

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тулский государственный университет»

Политехнический институт  
Кафедра «Промышленная автоматика и робототехника»

Утверждено на заседании кафедры  
«Промышленная автоматика  
и робототехника»  
«17» января 2023 г., протокол № 2

И.о. заведующего кафедрой

\_\_\_\_\_ О.А. Ерзин

**Сборник лабораторных работ  
«Автоматизированный электропривод»**

**основной профессиональной образовательной программы  
высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки

**15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств**

с направленностью (профилем)

**Автоматизация технологических процессов и производств**

Формы обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 150304-01-23

Тула 2023 год

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**  
**рабочей программы дисциплины (модуля)**

**Разработчик:**

Ерзин О.А., доцент, канд. техн. наук  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

*(подпись)*



(подпись)

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 1

## ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ЦЕПЯМИ И ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

### 1. Цель и задачи работы

Цель работы:

Изучение устройств электрических аппаратов управления электрическими цепями и электроприводами.

Задачи работы:

1. Изучение устройства электрических аппаратов низкого напряжения, используемых в электрических цепях управления электроприводами.

2. Ознакомление с различными схемными способами изменения времени срабатывания и отпускания электромагнитного реле.

3. Экспериментальное определение величин временных параметров электромагнитного реле при различных схемах включения.

4. Приобретение практических навыков в наладке и включении электрических аппаратов.

### 2. Общие положения (теоретические сведения);

*Электрическими аппаратами* называют электротехнические устройства, предназначенные для управления, регулирования, контроля и защиты электрических цепей. Их делят на аппараты низкого и высокого напряжения. Условно принято считать низким напряжением до 1000 В. В системах электропривода и электроавтоматики промышленного оборудования обычно применяют напряжения 220 и 380 В, поэтому будем рассматривать только аппараты низкого напряжения.

По назначению, т.е. по выполняемым функциям, аппараты можно разделить на следующие группы:

аппараты управления электрическими цепями : рубильники, выключатели, кнопки, реле и др. Они включают или выключают электрическую цепь или ее части;

аппараты регулирования параметров электрических цепей: регуляторы напряжения, реостаты, резисторы и т.д.;

аппараты контроля параметров: реле скорости, давления, уровня жидкости, тепловые и различные датчики;

аппараты защиты: предохранители, автоматические воздушные выключатели, реле защиты;

аппараты усиления: магнитные, полупроводниковые, ионные усилители;

аппараты распределения электрического тока: зажимы, штепсельные разъемы, токосъемники;

аппараты логических функций: логические элементы, микромодули, интегральные схемы;

аппараты перемещения: электромагниты, электрогидротолкатели, электромагнитные тормоза.

Бывают аппараты, совмещающие в себе несколько функций. Аппараты приводятся в действие различными способами: вручную или с помощью механизма электромагнитного, магнитоэлектрического, индукционного, теплового и т.д., поэтому их различают:

по роду тока - аппараты постоянного тока, переменного тока промышленной частоты, переменного тока повышенной частоты ;

по способу замыкания цепи - контактные и бесконтактные. К контактным относятся большинство аппаратов, где прерывание тока происходит за счет размыкания контактов. Бесконтактные аппараты могут резко изменять свое внутреннее сопротивление от нуля до бесконечности (например, в тиристорах, транзисторах, логических элементах и др.).

## 2.1. Рубильники

**Рубильник** - это аппарат ручного действия, с рубящим типом контактов, предназначенный для включения или выключения электрических цепей (рис.1).

На изолирующем основании 1 закреплены контактная 2 и шарнирная 6 стойки. К ним присоединяются входные и выходные провода. Рукояткой 3, установленной в центре траверсы 4, приводят в движение нож 5, переключающий стойки. При этом электрическая цепь замыкается. Для быстрого гашения дуги может применяться дугогасительная решетка. Часто рубильник снабжают дугогасительным моментным ножом. Пружиной обеспечивается мгновенное разведение контактов и соответственно более быстрое гашение дуги. Рубильник приводится в действие с помощью боковой или центральной рукоятки.

Рубильники бывают одно-, двух- или трехполюсными. Они характеризуются номинальным током, т.е. длительно допустимым током в замкнутом состоянии контактов. Рубильник, не имеющий дугогасительного устройства, служит только для дублирования размыкания уже обесточенной цепи. Отключать им потребитель нельзя; он играет лишь роль разъединителя, т.е. делает разрыв цепи видимым, что обеспечивает большую безопасность обслуживания.

Рубильники применяют в цепях с напряжением до 500 В. В зависимости от напряжения сети выбирают рубильник с большим или меньшим межконтактным (изоляционным) расстоянием.

Рубильники характеризуются механической и электрической износостойкостью. Некоторые типы рубильников имеют механический ресурс 5 - 10 тыс. циклов " включено - отключено ", определяемый износом шарнирной стойки, крепежных болтов и т.д. Электрическая износостойкость обычно в два раза меньше механической и ограничена подгаранием и износом контактов.

Кроме рубильников-выключателей бывают рубильники-переключатели, имеющие два крайних фиксированных положения. В одном из них замыкается одна цепь, а в другом - другая. В среднем положении обе цепи разомкнуты. Такие переключатели применяют для переключения, например, обмоток статора асинхронного двигателя со звезды на треугольник, для реверсирования электродвигателей и т.д.

Рубильники просты по конструкции, надежны, но имеют относительно большие габариты.

