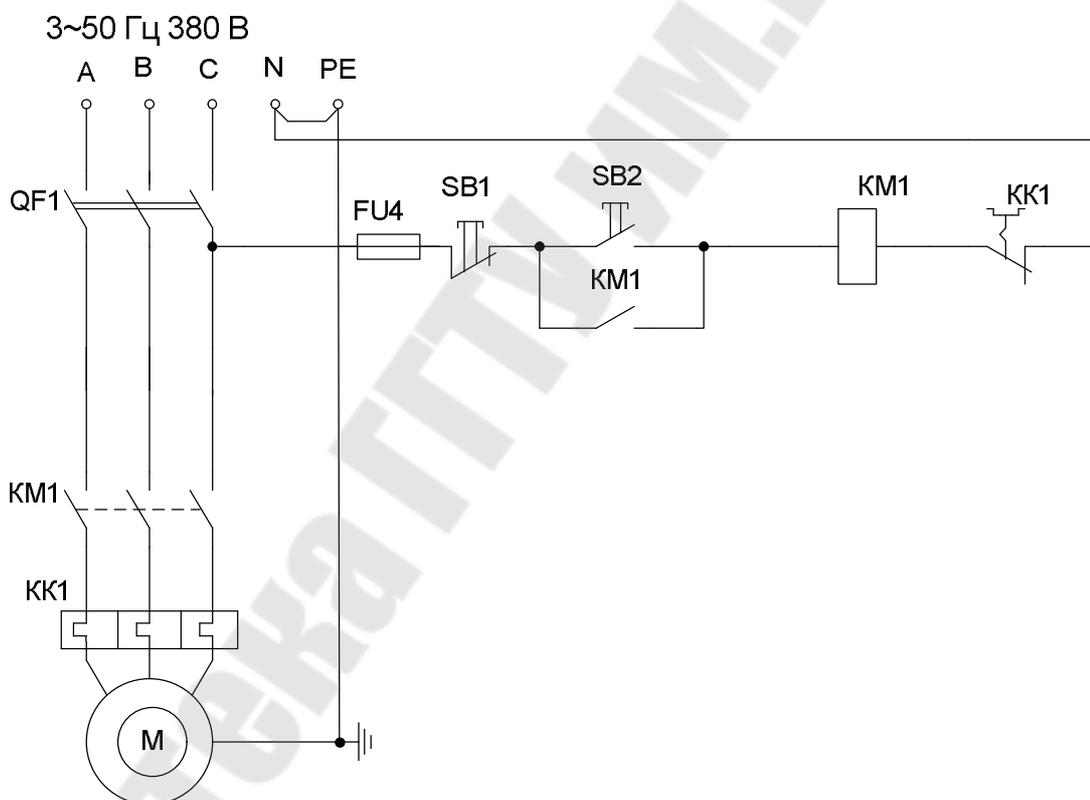


Рис. 5.1. Схема электрическая принципиальная управления асинхронным электродвигателем

5.3 Задание для выполнения работы

1. Вычертить схему дистанционного управления асинхронным электродвигателем (рис. 5.1).
2. Пояснить назначение элементов схемы и нулевую защиту.

Практическая работа 6

ИЗУЧЕНИЕ СХЕМ ДИСТАНЦИОННОГО РЕВЕРСИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ

6.1 Цель работы

Изучить схему реверсивного управления трехфазным электродвигателем переменного тока

6.2 Теоретические сведения

Реверсивное управление асинхронными электродвигателями осуществляется изменением чередования фаз трехфазной электрической сети.

Для реализации реверсивного управления потребуются два электромагнитных пускателя один из которых КМ1 подключает напряжение сети к обмотке статора электродвигателя с чередованием фаз А-В-С, а второй КМ2 изменяет чередование фаз в последовательности С-В-А.

