

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

---

---

**Кафедра механизации животноводства  
и электрификации сельскохозяйственного производства**

**ИЗУЧЕНИЕ АППАРАТУРЫ  
АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ  
(МАГНИТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ  
И ТЕПЛОВЫЕ РЕЛЕ)**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ»**

**Для студентов специальностей**

**1-74 06 01 – техническое обеспечение процессов  
сельскохозяйственного производства,**

**1-74 06 06 – материально-техническое обеспечение АПК  
и 1-74 06 04 – техническое обеспечение мелиоративных  
и водохозяйственных работ**

**Горки 2005**

Составили: И.А. ГАЙШУН, И. В. ДУБЕНЬ.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и порядок выполнения работы .....	3
2. Магнитные пускатели .....	3
3. Тепловые реле .....	8
4. Правила подбора аппаратуры автоматического управления .....	14
5. Объект и средства исследования .....	16
6. Рабочее задание и методические указания по его выполнению .....	16
Литература .....	19

УДК 631.171 : 636 (072)

**Изучение аппаратуры автоматического управления (магнитные пускатели и тепловые реле):** Методические указания / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; Сост. И.А. Г а й ш у н , И . В . Д у б е н ь . Горки, 2005. 20 с.

Приведены основные положения по выбору магнитных пускателей и тепловых реле, типичные схемы управления асинхронными короткозамкнутыми электродвигателями, форма отчета, методика обработки опытных данных.

Для студентов специальностей 1-74 06 01 – техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства, 1-74 06 06 – материально-техническое обеспечение АПК и 1-74 06 04 – техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ.

Табл. 4. Рис. 6. Библиогр. 4.

Рецензент канд. техн. наук, доцент Л.И. КУМАЧЁВ.

©Составление. И.А. Гайшун,  
И.В. Дубень, 2005

©Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2005

## 1. ЦЕЛЬ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Целью работы является изучение устройства, принципа действия и правил выбора магнитных пускателей и тепловых реле, экспериментальное исследование основных электрических параметров магнитного пускателя и простейших схем управления трехфазным асинхронным электродвигателем. При выполнении лабораторной работы необходимо:

1) ознакомиться с основными паспортными данными электродвигателя, магнитных пускателей, тепловых реле и измерительных приборов, имеющихся на рабочем месте;

2) изучить устройство магнитных пускателей и тепловых реле, определить число главных контактов, род и число блок-контактов, номинальные токи, напряжение катушки и аппарата в целом;

3) собрать схему для испытания магнитного пускателя и определить данные для построения его вольт-амперной характеристики;

4) собрать и опробовать схемы нереверсивного и реверсивного управления короткозамкнутого асинхронного электродвигателя;

5) изучить правила подбора и настройки магнитного пускателя и теплового реле для трехфазных асинхронных электродвигателей.

## 2. МАГНИТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ

Магнитные пускатели предназначены для автоматического и полуавтоматического дистанционного управления трехфазными электродвигателями и другими электроустановками мощностью до 100 кВт при напряжении питания до 660 В и частоте включения 600...1200 раз в час. Они выполняют следующие функции:

– коммутационные переключения (включение, отключение, реверсирование, торможение, переключение схемы соединения фаз);

– защиту от снижения или исчезновения напряжения (нулевая защита);

– защиту от небольших, но длительных перегрузок (при наличии теплового реле);

– защиту от самозапуска при кратковременном снятии напряжения (нулевая блокировка).

В то же время магнитные пускатели не защищают электроустановку от токов короткого замыкания.

Различаются магнитные пускатели по назначению, величине или габариту (передаваемой мощности), способу управления электродвигателем (реверсивные и нереверсивные), по роду защиты от окружающей среды (открытые, защищенные, пылеводонепроницаемые), наличию теплового реле, числу и роду блок-контактов, номинальному напряжению втягивающей катушки.

Основным элементом магнитного пускателя является силовой трехполюсный контактор с прямоходовой или откидной электромагнитной системой (рис. 1), которая состоит из катушки 6, сердечника 7 и якоря 8. В Ш-образной магнитной системе (рис. 1, а) втягивающая катушка 6 размещается на среднем керне сердечника 7.

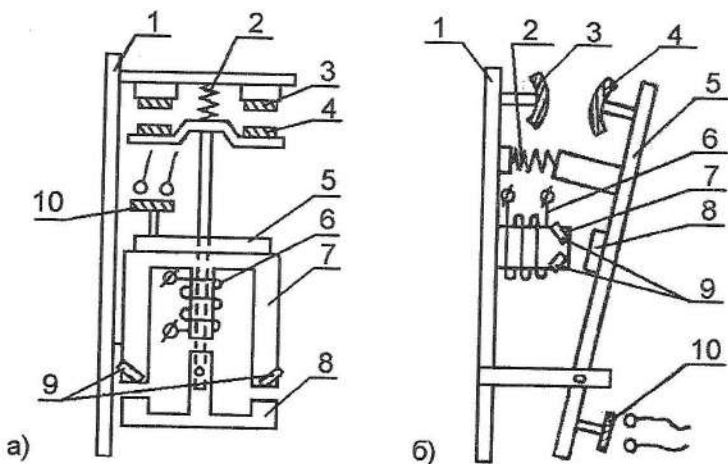


Рис. 1. Устройство магнитных пускателей с прямоходовой Ш-образной (а) и поворотнорычажной П-образной (б) магнитными схемами: 1 – основание; 2 – пружина; 3 – неподвижный контакт; 4 – подвижный контакт; 5 – траверса; 6 – катушка; 7 – сердечник; 8 – якорь; 9 – короткозамкнутый виток; 10 – мостик блок-контактов.