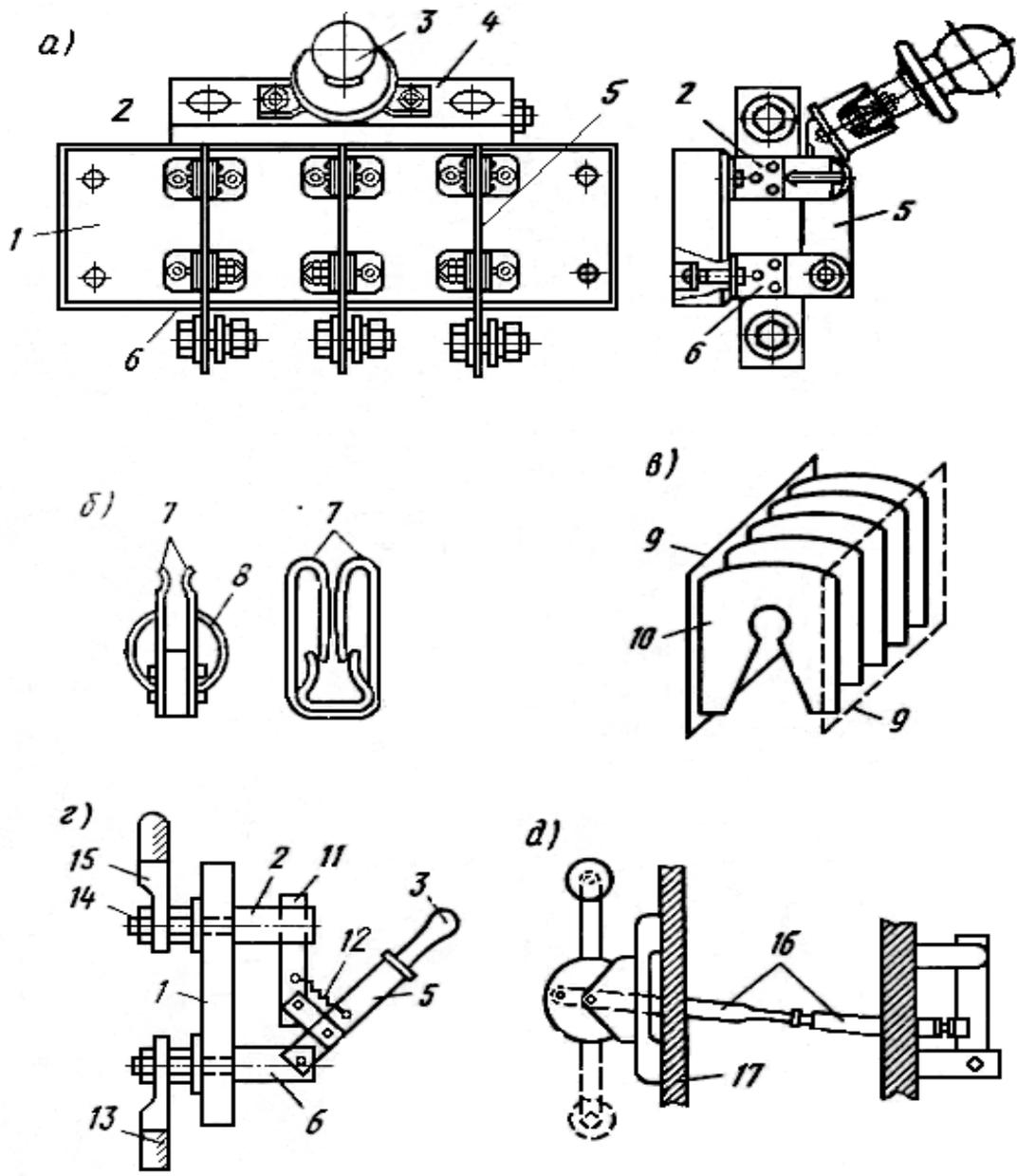


Рис.1. Рубильники

### 2.2. Пакетные выключатели и переключатели

Существует более 50 типов различных выключателей и переключателей. Наиболее часто из них применяются пакетные и кулачковые.

**Пакетные выключатели и переключатели** (рис.2) применяются в качестве вводных выключателей и переключателей цепей управления электроустановок; для распределения электроэнергии и ручного управления двигателями. Они состоят из контактной системы и переключающего механизма. Контактная система содержит изолятор 10, в пазах которого находятся неподвижные контакты 8 с винтами для подключения проводов. Ротор состоит из подвижных контактов в виде латунного мостика 7 и фибровых сегментов 9, способствующих гашению дуги при размыкании цепи. Набор этих деталей образует секцию. Отдельные секции собирают на скобе 5 с помощью стяжных шпилек 4. Валик 2 с изоляционной втулкой проходит сквозь секции и поворачивает все роторы одновременно. При этом мостик набегаёт на неподвижные контакты и замыкает их между собой.

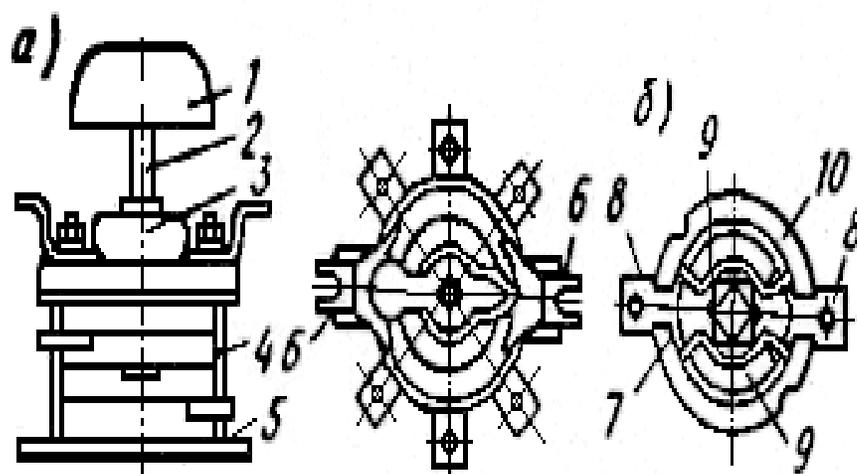


Рис.2. Пакет контактной системы (а) и общий вид пакетного выключателя (б).