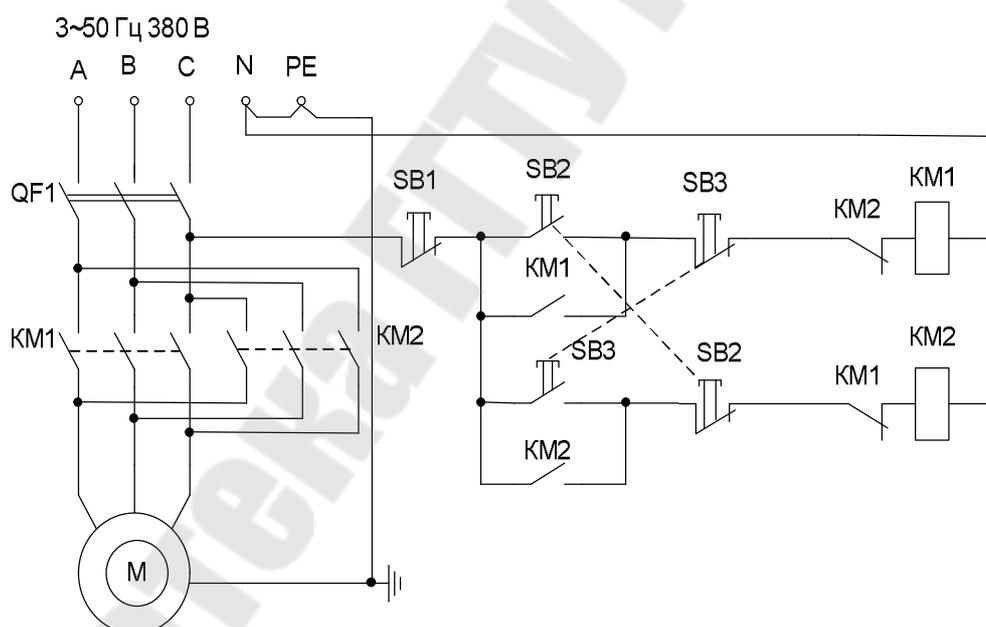


Рис. 6.1. Схема электрическая принципиальная реверсивного управления асинхронным электродвигателем

6.3 Задание для выполнения работы

1. Вычертить схему реверсивного управления асинхронным двигателем (рис. 6.1).
2. Пояснить работу схемы и назначение блокировок, используемых при реверсивном управлении.

Практическая работа 7

ВЫБОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

7.1. Цель работы

1. Изучить условия выбора электромагнитных пускателей, плавких предохранителей, электротепловых реле, автоматических выключателей
2. Произвести расчет параметров и выбрать аппараты управления и защиты.

7.2. Теоретические сведения

Защита электроприемников и электрической сети

Согласно [1] для защиты электродвигателей от коротких замыканий (КЗ) должны применяться предохранители или автоматические выключатели. Номинальные токи плавких вставок предохранителей или автоматических выключателей должны выбираться таким образом, чтобы обеспечивалось надежное отключение КЗ на зажимах электродвигателя и вместе с тем, чтобы электродвигатели при номинальных для данной установки толчках тока (пиках технологических нагрузок, пусковых токах, токах самозапуска и т.п.) не отключались этой защитой. С этой целью для электродвигателей механизмов с легкими условиями пуска отношение пускового тока электродвигателя к номинальному току плавкой вставки должна быть не более 2,5, а для электродвигателей механизмов с тяжелыми условиями пуска (большая длительность разгона, частые пуски и т.п.) это отношение должно быть равным 1,6...2,0.

Электродвигатели должны иметь аппараты, защищающие их при междуфазном коротком замыкании, однофазном замыкании на корпус, перегрузке, понижении или исчезновении напряжения.

При защите электроприемников необходимо учитывать защиту и электрической сети. Согласно [1] электрические сети распределяются на две группы: 1) защищаемые от токов перегрузки и токов короткого замыкания; 2) защищаемые только от токов короткого замыкания.

Защита от коротких замыканий выполняется обязательно для всех электродвигателей (электроприемников) и электрических сетей.

Защита от перегрузки выполняется для электродвигателей продолжительного режима работы, за исключением случаев когда такая перегрузка маловероятна (электродвигатели вентиляторов, насосов и т. п.).

Для электродвигателей, работающих в повторнократковременном режиме, например, грузоподъемные механизмы, защита от перегрузки не выполняется.