При П-образной форме сердечника (рис. 1, б) электромагнит выполняется в виде двух последовательно соединенных катушек. Якорь шарнирно соединен с изоляционной траверсой 5, на которой закреплены подвижные мостики главных контактов 4. Шток якоря опирается на

пружины 2, служащие для смягчения ударов при замыкании магнитной системы включающегося пускателя.

Магнитная система пускателей переменного тока собрана из отдельных листов электротехнической стали. Так как катушка пускателя питается переменным током, в магнитопроводе возникает пульсирующий магнитный поток. Для устранения вибрации, износа якоря и подгорания главных контактов торец сердечника в области прилегания к нему якоря разрывают и часть его охватывают демпферным короткозамкнутым витком из меди или латуни. В короткозамкнутом витке переменный магнитный поток индуцирует э.д.с., и протекающий по нему ток создает свой магнитный поток, сдвинутый по фазе по отношению к основному. Таким образом, в воздушном зазоре возникают два магнитных потока, сдвинутых по фазе. Их сумма в любой момент не равна нулю, следовательно, сила притяжения электромагнита не уменьшается до нуля, что устраняет вибрацию магнитной системы.

Ток катушки электромагнита переменного тока зависит главным образом от величины ее индуктивного сопротивления. В отключенном состоянии электромагнита воздушный зазор между якорем и сердечником велик, поэтому индуктивное сопротивление катушки мало. При включении в сеть по катушке протекает большой пусковой ток, в 10...20 раз превышающий значение рабочего тока при малом воздушном зазоре, вследствие чего при частых включениях катушка может перегреваться. Это обстоятельство ограничивает допустимую частоту включения электромагнитов переменного тока.

Контакты магнитных пускателей подразделяются на главные (силовые) и блок-контакты (блокировочные или вспомогательные). Главные контакты предназначены для замыкания и размыкания силовых цепей, по которым протекают токи нагрузки электродвигателей и других потребителей. Главные контакты, предназначенные для разрыва электрической цепи под нагрузкой, оснащаются дугогасящим устройством. Контакты без дугогасящих устройств применяются в основном для шунтирования пусковых и других сопротивлений (без разрыва электрической цепи). Блок-контакты бывают замыкающие и размыкающие, они предназначены для коммутирования цепей управления и сигнализации и поэтому рассчитаны на небольшие номинальные токи (6...10 А).

В качестве органов управления могут использоваться встроенные и внешние кнопки и переключатели, внешние командоконтроллеры и реле управления. Встроенные кнопки («Пуск» и «Стоп» на нереверсивных пускателях; «Вперед», «Назад» и «Стоп» на реверсивных, «Реле» для возврата теплового реле после его срабатывания) размещают на

кожухе или оболочке магнитных пускателей защищенного и пылевлаго-непроницаемого исполнений.

**Реверсивные магнитные пускатели** состоят из двух одинаковых контакторов, укрепленных на общем основании и электрически заблокированных (посредством размыкающих контактов) так, что предотвращается одновременное включение обоих контакторов. Кроме того, реверсивные магнитные пускатели могут иметь и механическую блокировку, которая предотвращает одновременное нажатие кнопок «Вперед» и «Назад».

По защищенности от воздействия окружающей среды магнитные пускатели бывают открытые (без кожуха или оболочки), защищенные, пылеводонепроницаемые. Они рассчитаны для работы при температуре окружающего воздуха от  $-40$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности не более 90 %. Пускатели защищенного исполнения имеют металлический или пластмассовый кожух со съемной крышкой. Металлическая оболочка пускателей пылеводонепроницаемого исполнения имеет специальные резиновые уплотнения, предотвращающие попадание внутрь влаги и пыли.

В настоящее время наиболее широкое применение получили магнитные пускатели общепромышленного назначения серий ПМЕ и ПАЕ, менее распространены пускатели серий ПА, ПМА, ПМЛ, ПМС и малогабаритные серий Пб, ПНВ (табл. 1). Контактors серий ПМЕ, ПМЛ, ПМС, ПМА имеют прямоходовую Ш-образную или П-образную электромагнитную систему, контакторы серий ПАЕ и ПА – поворотную конструкцию (рис. 1, б).

В отличие от контакторов, которые всегда выпускаются с открытой схемой соединений, магнитные пускатели имеют собранную внутреннюю схему. Поэтому прежде чем присоединять внешние провода от сети к электродвигателю и к кнопкам управления, необходимо ознакомиться с его внутренней схемой соединений.