Контакты в пакетных выключателях скользящие, необходимое усилие нажатия достигается пружинящим действием медных пластин, образующих губки. Верхнюю секцию закрывают специальной шайбой, на которую устанавливают механизм мгновенного переключения 3, что дает возможность быстро погасить дугу независимо от скорости вращения рукоятки. Механизм переключения имеет четыре фиксирующие впадины, расположенные под углом 90 град., что определяет число коммутационных положений. В переключателях, предназначенных для пуска асинхронного двигателя переключением обмоток статора со звезды на треугольник, имеется три положения: звезда - нейтраль - треугольник. Число секций зависит от числа коммутируемых линий и от сложности переключателя.

Пакетный выключатель более удобен, чем рубильник, занимает меньше места, более безопасен в эксплуатации, позволяет осуществить сложную коммутацию, обладает лучшими дугогасительными свойствами. Последнее достигается

выделением хлора и ионов цинка из фибры, а также повышенным давлением газов в полости выключателя, образовавшимся под действием дуги. Недостатки пакетного выключателя : меньший номинальный ток (до 400 А ), отсутствие видимости разрыва, меньшая надежность, чем у рубильника.

### 2.3. Кулачковые переключатели

**Кулачковые переключатели** (рис.3) состоят из набора секций, объединенных одним общим валиком 10 с рукояткой 11. Каждая секция имеет пластмассовое основание 1, кулачек 9, два рычага 7, два подвижных 5 и неподвижных 2 контакта, зажимы 3 и 8, серебряные напайки 4 и 6, обеспечивающие надежный контакт. Кулачок имеет выступы и впадины, расположенные в различных местах окружности и в разных плоскостях, а рычаг - два выступа; при нажатии на один из них рычаг и подвижный контакт поворачиваются в одну сторону, а при нажатии на второй - в другую. Механизм мгновенного переключения 12 расположен под рукояткой. Различное положение выступов и впадин на кулачке позволяет получить различные схемы переключения.

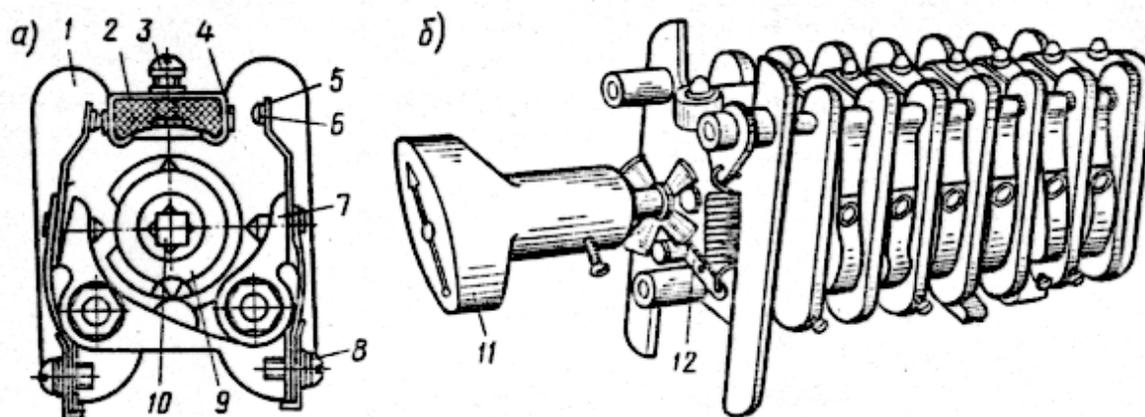


Рис.3. Схема универсального переключателя серии УП-5000 (а) и его внешнего вида (б)

### 2.4. Контроллеры

**Контроллеры** - это переключающие многоступенчатые аппараты, предназначенные для ручного или ножного управления электродвигателями : пуском, регулированием скорости, реверсированием, остановкой. По конструкции их делят на кулачковые, пакетно-кулачковые и магнитные.

На рис.4 показана схема действия кулачкового механизма.

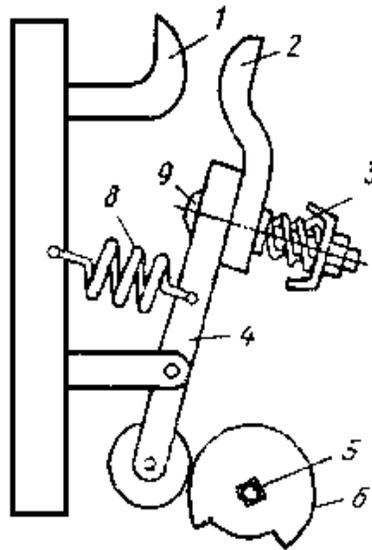


Рис.4.Схема действия кулачкового механизма контроллера.

При повороте валика 5 против часовой стрелки кулачок 6 набегает своим выступом на ролик 7 и перемещает его влево. Рычаг 4 поворачивается и размыкает контакты 1 и 2; при этом пружина 8 растягивается. При обратном движении кулачка контакты под действием пружины замыкаются. Сквозь рычаг 4 и контакт 2 свободно проходит шпилька 9. При замыкании пружина 3 сжимается, обеспечивая достаточное усилие в месте контакта. Возможны и другие сочетания кулачка и пружины, например, когда замыкание происходит под действием кулачка, а размыкание - под действием пружины. Такой способ создает быстрое разведение контактов и хорошее гашение дуги, но недостаточное усилие при размыкании не позволяет разорвать цепь при сваривании контактов. Возможно замыкание и размыкание контактов только под действием кулачка, однако чаще применяют первую конструкцию.