Защите от перегрузки подлежат сети:

внутри помещений, проложенные открыто незащищенными изолированными проводниками и с горючей оболочкой;

внутри помещений, проложенные защищенными проводниками в трубах, в несгораемых строительных конструкциях и т. п.;

осветительные в жилых, общественных и торговых помещениях, служебных, бытовых помещениях промышленных предприятий, включая сети бытовых и переносных электроприемников, а также в пожароопасных производственных помещениях;

в промышленных предприятиях, в жилых и общественных зданиях, в торговых помещениях, когда по условиям технологического процесса или режиму работы сети может возникать длительная перегрузка проводов и кабелей;

всех видов во взрывоопасных наружных установках независимо от условий технологического процесса или режима работы сети.

Все остальные сети не требуют защиты от перегрузки и защищаются только от токов короткого замыкания.

Аппараты, установленные для защиты от коротких замыканий и перегрузки, должны быть выбраны так, чтобы номинальный ток каждого из них $I_{\text{ном. з.а}}$ был не менее номинального тока электродвигателя (электроприемника) $I_{\text{ном}}$ или расчетного тока $I_{\text{расч}}$, рассматриваемого участка сети:

$$I_{\text{ном. з.а}} \geq I_{\text{ном}} (I_{\text{расч}}), \quad (7.1)$$

где $I_{\text{ном}}$ – номинальный ток электродвигателя, определяемый по паспортным данным электродвигателя (электроприемника), А;

$I_{\text{расч}}$ – расчетный ток электроприемника, определяемый по формулам:

$$\text{для трехфазной сети с нулем} - I_{\text{расч}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi};$$

$$\text{для однофазной сети} - I_{\text{расч}} = P_{\text{ном}} / U_{\text{ном}} \cos\varphi;$$

$$\text{для сети постоянного тока} - I_{\text{расч}} = P_{\text{ном}} / U_{\text{ном}}.$$

7.3 Задание для выполнения работы

1. Выбрать плавкие предохранители для защиты асинхронного электродвигателя серии 4А (серия электродвигателя и предохранителя приведены в таблице 7.1 по варианту задания).

2. Пояснить конструкцию и способ гашения электрической дуги плавких предохранителей (серия предохранителя указана в таблице 7.3 по варианту задания).

Таблица 7.1

Исходные данные

Данные	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Серия электродвигателя	4A200M4У3	4A180M4У3	4A180S4У3	4A160S4У3	4A12M4У3	4A132S4У3	4A112M4У3	4A100L4У3	4A90L4У3	4A80A4У3
Серия предохранителя	ПН2	ПН2	ПР2	ПР2	ПН2	НПН2	ПР2	НПН2	ПР2	НПН2

Условия выбора плавких вставок предохранителей

Для электродвигателей, работающих в продолжительном режиме, величина тока плавкой вставки $I_{\text{ном.пл.вст}}$ предохранителя должна удовлетворять условию:

$$I_{\text{ном.пл.вст}} \geq I_{\text{кр}} / \alpha, \quad (7.2)$$

где $I_{\text{кр}}$ – кратковременный ток группы электродвигателей (для одиночного электродвигателя $I_{\text{кр}} = I_{\text{пуск}}$), А;

α – коэффициент, учитывающий условия пуска и длительность пускового периода;

$\alpha = 2,5$ – условия пуска нормальные, время разгона более 2...2,5 до 5 с;

$\alpha = 1,6...2,0$ – условия пуска тяжелые, время разгона до 40 с (мощные вентиляторы, компрессоры, насосные установки, прессы, дробилки и другие технологические установки).

Максимальный кратковременный ток $I_{\text{кр}}$ для группы электродвигателей можно определить по выражению:

$$I_{\text{кр}} = I_{\text{пуск.мах}} + \sum I_{\text{ном}}, \quad (7.3)$$

где $I_{\text{пуск.мах}}$ – пусковой ток наибольшего по мощности электродвигателя в группе, А

$\sum I_{\text{ном}}$ – сумма номинальных токов группы электродвигателей, кроме тока номинального пускаемого электродвигателя в группе, А.

Пусковой ток асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором можно определить по формуле:

$$I_{\text{пуск}} = \frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{ном}}} \cdot I_{\text{ном.дв}}, \text{ А}, \quad (7.4)$$

где $I_{\text{пуск}}/I_{\text{ном}}$ – кратность пускового тока, определяется по техническим данным электродвигателей.