**Маркировка магнитных пускателей серий ПМЕ и ПАЕ** расшифровывается следующим образом:

– первая цифра после буквенного обозначения серии – величина (габарит) по передаваемой мощности и силе тока главных контактов (табл. 1);

– вторая цифра – исполнение по защищенности от воздействия окружающей среды (1 – открытое, 2 – защищенное, 3 – пылебрызгозащищенное, 4 – пылевлаго-непроницаемое);

– третья цифра – наличие реверса и теплового реле (1 – неререверсивный без теплового реле, 2 – неререверсивный с тепловым реле, 3 – реверсивный без теплового реле, 4 – реверсивный с тепловым реле).

Т а б л и ц а 1. Основные технические данные магнитных пускателей

Величина пускателя		0	1	2	3	4	5	6	7	
Тип	ПМЕ	$I_n, \text{A}$	4	10	25	–	–	–	–	–
		$P, \text{кВт}$	1	4	10	–	–	–	–	–
	ПАЕ	$I_n, \text{A}$	–	–	–	40	63	100	160	–
		$P, \text{кВт}$	–	–	–	17	30	55	75	–
	ПА	$I_n, \text{A}$	–	–	–	40	63	100	160	–
		$P, \text{кВт}$	–	–	–	17	30	55	75	–
	ПМА	$I_n, \text{A}$	–	–	–	40	63	100	160	–
		$P, \text{кВт}$	–	–	–	17	30	55	75	–
	ПМЛ	$I_n, \text{A}$	–	10	25	40	63	80	125	200
		$P, \text{кВт}$	–	4	10	17	30	40	55	100
	ПМС	$I_n, \text{A}$	–	10	25	40	63	100	160	–
		$P, \text{кВт}$	–	4	10	17	30	55	75	–

**Маркировка пускателей серии ПМА** расшифровывается следующим образом:

– первая цифра – величина по передаваемой мощности (табл. 1);

– вторая цифра – исполнение по назначению, наличию теплового реле, автоматической позисторной защиты (АПЗ) или встроенной температурной защиты (УВТЗ): 1 – без реле, неререверсивный; 2 – с реле, неререверсивный; 3 – без реле, реверсивный с электрической блокировкой; 4 – с реле, реверсивный с электрической блокировкой; 5 – без реле, реверсивный с электрической и механической блокировками; 6 – с реле, реверсивный с электрической и механической блокировками; 7 – неререверсивный с АЗП; 8 – реверсивный с АЗП и механической блокировкой; 9 – неререверсивный с УВТЗ-1М; 0 – реверсивный с электрической и механической блокировками и УВТЗ-1М;

– третья цифра – степень защиты и наличие кнопок: 0 – IP00 без кнопок; 1 – IP40 без кнопок; 2 – IP54 без кнопок; 3 – IP40 с кнопками «Пуск» и «Стоп»; 4 – IP54 с кнопками; 5 – IP40 с кнопками и сигнальной лампой; 6 – IP54 с кнопками и сигнальной лампой;

– четвертая цифра (0...9) – исполнение по роду тока цепи управления (постоянный, переменный), напряжению главной цепи (380...660 В) и числу блок-контактов;

– следующие буквы и цифры – климатическое исполнение (У, УХЛ, Т), категория размещения (2...4) и исполнение по износостойкости (А, Б, В).

### 3. ТЕПЛОВЫЕ РЕЛЕ

Тепловые реле служат для защиты электродвигателей от небольших, но длительных перегрузок (примерно до 50 % номинальной величины). Тепловые перегрузки могут возникнуть из-за прохождения по обмоткам токоприемника повышенных токов, перегрузок рабочего механизма по технологическим причинам, из-за тяжелых условий пуска под нагрузкой, длительного понижения напряжения сети, обрыва одной из фаз сети, повреждения рабочего механизма. Они вызывают ускоренное старение и разрушение изоляции, что приводит к коротким замыканиям и выходу из строя электродвигателей.

Основное требование к тепловой защите заключается в следующем: она должна срабатывать при перегрузках электродвигателя свыше 20 % в течение не более 20 минут с момента достижения установившейся температуры в результате нагрева номинальным током, который принимается по защитной характеристике теплового реле (рис. 2). Хорошо отрегулированное реле защищает трехфазный электродвигатель также от работы на двух фазах или однофазном режиме.

Основным рабочим органом тепловых реле является термобиметаллическая пластина, способная изгибаться при нагреве. Она состоит из двух прочно соединенных между собой разнородных металлов, обладающих различными коэффициентами температурного расширения. В качестве термостойкого металла используются сплавы инвар ЭН-36 или Н-42, в качестве термоактивного – сталь, латунь, константан.

По способу нагрева биметаллической пластины различают тепловые реле с прямым, косвенным и комбинированным нагревом. В реле прямого действия нагрев биметаллической пластины происходит при прохождении по ней тока нагрузки (их называют также тепловыми расцепителями). В реле косвенного действия нагрев пластинки происходит от расположенного в непосредственной близости нагревательного элемента, выполненного из нихрома или константана. Комбинированный нагрев сочетает оба вышеназванных способа.