**Пакетно-кулачковые контроллеры** (рис.5) предназначены для ручного управления асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором малой мощности, для коммутации в цепях управления переменного и постоянного тока. Контроллеры представляют собой сборную конструкцию, состоящую из однотипных коммутирующих элементов и фиксирующего устройства.

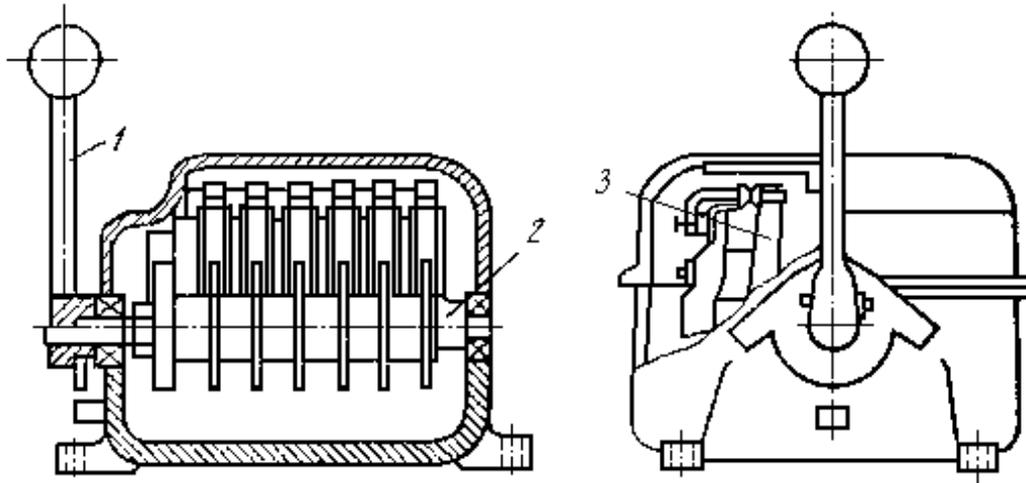


Рис.5. Общий вид кулачкового контроллера.

**Магнитные контроллеры.** Они состоят из командоконтроллера, контакторов, аппаратов защиты и регулирования. Командоконтроллер включает катушки контакторов, которые в свою очередь управляют работой двигателя. Такое сочетание аппаратов позволяет с помощью небольшого переключающего устройства запускать, регулировать скорость, реверсировать и тормозить мощный электродвигатель, так как контакторы обладают высокой дугогасительной способностью. Магнитные контроллеры выпускают для постоянного и переменного тока. Их используют главным образом для управления кранами.

## 2.5. Кнопки управления

**Кнопки** - это аппараты ручного действия с поступательно движущейся головкой, предназначенные для управления электромагнитными аппаратами. При снятии пальца с головки контакты такой кнопки возвращаются в свое нормальное состояние. Бывают кнопки, самоудерживающиеся в нажатом состоянии.

Кнопки могут иметь различные контакты : замыкающие, размыкающие или и те и другие. Иногда применяют также и кнопки с несколькими замыкающими контактами. Нормальным считают положение кнопки при отсутствии воздействия (нажатия), рабочим - при нажатии. Головки пусковых кнопок не должны выступать из фронтального кольца. Этим исключается возможность случайного нажатия кнопок.

В станкостроении применяют также кнопки "Стоп" с выступающей грибовидной головкой красного цвета диаметром 50 мм. Такие кнопки удобны для быстрой остановки при аварии.

Кнопки применяют в цепях постоянного и переменного тока напряжением до 500 В. Их отключающая способность до 100 Вт постоянного и до 1500 Вт пе-

ременного тока. Некоторые из них выдерживают кратковременный ток до 60 А, который получается при включении контакторов.

## 2.6. Общие сведения о реле

**Реле** - это аппарат, в котором при плавном изменении входной величины выходная изменяется скачкообразно. Различают реле :

по виду входного сигнала - реле тока, напряжения, мощности, скорости, давления и т.д. Выходной величиной обычно бывает электрический сигнал;

по принципу действия - реле электромагнитные, магнитоэлектрические, индукционные, полупроводниковые, тепловые и др. Существуют реле, реагирующие на разность каких-либо величин (дифференциальные), на скорость изменения входной величины и т.д.;

по воздействию на управляющую цепь - контактные и бесконтактные. Первые замыкают или размыкают электрическую цепь контактами, которые называют замыкающими или размыкающими. Вторые могут резко изменять свое внутреннее сопротивление от нуля до бесконечности, что приводит к скачкообразному изменению тока.

Наиболее распространены электромагнитные реле (рис.6).