Пример 1. Выбрать плавкие предохранители серии ПН2 для защиты электрической сети к асинхронному электродвигателю с короткозамкнутым ротором серии 4А160S2У3 от токов короткого замыкания.

Технические данные электродвигателя: $P_{\text{ном}} = 15 \text{ кВт}$; $I_{\text{ном}} = 28,5 \text{ А}$; $n_{\text{ном}} = 2940 \text{ об/мин}$; $I_{\text{пуск}}/I_{\text{ном}} = 7,0$; условия пуска нормальные.

Решение: Выбор плавкой вставки предохранителя производится по условию 7.2, для этого необходимо определить пусковой ток

$$I_{\text{пуск}} = 28,5 \cdot 7 = 199,5 \text{ А}$$

$$I_{\text{ном.пл.вст.}} = 199,5/2,5 = 79,8 \text{ А}$$

Следовательно, условию 7.2 удовлетворяет плавкая вставка на номинальный ток $I_{\text{ном}} = 80 \text{ А}$, так как $80 \text{ А} > 79,8 \text{ А}$.

Запись выбранных предохранителей производится следующим образом: записывается тип предохранителя, ток номинальный основания (патрона), номинальный ток плавкой вставки, например, ПН2-100/80 А.

Задание 2

1. Выбрать тепловое реле для защиты электродвигателя (серия электродвигателя и аппаратов управления и защиты приведены в таблице 7.2 по варианту задания)

2. Пояснить конструкцию и принцип действия электротеплового реле.

Режим работы электродвигателей – продолжительный, условия пуска – нормальные.

Таблица 7.2

Исходные данные

Данные аппаратов	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Серия электродвигателя	4A250S8Y3	4A225M8Y3	4A200M8Y3	4A180M8Y3	4A160M8Y3	4A160S8Y3	4A132M8Y3	4A112MB8Y	4A112S8Y3	4A100L8Y3
Серия теплового реле	РТЛ	РТЛ	ТРП	ТРН	ТРН	ТРН	РТЛ	РТЛ	РТЛ	ТРН

Условия выбора тепловых реле

Тепловые реле для защиты электродвигателей от длительной перегрузки выбираются по номинальному току электродвигателя по условию:

$$I_{\text{ном.т.р.}} \geq I_{\text{ном.}} \quad (7.5)$$

Пример 2. Выбрать тепловое реле для защиты электродвигателя от перегрузки.

Решение: Ток номинальный электродвигателя равен 28,5 А, следовательно согласно условию 7.5 удовлетворяет тепловое реле серии РТЛ – 2053 на ток номинальный уставки 32 А с пределами регулирования тока уставки в диапазоне 23...32 А.

$$32 \text{ А} > 28,5 \text{ А}$$

Задание 3

1. Выбрать автоматический выключатель для защиты электродвигателя. Серия электродвигателей приведены в таблице 7.3.

2. Пояснить конструкцию и принцип действия расцепителей автоматического выключателя.

Таблица 7.3

Исходные данные

Данные	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Серии электродвигателей	4A80B6У3	4A90L6У3	4A100L6У3	4A132S6У3	4A132M6У3	4A160S6У3	4A160M6У3	4A180M6У3	4A200M6У3	4A225M6У3
Серии автоматических выключателей	ВА51	АЕ	ВА47	АП50Б	ВА51	ВА47	АЕ	ВА51	АЕ	ВА47

3. Условия выбора автоматических выключателей

Автоматические выключатели выбираются по двум условиям:

$$1. I_{\text{ном.т.р.}} \geq 1,15 I_{\text{ном}} ; \quad (7.6)$$

$$2. I_{\text{ср.э.м.р. (отсечка)}} \geq (1,15) I_{\text{пуск}} , \quad (7.7)$$

где $I_{\text{ном.т.р.}}$ – номинальный ток уставки теплового расцепителя, А;

$I_{\text{ср.э.м.р. (отсечка)}}$ – ток срабатывания электромагнитного расцепителя (отсечка), А.

Пример 4. Выбрать автоматический выключатель серии ВА для защиты электродвигателя.

Серия электродвигателя приведена в таблице 7.3.