Температурный компенсатор выполнен из биметалла с обратным прогибом по отношению к основному термоза элементу. Благодаря компенсатору работа реле почти не зависит от окружающей температуры.

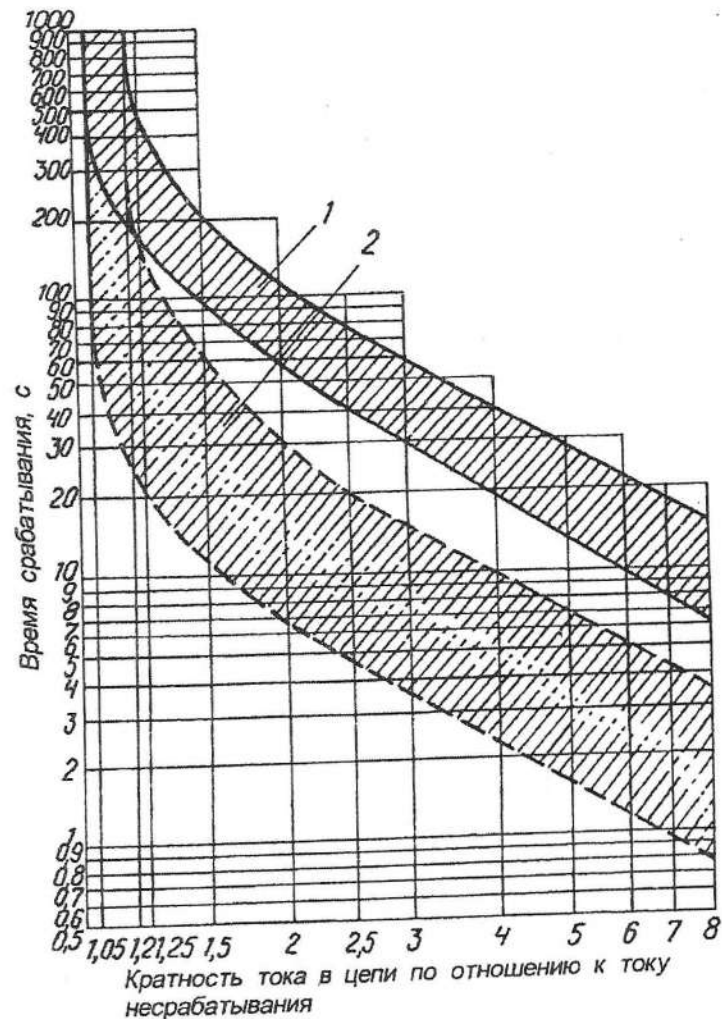


Рис. 2. Защитная характеристика теплового реле типа ТРН:  
1 – при срабатывании с холодного состояния; 2 – при срабатывании с горячего состояния (после прогрева током несрабатывания).

Широкое распространение получили тепловые реле серий ТРН, ТРП, РТТ и РТЛ.

**Тепловые реле типа ТРН** – двухполюсные с температурной компенсацией, ручным возвратом и сменными нагревателями. Они выпускаются только в открытом исполнении. Нагрев биметаллической пластинки в реле ТРН-10, ТРН-25, ТРН-40 – косвенный, в реле ТРН-10А – комбинированный. Сменные нагревательные элементы рассчитаны на следующие номинальные токи:

ТРН-8, ТРН-10А – 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,25; 1,6; 2,6; 2,5; 3,2 А;

ТРН-10 – 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6; 8; 10 А;

ТРН-25 – 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25 А;

ТРН-40 – 12,5; 16; 20; 25; 32; 40 А;

Срабатывание реле типа ТРН (рис. 3, а) происходит следующим образом. При значении тока выше допустимого биметаллическая пластинка 2 нагревается от нагревательного элемента 1, изгибается и воздействует через рычаг 3 на компенсатор 4, который поворачивается и освобождает защелку 7. Пружина возврата 10 перемещает кнопку возврата 6. Контакты 8 и 9 при этом размыкаются и воздействуют через рычаг 3 на компенсатор 4.

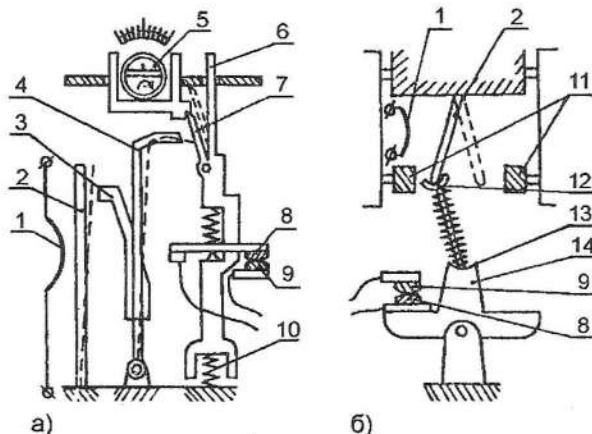


Рис. 3. Конструктивные схемы тепловых реле: а – типа ТРН, б – типа ТРП:  
1 – нагревательный элемент; 2 – термобиметаллическая пластинка; 3 – рычаг;  
4 – компенсатор; 5 – эксцентрик регулятора; 6 – кнопка возврата; 7 – защелка;  
8 – подвижный контакт; 9 – неподвижный контакт; 10 – пружина возврата;  
11 – упоры; 12 – рычаг с пружиной; 13 – выступ; 14 – пластмассовая колодка.