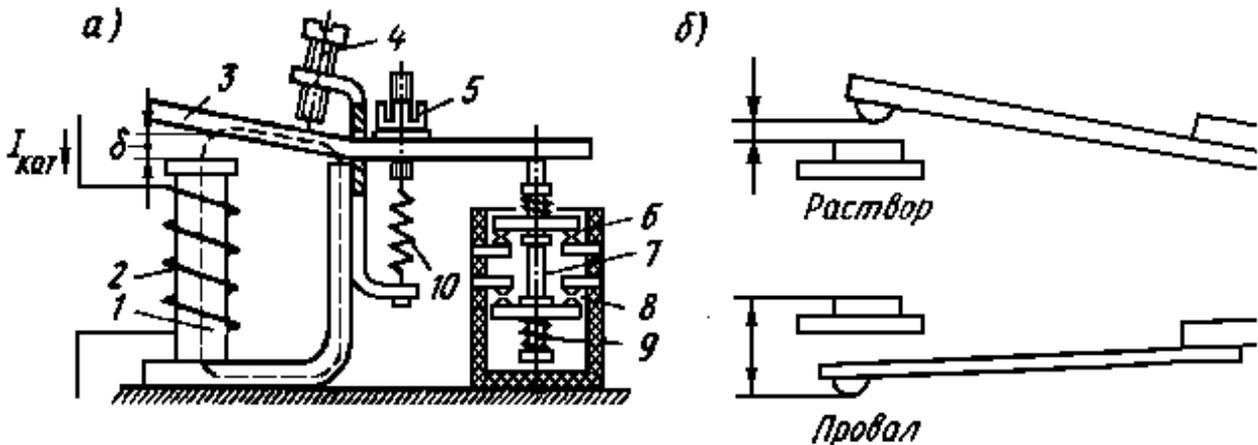


Рис.6. Электромагнитное реле.

На рис.6,а показано устройство реле, а на рис.6,б – раствор и провал контактов. Приняты обозначения: 1 – сердечник; 2 – катушка; 3 – якорь; 4 – винт; 5 – гайка; 6,8 – размыкающие и замыкающие контакты; 7 – шток; 9,10 – пружины.

Контактная группа состоит из размыкающих 6 и замыкающих контактов 8, соединенных штоком 7. Пружина 9 обеспечивает их надежное касание. Винтом 4 можно регулировать воздушный зазор, а гайкой 5 – натяжение пружины 10. В таком реле входной величиной можно считать ток в катушке или напряжение на ней; выходной – ток через контакты. При увеличении тока катушки  $I_{кат}$  от нулевого значения будет увеличиваться магнитный поток и сила притяжения якоря. Пока якорь не притянулся, контакты 8 остаются разомкнутыми и ток  $I_{кат}$  равен нулю. Но при некотором токе в катушке сила притяжения становится больше, чем сила

пружины, и якорь начинает двигаться. Как только воздушный зазор уменьшится, магнитный поток возрастает, что приведет к увеличению электромагнитной силы и скорости движения якоря. Таким образом, даже при небольшом смещении якоря он очень быстро притягивается к сердечнику и передает свое движение через шток на контакты. На выходе реле появляется ток.

Важные показатели реле – раствор и провал контактов (рис.6,б).

Раствор контактов – это расстояние между подвижным и неподвижным контактами при их разомкнутом состоянии.

Провал контактов – это такое расстояние, на которое переместился бы подвижный контакт после замыкания с неподвижным, если убрать последний. Провал должен быть во всех аппаратах, чтобы обеспечить надежный контакт в случае истирания соприкасающихся поверхностей.

Контакты изготавливают из различных сплавов и порошковых соединений. Основными компонентами, используемыми при изготовлении контактов, служат медь, серебро, платина, вольфрам, молибден, иридий, графит, окись магния или кадмия.

Работа электромагнитного аппарата (контактора, пускателя, реле) состоит из периодов (рис.7) : срабатывания, работы и отпускания, которые определяются подачей и отключением напряжения на катушке и характеризуются токами и временем срабатывания  $I_{ср}$ ,  $t_{ср}$ ; рабочим  $I_p$ ,  $t_p$  и отпускания  $I_{отп}$ ,  $t_{отп}$ .

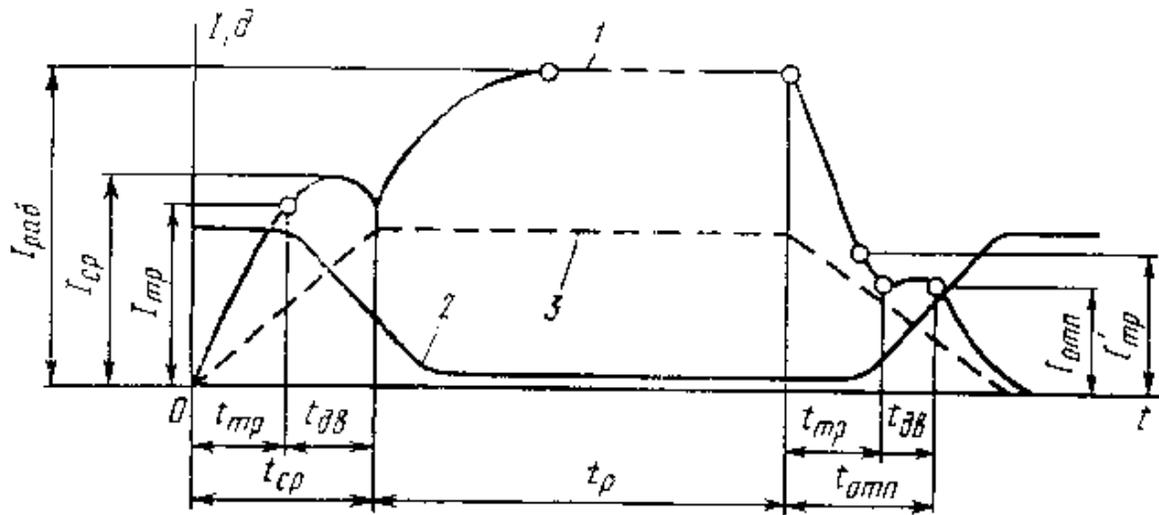


Рис.7. Характеристика переходных режимов при включении и выключении электромагнитного реле.