Решение: Номинальный ток электродвигателя равен 6,6 А, следовательно согласно условию 7.6 удовлетворяет автоматический выключатель серии ВА 51Г-25 на ток номинальный уставки 8 А.

$$8A > 6,6A$$

После выбора автоматического выключателя следует проверить, не сработает ли расцепитель от пускового тока при пуске двигателя по условию 7.7

$$8 \cdot 10 > 5,7 \cdot 5,5 \cdot 1,25$$

$$80A > 39,2A ,$$

так как электромагнитный расцепитель настроенный на ток 80А, больше пускового тока 39,2 А, то выбранный автоматический выключатель удовлетворяет условиям выбора.

Выбираем автоматический выключатель серии ВА 51Г-25 на номинальный ток 25А с уставкой теплового расцепителя на ток 8,0 А.

Практическая работа 8

БЕСКОНТАКТНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

8.1 Цель работы

Изучить схемы электрические принципиальные бесконтактных контакторов на основе полупроводников и логических элементах

8.2 Теоретические сведения

Существенным недостатком элементов электромагнитной аппаратуры, коммутирующих электрические цепи, является низкая надежность контактов. Коммутация больших значений тока связана с возникновением электрической дуги между контактами в момент размыкания, которая вызывает их нагрев, оплавление и, как следствие, выход аппарата из строя.

В установках с частым включением и отключением силовых цепей ненадежная работа контактов коммутирующих аппаратов отрицательно сказывается на работоспособности и производительности всей установки. Бесконтактные электрические коммутирующие аппараты лишены указанных недостатков.

Бесконтактными электрическими аппаратами называют устройства, предназначенные для включения и отключения (коммутации) электрических цепей без физического разрыва самой цепи. Основой для построения бесконтактных аппаратов служат различные нелинейные элементы: ферромагнитные сердечники с обмотками, полупроводниковые приборы (транзисторы, тиристоры) интегральные микросхемы, оптоэлектронные приборы.

Тиристорный однополюсный контактор

Для включения контактора рис 8.1 и подачи напряжения на нагрузку должны замкнуться контакты K в цепи управления тиристоров $VS1$ и $VS2$. Если в этот момент на зажиме 1 положительный потенциал (положительная полуволна синусоиды переменного тока), то на управляющий электрод тиристора $VS1$ будет подано через резистор $R1$ и диод $VD1$ положительное напряжение. Тиристор $VS1$ откроет-

ся и через нагрузку R_H пойдет ток. При смене полярности напряжения сети откроется тиристор $VS2$, таким образом, нагрузка будет подключена к сети переменного тока. При отключении контактами K размыкаются цепи управляющих электродов, тиристоры закрываются и нагрузка отключается от сети.