Возврат реле в исходное положение производится путем нажатия на кнопку возврата 6 после остывания биметаллической пластины 2.

Ток уставки теплового реле регулируют путем поворота эксцентрика регулятора 5, что приводит к изменению зазора между компенсатором 4 и защелкой 7. Каждое деление регулятора тока уставки соответствует 5 % номинального тока нагревателя (при температуре окружающей среды +40 °С). При установке регулятора в положение "0" ток уставки равен номинальному току нагревателя. При установке регулятора в положение "-5" ток установки уменьшается на 25 %, а в положение "+5" – увеличивается на 25 % по отношению к нормальному току нагревателя.

**Тепловые реле ТРП** – однополюсные, предназначены для защиты асинхронных электродвигателей от недопустимых перегрузок. Реле состоит из кинематически связанных между собой теплового элемента, контактной группы, эксцентрикового регулятора тока уставки и кнопки ручного возврата. В реле ТРП-25 использован косвенный нагрев сменным нагревательным элементом. Реле ТРП-60 и ТРП-150 – без температурной компенсации с самовозвратом, имеют комбинированный нагрев биметаллической пластины и несменный нагреватель.

Сменные нагревательные элементы к тепловым реле типа ТРП рассчитаны на следующие номинальные токи: ТРП-60 – 25, 30, 40, 50, 60 А; ТРП-150 – 50, 60, 80, 100, 120, 150 А.

При увеличении тока сверх допустимого значения нагревательный элемент 2 (рис. 3, б) сообщает биметаллической пластине 1 такое количество тепла, что она изгибается и занимает крайнее правое положение. Вместе с ней в правое положение переходит и верхний конец рычага с пружиной 4, которая нажимает на выступ 5 пластмассовой колодки 6, поворачивая ее против часовой стрелки. Контакты 7 и 8 размыкаются, упоры 3 ограничивают движение пластины 1 и рычага с пружиной 4. Возврат реле в исходное положение происходит самопроизвольно при остывании биметаллической пластины 1, либо принудительно кнопкой ручного возврата.

Регулятор тока уставки имеет шкалу, на которой нанесены по пять делений по обе стороны относительно положения "0" с ценой деления 5 % от номинального тока нагревателя. Это дает возможность регулировать ток установки в пределах  $\pm 25$  % относительного номинального значения.

Основным недостатком тепловых реле ТРН и ТРП является нестабильность их защитных характеристик, большая тепловая инерция, что вызывает неудовлетворительную работу при переменной нагрузке и потере фазы. Появление новых серий электродвигателей с большой

нагрузкой активных материалов, возрастание скорости нагрева этих электродвигателей в аварийных режимах, применение высококачественных изоляционных материалов с большой теплостойкостью повышают требования к защите. Поэтому совершенствование защиты электродвигателей от перегрузок осуществляется в настоящее время по двум направлениям:

– замена двухполюсных реле ТРН и однополюсных ТРП на трехполюсные реле серий РТТ и РТЛ (в комплекте с пускателями серий ПМА и ПМЛ соответственно);

– установка автоматической позисторной защиты (АПЗ) или встроенной температурной защиты (УВТЗ).

**Трехполюсные реле серий РТТ и РТЛ** (табл. 2 и 3) обеспечивают ускоренное срабатывание при потере фазы и улучшенную защитную характеристику. Они имеют три термозлемента (по одному на каждую фазу), температурную компенсацию, механизм для ускоренного срабатывания при обрыве одной фазы. Пределы регулирования тока уставки – 0,75...1,25 от номинального.

Т а б л и ц а 2. Основные технические данные тепловых реле РТТ

Тип реле	Номинальный ток, А	
	реле	теплового элемента
РТТ-01 (02)	10	0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10
РТТ-14	25	0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25
РТТ-21	63	10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63
РТТ-31 (32)	160	63; 80; 100; 125; 160
РТТ-41	630	125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630

**Тепловые реле серии РТТ** (табл. 2) выпускаются в пяти исполнениях по номинальному току: 0 – на 10 А; 1 – на 25 А; 2 – на 63 А; 3 – на 160 А и 4 – на 630 А. Условное обозначение реле (на примере РТТ-14БУ4) расшифровывается следующим образом:

РТТ – реле токовое тепловое;

первая цифра – исполнение по номинальному току (25 А);

вторая цифра – исполнение по способу установки и присоединения (1 – нормальное; 2 – для установки на контакторах с крепежными скобами; 4 – для втычного монтажа с контакторами серии ПМА);

Б – отсутствие ускоренного срабатывания при обрыве фазы;

У4 – климатическое исполнение и категория размещения.