На рис.7 показаны : 1 – изменение тока в катушке реле; 2 – изменение воздушного зазора в магнитной системе; 3 – упрощенная диаграмма включения и отключения реле.

Минимальный ток катушки, при котором срабатывает реле, называют *током срабатывания*  $I_{ср}$ . Очевидно, что при любом другом токе большем  $I_{ср}$ , якорь

тем более притянется к сердечнику. Максимальный ток, при котором реле отпускается, называют *током отпускания*  $I_{отп}$ . При любом другом токе, меньшем  $I_{отп}$  тем более якорь возвратится в нормальное состояние.

Появление электромагнитной силы можно объяснить следующим образом. Пусть катушка с током создает магнитное поле, силовые линии которого направлены от якоря к сердечнику. Тогда якорь можно считать северным полюсом, так как линии из него выходят, а сердечник – южным. Разноименные полюса притягиваются и реле срабатывает. Следует отметить, что сила притяжения зависит от расстояния между сердечником и якорем. Чем меньше зазор, тем больше магнитный поток и тяговое усилие. Поэтому в процессе движения якоря, при срабатывании реле, усилие быстро возрастает и станет максимальным тогда, когда якорь полностью притянется к сердечнику.

Можно дать и другое объяснение работы реле. Существует правило, по которому магнитные линии стремятся сократить свою длину. Когда якорь притягивается, линии сокращают свою длину на величину воздушного зазора  $\delta$ . Это правило ничего не объясняет и является формальным, но часто выручает там, где первый способ объяснения применить трудно.

При обратном направлении тока в катушке якорь тоже будет притягиваться, так как магнитные линии изменят свое направление, а полюса поменяются местами. Следовательно, катушку можно питать переменным током. В этом случае поле будет переменным, а катушка – обладать не только активным, но и индуктивным сопротивлением, поэтому катушка реле переменного тока при прочих равных условиях должна иметь меньшее число витков, чем катушка реле постоянного тока. Тогда сопротивления их будут равны и при одинаковых напряжениях потекут одинаковые токи.

В начальный момент после подачи переменного напряжения пусковой ток катушки очень велик, так как индуктивное сопротивление мало. Когда якорь притянется и воздушный зазор уменьшится до нуля, поток резко увеличится, а следовательно, увеличится индуктивное сопротивление, а ток катушки уменьшится до номинального значения.

В реле постоянного тока сердечник и якорь обычно изготавливают сплошным из электротехнической стали в виде полосы или цилиндра, в реле переменного тока – шихтованными, т.е. собранными из отдельных изолированных друг от друга стальных пластин. Сделано это для уменьшения вихревых токов, т.е. снижения нагрева магнитной системы. Так как вихревые токи оказывают еще и размагничивающее действие на поток катушки, то иногда сердечник и якорь реле постоянного тока тоже делают шихтованными.

Кроме тока срабатывания и отпускания реле может характеризоваться напряжениями срабатывания и отпускания. Отношение величины отпускания к величине срабатывания называется *коэффициентом возврата*  $k_{взв} = I_{отп} / I_{ср}$ , который всегда меньше единицы. В электромагнитных реле  $k_{взв} = 0,2 - 0,85$ , в магнитоэлектрических он выше, а в электронных и полупроводниковых  $k_{взв} \approx 0,99$ . На

катушках реле часто указывают номинальное напряжение, которое несколько больше напряжения срабатывания, поэтому оно обеспечивает надежную работу реле без перегрева катушки.

3. Объекты исследования, оборудование, материалы и наглядные пособия; Объектом исследования являются электрические аппараты, элементы систем управления электроприводом, систем защиты, систем регулирования.

4. Задание на работу (рабочее задание).

4.1. Изучить описания устройств различных электрических аппаратов.

4.2. Ознакомится с конструкциями электрических аппаратов различных типов, используемых и имеющихся в лаборатории электроавтоматики и электропривода. Записать паспортные данные релейно-контакторных устройств указанных преподавателем.

4.3. Изучить правила условного изображения электрических аппаратов на принципиальных электрических схемах.

4.4. Исследовать работу релейно-контакторных устройств (контактор, реле, электромагнитные муфты и др.).

4.5. Составить отчет о проделанной работе. Отчет должен содержать принципиальную схему одного из устройств управления электроприводом, спецификацию релейно-контакторной аппаратуры, выводы об эффективности работы схемы и отдельных ее частей.

5. Ход работы (порядок выполнения работы);

5.1 Ознакомление с конструкциями электрических аппаратов различных типов, используемых и имеющихся в лаборатории электроавтоматики и электропривода.

5.2 Изучение правил условного изображения электрических аппаратов на принципиальных электрических схемах

5.3 Исследование работы релейно-контакторных устройств (контактор, реле, электромагнитные муфты и др.).

5.4 Составление отчета.

6. Содержание отчета;

В отчете должны быть помещены конструктивные чертежи электрических аппаратов различных типов, правила условного изображения электрических аппаратов на принципиальных электрических схемах, результаты исследования работы релейно-контакторных устройств (контактор, реле, электромагнитные муфты и др.).

7. Список использованных источников.

1. Москаленко, В.В. Системы автоматизированного управления электропривода : учебник сред. спец. учеб. заведений / В.В. Москаленко .— М. : Инфра-М, 2007

.— 208с. : ил. — (Среднее профессиональное образование) .— Библиогр.в конце кн. — ISBN 978-5-16-001676-4 /в пер./ : 135.00.

2. Терехов, В.М. Системы управления электроприводов : учебник для вузов / В.М.Терехов,О.И.Осипов;под ред.В.М.Терехова .— 2-е изд.,стер. — М. : Академия, 2006 .— 304с. : ил. — (Высшее профессиональное образование:Электротехника) .— Библиогр.в конце кн. — ISBN 5-7695-2911-3 /в пер./ : 385.00.