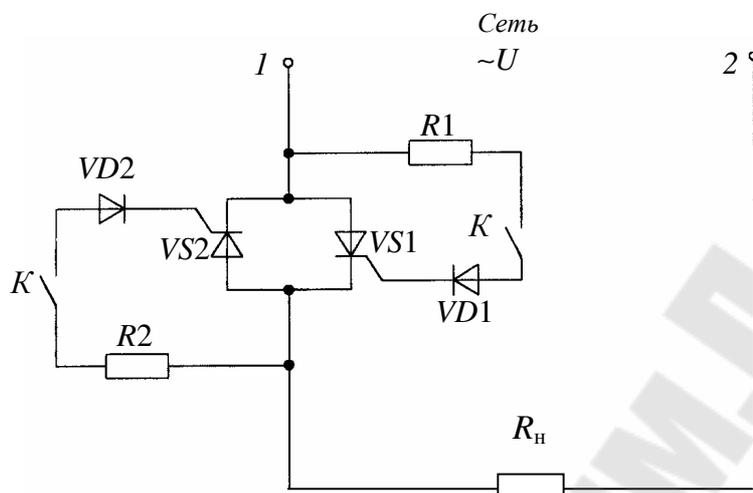


Рис. 8.1. Схема электрическая однополюсного контактора

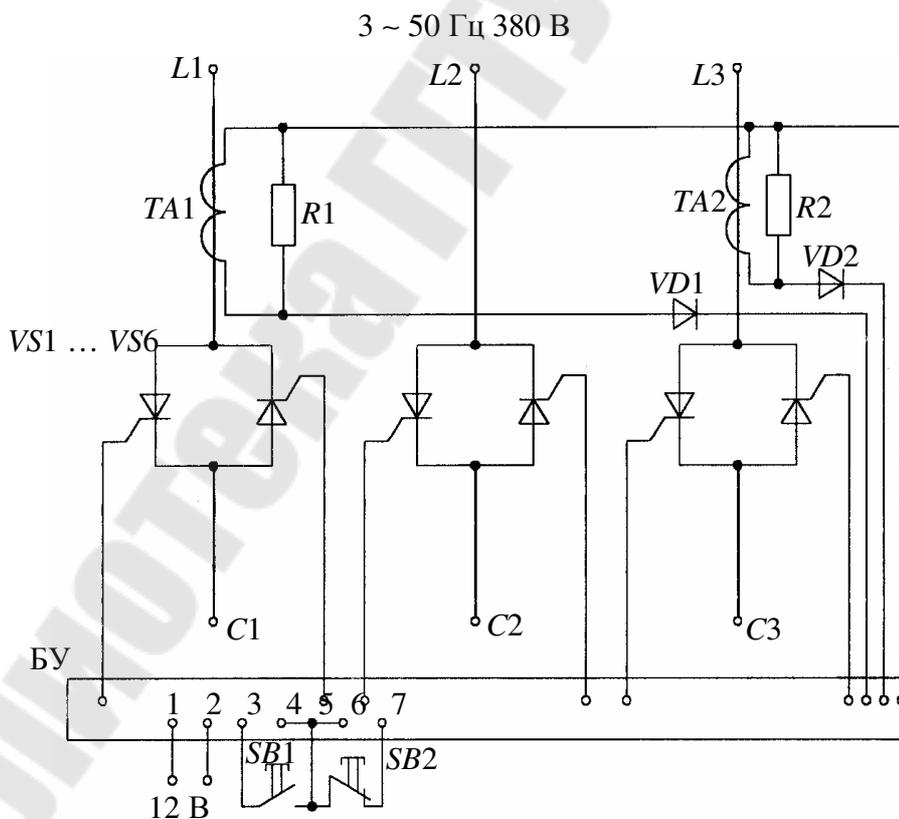


Рис. 8.2. Схема бесконтактного трехполюсного пускателя на тиристорах серии ПТ

Тиристорные пускатели. Для включения, отключения, реверсирования в схемах управления асинхронными электродвигателями разработаны тиристорные трехполюсные пускатели серии ПТ (рис. 8.2). Пускатель трехполюсного исполнения в схеме имеет шесть тиристоров $VS1...VS6$, включенных по два тиристора на каждый полюс. Включение пускателя осуществляется посредством кнопок управления $SB1$ «Пуск» и $SB2$ «Стоп».

Схема тиристорного пускателя предусматривает защиту электродвигателя от перегрузки, для этого в силовую часть схемы установлены трансформаторы тока $TA1$ и $TA2$, вторичные обмотки которых включены в блок управления тиристорами.

Бесконтактные логические элементы

В любой электрической схеме управления можно рассмотреть логическую взаимосвязь между ее элементами. Например, если проанализировать схему реверсивного управления с помощью магнитных пускателей, можно обнаружить, что необходимым условием одного из пускателей является отключенное состояние другого. Эта логическая связь осуществляется размыкающими контактами магнитных пускателей.

В некоторых схемах логическая связь объединяет несколько элементов. На рис. 8.3 приведены схемы включения реле. Необходимым условием включения реле K является одновременное замкнутое состояние контактов $K1$ и $K2$ (рис. 7.3, *а*), а для включения реле K в схеме (рис. 7.3, *б*) достаточно замыкания $K1$ или $K2$. В первом случае выполняется логическая связь «И», а во втором случае логическая связь «ИЛИ».