**Тепловые реле серии РТЛ** (табл. 3) встраиваются в магнитные пускатели типа ПМЛ соответствующих габаритов. Они бывают трех исполнений по номинальному току: РТЛ-1000 – до 25 А, РТЛ-2000 – до 80 А и РТЛ-3000 – до 200 А. Время ручного возврата составляет не менее 90 с.

Т а б л и ц а 3. Основные технические данные тепловых реле серии РТЛ

Тип реле	Пределы регулирования номинального тока несрабатывания, А	Мощность управляемого электродвигателя, кВт (при напряжении 380 В)
РТЛ-1001	0,1...0,17	–
РТЛ-1002	0,16...0,26	–
РТЛ-1003	0,24...0,4	–
РТЛ-1004	0,38...0,65	–
РТЛ-1005	0,61...1,0	–
РТЛ-1006	0,95...1,6	0,37
РТЛ-1007	1,5...2,6	0,75
РТЛ-1008	2,4...4,0	1,5
РТЛ-1010	3,8...6,0	2,2
РТЛ-1012	5,5...8,0	3,0
РТЛ-1014	7,0...10,0	4,0
РТЛ-1016	9,5...14,0	5,5
РТЛ-1021	13...19	7,5
РТЛ-1022	18...25	11
РТЛ-2053	23...32	15
РТЛ-2055	30...41	18,5
РТЛ-2057	38...52	22
РТЛ-2059	47...64	25
РТЛ-2061	54...74	30
РТЛ-2063	63...86	37
РТЛ-3105	75...105	55
РТЛ-3125	95...125	63
РТЛ-3160	115...160	80
РТЛ-3200	145...200	100

При выборе тока уставки для реле типа ТРН необходимо иметь в виду, что пределы регулирования  $\pm 25\%$  относятся к нагревателям с непредельным номинальным током (предельный ток нагревателя – соответствующий номинальному току реле, например, для реле ТРН-10 предельный ток нагревателя равен 10 А). Для предельных нагревателей пределы регулирования будут равны  $-25...+5\%$  от номинального тока.

#### 4. ПРАВИЛА ПОДБОРА АППАРАТУРЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Подбор аппаратуры автоматического управления заключается в выборе магнитного пускателя, теплового реле, сменных нагревательных элементов и установке регулятора тока уставки в определенное положение.

Магнитные пускатели выбирают по назначению, величине или габариту (передаваемая мощность), защищенности, наличию тепловых реле, числу и роду блок-контактов, номинальному напряжению втягивающей катушки и наличию механической блокировки (в реверсивных пускателях). Напряжение, указанное на втягивающей катушке магнитного пускателя, должно соответствовать напряжению сети. В сетях 220/380 В можно использовать катушки на 220 В и включать их на линейное напряжение.

При выборе теплового реле сначала определяют его серию и габарит в соответствии с типом и величиной магнитного пускателя. Пускатели серий ПМЕ, ПАЕ и П6 с номинальным током главных контактов до 40 А (0...3 величины) комплектуются тепловыми реле ТРН, начиная с четвертого габарита – реле ТРП. В магнитные пускатели серий ПМА и ПМЛ встраивают трехполюсные реле серий РТТ и РТЛ соответственно.

Для выбора нагревательных элементов и корректировки тока уставки реле в делениях шкалы поступают следующим образом:

- определяют номинальный ток электродвигателя  $I_{н.дв}$ ;
- выбирают нагревательный элемент, соответствующий номинальному току электродвигателя и нулевой уставке реле. При этом ток нагревателя должен быть больше тока защищаемого двигателя  $I_{н.э} \geq I_{н.дв}$  и не должен превышать его более чем на 25 %;
- определяют положение регулятора корректировкой на несоответствие тока электродвигателя току нагревательного элемента с учетом цены деления шкалы ( $C = 0,05 I_{н.э}$  и  $C = 0,055 I_{н.э}$  соответственно при открытом и закрытом исполнении реле) и поправки на разность температур окружающей среды двигателя и пускателя. Количество делений шкалы для корректировки несоответствия тока определяют по следующей формуле:

$$N_1 = \frac{I_{н.дв} - I_{н.э}}{C \cdot I_{н.э}} \quad (1)$$

Корректировка по температуре окружающей среды  $\Theta_{окр}$  выполняется только в том случае, если она меньше номинальной температуры

40°C, при этом одно деление шкалы соответствует изменению температуры на 10°C:

$$N_2 = \frac{40^\circ - \Theta_{окр}}{10^\circ} \quad (2)$$

Расчетное значение N делений шкалы для корректировки находят по формуле

$$N = N_1 + N_2 \quad (3)$$

Если значение N окажется дробным, то его округляют до целого в большую сторону.

*Рассмотрим пример выбора и настройки магнитного пускателя и теплового реле* для трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя типа 4А180М4У3 при напряжении питания 380 В и нереверсивной схеме управления. Номинальные характеристики электродвигателя: мощность  $P_{н.дв} = 22$  кВт, сила тока  $I_{н.дв} = 56$  А. Предполагается, что пускозащитная аппаратура будет размещена в шкафу управления, расчетная температура окружающей среды  $\Theta_{окр} = 20$  °С. В нереверсивной цепи управления электродвигателем необходим один замыкающий контакт для шунтирования кнопки «Пуск» (рис. 4).