3. Соколовский, Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием : учебник для вузов / Г.Г.Соколовский .— 2-е изд.,испр. — М. : Академия, 2007 .— 272с. : ил. — (Высшее профессиональное образование:Электротехника) .— Библиогр.в конце кн. — ISBN 978-5-7695-4505-4 /в пер./ : 194.70.

4. Коломиец, А.П. Международная Ассоциация "Агрообразование". Электропривод и электрооборудование : учебник для вузов / А.П.Коломиец [и др.];Междунар.ассоц."Агрообразование" .— М. : КолосС, 2007 .— 328с. : ил. — (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений) .— Библиогр.в конце кн. — ISBN 978-5-9532-0596-2 /в пер./ : 351.95.

5. Копылов И.П. Электрические машины: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк. Логос; 2000. – 607 с.

6. Михайлов О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов : Учебник для вузов. - М.: Машиностроение, 1990, - 304 с.,ил.

7. ГОСТ 50369-92. Электроприводы. Термины и определения.

8. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. – 2-е изд.перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат, 2001, - 704с.

9.Михайлов О.П.,Соколов В.Е. Электрические аппараты и средства автоматизации. - М.: Машиностроение,1982, - 183 с.,ил.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 2

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ КОНТАКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ

#### 1. Цель и задачи работы

Цель работы:

Изучение электрических схем включения асинхронных коротко замкнутых двигателей.

Задачи работы:

1. Изучение устройства контакторов различных типов.
2. Изучение принципов построения и работы схем контакторного включения асинхронных коротко замкнутых двигателей.
3. Выявление достоинств и недостатков каждой схемы.
4. Приобретение практических навыков в разработке и наладке различных электрических схем управления электродвигателями.

#### 2. Общие положения (теоретические сведения);

При контакторном управлении электродвигателями приводов станков в качестве исполнительных органов используются контакторы, а в качестве основных элементов управления – реле и кнопочные выключатели.

Контакторы относятся к электромагнитным коммутационным аппаратам. В зависимости от рода коммутируемого тока различают контакторы постоянного и переменного тока. Исходя из конструктивных особенностей, различают контакторы прямоходовые и поворотного типа.

У прямоходовых контакторов типа ПМЕ (рис.1) сердечник магнитопровода 1, подпружиненный пружиной 2, расположен в корпусе контактора 3 и удерживается в нижнем положении корпусом катушки 16. Якорь магнитопровода 15, подпружиненный плоской пружиной 13, расположен в подвижной части 12 контактора и удерживается в ней шпилькой 14. Сверху подвижной части контактора расположен контактный мостик 10, подпружиненный плоской пружиной 9, которые удерживаются скобкой 6 и пружиной 7. Подвижная часть 12 контактора находится в верхнем положении за счет двух пружин 4.

Три контактных мостика 10 образуют группу главных контактов, предназначенных для коммутации силовых цепей. Кроме главных контактов контактор имеет две группы блокировочных контактов (на рис. 1 не показаны), которые механически закреплены на подвижной части контактора и служат для коммутации слаботочных цепей электроавтоматики.

При включении катушки 16 в цепь переменного тока якорь магнитопровода 15 притягивается к сердечнику 1, контактный мостик 10 замыкает контакты 11 и 5. Пружины 2 и 13 амортизируют удары при включении электромагнита. При отключении катушки 16 пружины 4 поднимают подвижную часть контактора вверх и контакторы размыкаются.

В крышке 8 имеются перегородки, которые изолируют главные контакты друг от друга с целью уменьшения дугообразования при размыкании контактов. С этой же целью главные контакты «мостового» типа обеспечивают двухкратный разрыв силовой цепи.