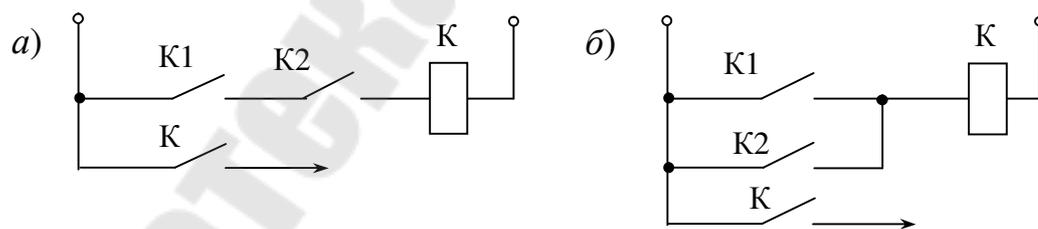


Рис. 8.3. Схемы включения реле: *а*) при замыкании контактов $K1$ и $K2$; *б*) при замыкании контактов $K1$ или $K2$

В основу логических элементов заложены наиболее часто встречающиеся в электрических схемах логические связи. Логические элементы получили свои названия по осуществляемым ими логическим связям. Различают основные и дополнительные логические элементы.

К основным относятся элементы, выполняющие логические связи И, ИЛИ, НЕ и их комбинации ИЛИ – НЕ, И – НЕ.

Логические элементы имеют один или несколько входов и один выход. Логический элемент И характеризуется тем, что сигнал на его выходе появляется только при одновременной подаче сигналов на все входы. В логическом элементе ИЛИ сигнал на выходе появляется при подаче сигнала хотя бы на один из его входов. Элементы Ии ИЛИ имеют не менее двух входов. Элемент НЕ имеет один вход.

Логические элементы применяются в схемах управления в качестве промежуточных элементов. Они выполняют различные элементарные операции, позволяющие получить нужную последовательность включения исполнительных элементов схемы.

Логические элементы выполняют те же функциональные операции, что и электромагнитные контактные реле. Они имеют два устойчивых состояния – «включено» и «выключено», которые обозначаются соответственно цифрами 1 и 0. Для электромагнитного реле цифра 1 обозначает замкнутое состояние контакта, а цифра 0 – разомкнутое. Для бесконтактного логического элемента цифра 1 указывает на наличие напряжения на его выходе, а цифра 0 – на отсутствие напряжения. Аналогично обозначаются и входные сигналы логических элементов буквой X , а выходные – Y .

Логический элемент ИЛИ. Выполняет функциональную операцию логическое сложение. Сигнал на выходе элемента появляется при наличии хотя бы одного входного сигнала – X_1 или X_2 . Операция ИЛИ может выполняться для любого количества входных сигналов. Эту функцию можно реализовать в виде логического сложения $Y = X_1 + X_2$. Тогда для различных сочетаний входных контактов – замкнутого (логическая 1) или разомкнутого (логический 0) – имеем: $0 + 0 = 0$, $0 + 1 = 1$, $1 + 0 = 1$, $1 + 1 = 1$ (чисто логическое сложение).

Логический элемент И. Выполняет функциональную операцию логическое умножение. Сигнал на выходе элемента $Y = 1$ появляется только в том случае, когда оба входных сигнала равны 1. В остальных случаях $Y = 0$.

Логический элемент НЕ. Выполняет функциональную операцию отрицания или инвертирования. При наличии входного сигнала $X_1 = 1$ выходной сигнал отсутствует ($Y = 0$), а при отсутствии входного сигнала ($X = 0$) выходной сигнал $Y = 1$.

Логический элемент ИЛИ – НЕ. В этом комбинированном элементе при наличии хотя бы одного сигнала на входе ($X_1, X_2 = 1$ сигнал на выходе $Y = 0$, а при отсутствии входных сигналов (X_1, X_2) $Y = 1$. Кроме рассмотренных примеров логические элементы могут

выполнять запоминание определенного уровня входного сигнала (операция «ПАМЯТЬ»), блокировку (операция «ЗАПРЕТ»), выдержку времени на включение и отключение, и другие функции.

Наиболее простым способом проектирования схем управления на логических элементах является перевод предварительно составленной релейно-контакторной схемы в бесконтактный аналог заменой сочетаний контакторов и реле эквивалентными бесконтактными логическими элементами. Логические функции можно реализовать на полупроводниковых элементах диодных, транзисторных или диодно-транзисторных в обычном или интегральном исполнении.