По справочнику [4] принимаем нереверсивный магнитный пускатель типа ПАЕ-412 открытого исполнения 4-й величины (номинальный ток контактов – 63 А, мощность управляемого электродвигателя – до 30 кВт) с двумя замыкающими блок-контактами. Для защиты от перегрузок используем два однополюсных тепловых реле типа ТРП-60 с номинальным током нагревательных элементов  $I_{н.э} = 60$  А.

Определим количество делений шкалы для корректировки несоответствия тока по формуле (1):

$$N_1 = \frac{56 - 60}{0,05 \cdot 60} = -1,33.$$

Определим количество делений шкалы для компенсации температуры окружающей среды по формуле (2):

$$N_2 = \frac{40^\circ - 20^\circ}{10^\circ} = 2.$$

Получим  $N = -1,33 + 2 = 0,67$ .

Следовательно, для корректировки тока уставки регулятор теплового реле следует установить в положение «+1».

## 5. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования является установка, состоящая из асинхронного короткозамкнутого электродвигателя, двух магнитных пускателей, теплового реле, двух- и трехкнопочной станций управления.

Основные технические данные электродвигателя: тип – АИР80А6УЗ; номинальная мощность  $P_H = 0,75$  кВт; соединение фаз – треугольник/звезда; номинальное напряжение – 220/380 В; номинальный ток – 3,9/2,3 А; номинальный коэффициент полезного действия  $\eta_H = 70\%$ ; номинальный коэффициент мощности  $\cos \phi_H = 0,72$ ; номинальная частота вращения  $n_H = 920$  об/мин; режим работы – S1; класс изоляции – В.

Основные данные аппаратов управления: магнитный пускатель КМ типа ПМЕ-212 с номинальным напряжением втягивающей катушки 380 В; двухкнопочная станция (кнопки управления SB1, SB2) типа ПKE122-У2 на напряжение 500 В и переменный ток 6 А; трехкнопочная станция (кнопки управления SB1, SB2, SB3) типа ПKE222-312 на номинальное напряжение 500 В и переменный ток 10 А; электротепловое реле КК типа ТРН-10 с током вставки 3,2 А.

Средствами исследования служат: лабораторный автотрансформатор ЛАТР-2М; кнопочная станция (кнопки управления SB1, SB2) типа ПKE122-У2 на напряжение 500 В и переменный ток 6 А; вольтметр V электромагнитной системы с пределами измерения 300 и 600 В; амперметр А электромагнитной системы с пределом измерения 1 А.

## 6. РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕГО ВЫПОЛНЕНИЮ

1. Начертить принципиальные электрические схемы лабораторной установки (рис. 4-6), подготовить табл. 4 измерений и вычислений.
2. Записать паспортные данные электродвигателя, магнитного пускателя, теплового реле и проанализировать их.
3. Записать формулы для расчета полной потребляемой мощности S катушки и коэффициента возврата магнитного пускателя  $k_B$ .
4. С помощью монтажных проводников собрать цепь в соответствии со схемой (рис. 5) и подсоединить ее к силовому настенному щитку с линейным напряжением 380 В. Убедиться в надежности крепления ап-

паратов управления и защиты и соединения монтажных проводников. После разрешения преподавателя подать напряжение на цепь.

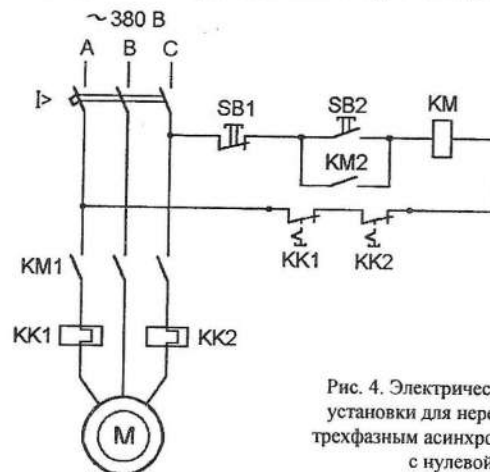


Рис. 4. Электрическая схема лабораторной установки для неревверсивного управления трехфазным асинхронным электродвигателем с нулевой блокировкой.

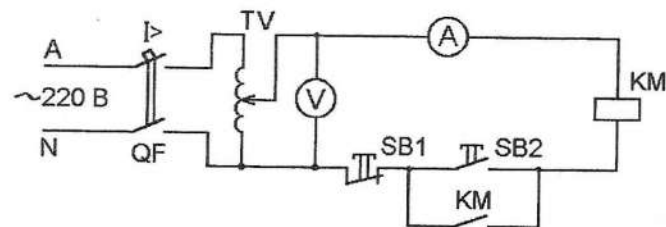


Рис. 5. Принципиальная электрическая схема лабораторной установки для определения электрических параметров магнитного пускателя.