На рисунке 8.4 показан узел схемы управления нереверсивным электроприводом с использованием бесконтактных логических элементов.

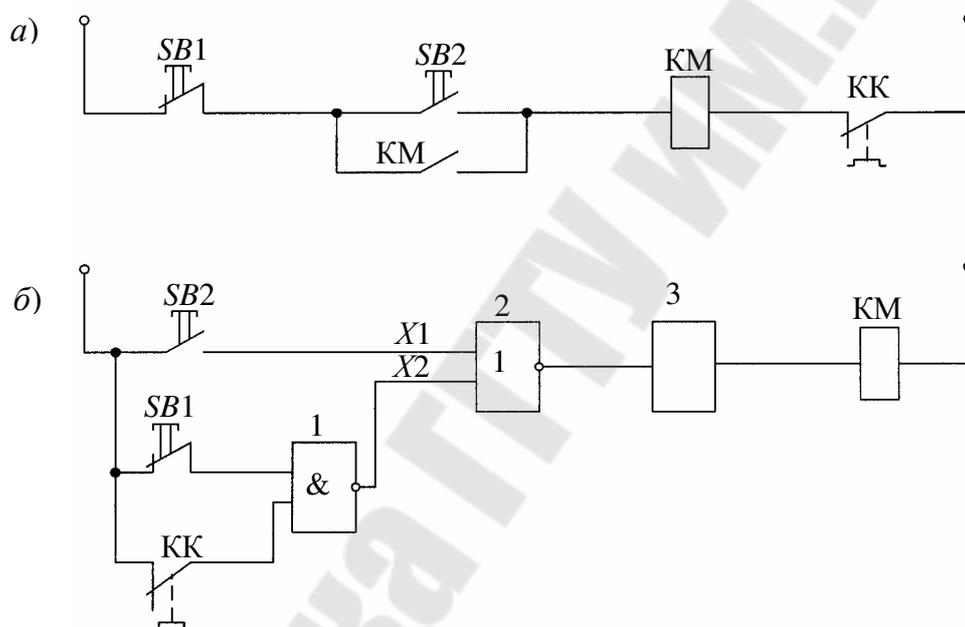


Рис. 8.4. Узел схемы управления нереверсивным электроприводом:
 а) релейно-контакторный эквивалент; б) на бесконтактных логических элементах

В исходном состоянии сигналы:

$X1$ – на входе элемента 2 (триггер),

$X2$ – на выходе элемента 1 (И – НЕ);

Y – на выходе элемента 3 (усилителя) – равны нулю. Следовательно, контактор KM отключен.

При нажатии на кнопку $SB2$ появляется сигнал $X1$ на входе элемента 2, триггер открывается и пропускает этот сигнал через усилитель на катушку контактора. Контактор срабатывает и подключает электродвигатель к сети.

Отключение электродвигателя от сети осуществляется нажатием на кнопку *SB1* или при размыкании контакта *KK* электротеплового реле. При этом триггер переключается и на его выходе устанавливается нулевой сигнал. В результате размыкается цепь питания катушки контактора.

8.2 Задание для выполнения работы

1 Вычертить схемы управления изображенные на рисунках 8.1, 8.2, 8.3, 8.4.

2 Пояснить работу схем и назначение элементов входящих в схему.

ЛИТЕРАТУРА

1. ПУЭ ТКП 339-2011. – Электроустановки на напряжение до 750 кВ – Мн.: Минэнерго, 2011. – 592 с.
2. Александров К.К., Кузмина Е.Г. Электрические чертежи и схемы. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
3. Чунихин А.А. Электрические аппараты. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 648 с.
4. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
5. Елкин В.Д., Елкина Т.В. Электрические аппараты.– Мн.: ДизайнПРО, 2003.
6. Воронин, П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение / И.А. Воронин. – Москва: Додэка-XXI, 2005. – 380 с.
7. Электрические измерения. / под ред. В.Н. Малиновского, - Москва: Энергоатомиздат, - 1985. – 313 с.

Елкин Валерий Дмитриевич

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

**Практикум
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-43 01 07
«Техническая эксплуатация
энергооборудования организаций»
дневной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 04.11.19.

Рег. № 16Е.

<http://www.gstu.by>