Таблица 4. Результаты испытания магнитного пускателя

Напряжение на катушке, В	Состояние контактов			
	замкнуты		разомкнуты	
	I, А	S, ВА	I, А	S, ВА
0,6 $U_H =$				
0,7 $U_H =$				
0,85 $U_H =$				
$U_H =$				
$U_{СРАБ} =$				
$U_{МИН} =$				

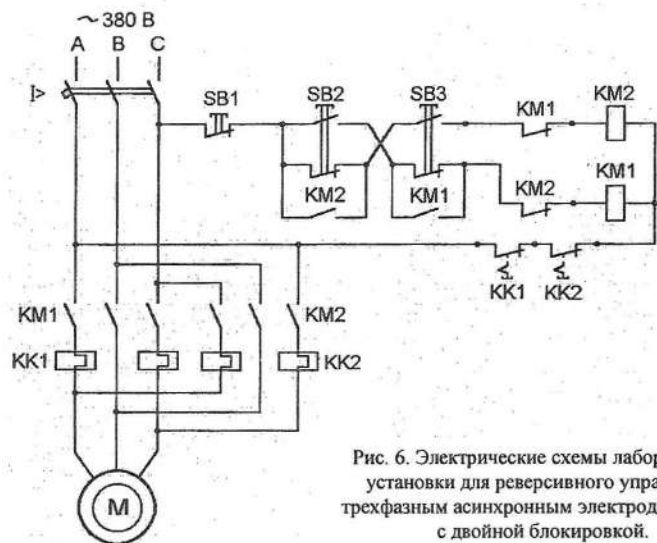


Рис. 6. Электрические схемы лабораторной установки для реверсивного управления трехфазным асинхронным электродвигателем с двойной блокировкой.

5. Проверить напряжение срабатывания магнитного пускателя. Для этого необходимо рукояткой автотрансформатора установить напряжение питания катушки магнитного пускателя равным  $0,5 U_H$  и с помощью кнопки SB2 "Пуск" подключить его к сети, затем рукояткой автотрансформатора медленно повышать напряжение до тех пор, пока главные контакты пускателя не окажутся замкнутыми, и записать показания вольтметра. При напряжении  $0,6 U_H$  магнитный пускатель не должен срабатывать. При напряжении  $0,7 U_H$  якорь пускателя должен быть притянут, но гудение электромагнита должно быть очень сильным.

6. Проверить напряжение отключения магнитного пускателя  $U_{мин}$ . Для этого необходимо установить напряжение питания катушки равным  $U_H$ , затем рукояткой автотрансформатора постепенно уменьшать его до тех пор, пока главные контакты не разомкнутся, и записать показания вольтметра V.

7. По результатам измерений определить коэффициент запаса  $k_3 = U_H / U_{сраб}$  и коэффициент возврата  $k_B = U_{мин} / U_{сраб}$  магнитного пускателя.

8. Определить параметры магнитного пускателя, необходимые для построения вольт-амперной характеристики. Измерения следует проводить при разомкнутых контактах, для чего между якорем и магнитопр-

водом электромагнита необходимо разместить деревянные клинья или текстолитовую прокладку. Затем рукояткой автотрансформатора поочередно следует установить напряжение питания катушки магнитного пускателя равным  $0,6 U_H$ ,  $0,7 U_H$ ,  $0,85 U_H$  и  $U_H$  и по амперметру измерить силу тока I катушки. Результаты измерений записать в табл. 4. Вычислить и записать в табл. 4 значения полной мощности  $Q = U \cdot I$  (В·А), потребляемой катушкой пускателя.

9. Построить в соответствующем масштабе вольт-амперную характеристику магнитного пускателя  $I = f(U)$ .

10. После разрешения преподавателя включить и опробовать в работе следующие схемы управления трехфазным короткозамкнутым асинхронным электродвигателем: а) нереверсивную с нулевой блокировкой (рис. 4); б) реверсивную с двойной блокировкой (рис. 6).

При работе с электроустановкой необходимо соблюдать правила техники безопасности и эксплуатации электроустановок потребителей. При измерениях нужно следить за показаниями приборов и не перегружать их.

#### Контрольные вопросы

1. Объясните назначение, устройство и принцип действия магнитного пускателя и теплового реле.
2. На основе каких данных и как выполняется выбор магнитного пускателя и теплового реле?
3. Как расшифровывается маркировка магнитных пускателей и тепловых реле?
4. Перечислите и поясните способы блокировок, применяемых в реверсивных магнитных пускателях.
5. Поясните работу схем нереверсивного и реверсивного управления короткозамкнутого асинхронного электродвигателя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В а с и н В. М. Электрический привод. — М.: Высш. шк., 1984. — 232 с.
2. Ф о к и н В. В. Практикум по электрооборудованию сельскохозяйственного производства. — М.: Агропромиздат, 1991. — 161 с.
3. С ы р ы х Н. Н. Эксплуатация сельских электроустановок. — М.: Агропромиздат, 1986. — 255 с.
4. С о р к и н Ю. И. Электрооборудование животноводческих ферм и комплексов: Справочник. — Мн.: Уралджай, 1988. — 247 с.