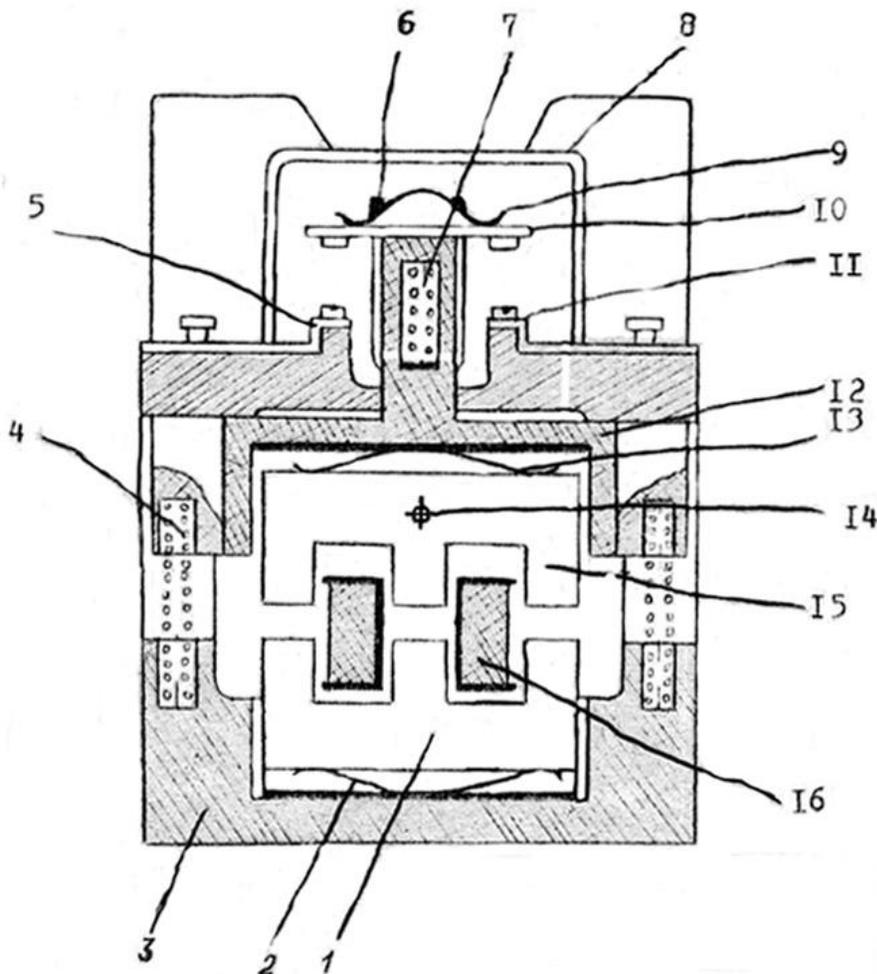


Рис.1 Устройство контактора типа ПМЕ.

Контактор поворотного типа марки ПА (рис. 2) собран на металлическом основании 12, к которому крепится плата 11. В верхней части закреплены сердечник магнитопровода 2, подпружиненный двумя пружинами 1. И катушка 3. Якорь 4 закреплен неподвижно на рычаге 6 с опорой 10. Подвижная часть 15 главных контактов 14, 13 расположена в стойке 17 и подпружинена пружиной 7, создающей контактное усилие. Стойка 17 закреплена на поворотном рычаге 6.

Группа главных контактов закрыта крышкой 9, имеющей перегородки для образования отдельных дугогасительных камер. Для улучшения условий гашения дуги в каждой камере расположены две металлические скобы 8, создающие поперечный магнитный поток для выноса дуги из зоны контактов.

Контакторы поворотного типа, в отличие от прямоходовых, предназначены для коммутации значительных токов за счет большего зазора между неподвижной и подвижной частями.

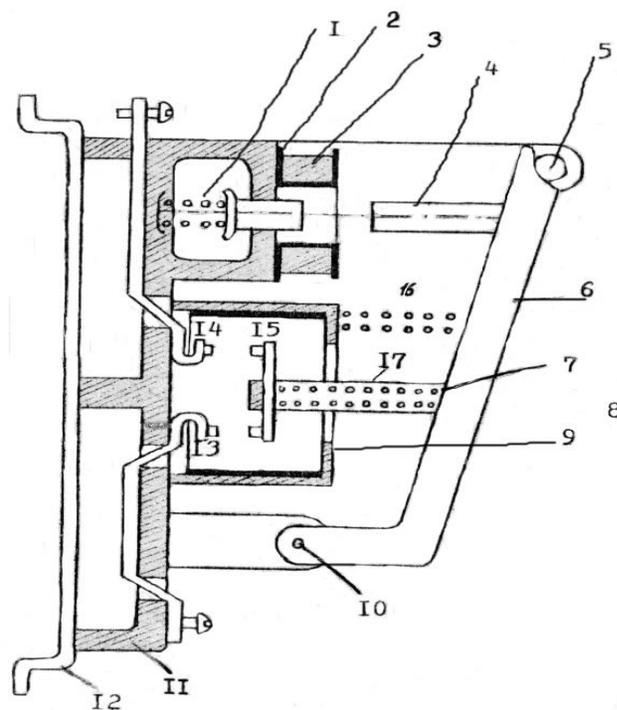


Рис. 2. Устройство контактора типа ПА.

Условное графическое и буквенное обозначение контактора на принципиальных электрических схемах изображено на рис. 3. Механическая связь между электромагнитной системой и контакторами, обозначенная штриховой линией, в большинстве случаев не показывается (разнесенный способ изображения).

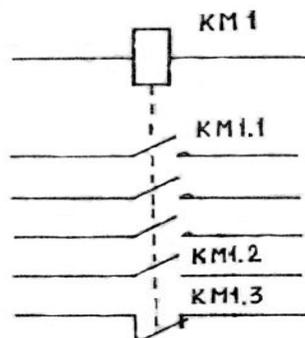


Рис.3 Условное обозначение контактора на принципиальных электрических схемах

Контактор является аппаратом дистанционного действия, управляемый коммутацией слаботочных цепей. Поэтому в схемах контакторного управления различают две электрические цепи:

- цепь главного тока – цепь включения основных потребителей электроэнергии в схеме (двигателей);
- цепь управления – цепь включения и отключения катушек контакторов, реле.

Различают два режима работы схемы контакторного управления электродвигателями:

- пуско – наладочный (старт – стопный);
- долговременного включения.

В первом случае включение электродвигателя производится с помощью одной кнопки, при нажатии которой цепь питания обмотки контактора замыкается, а при отпускании – размыкается. Для долговременного включения электродвигателя применяют самоблокировку кнопки «пуск» блокировочными контактами контактора. Для останова электродвигателя необходимо обесточить цепь питания обмотки контактора с помощью дополнительной кнопки «стоп».

Управление электродвигателями может быть нереверсивным и реверсивным. При реверсивном управлении включение электродвигателя производится при помощи одного контактора. При реверсивном управлении включение электродвигателя производится при помощи двух контакторов. Один контактор включает электродвигатель на прямое вращение, другой – на обратное. Реверс обычно осуществляется путем смены не менее двух фаз питающего напряжения на обмотках электродвигателя.

При одновременном включении двух контакторов произойдет короткое замыкание. Для предупреждения короткого замыкания цепь включения одного контактора должна блокироваться вспомогательными контактами или коммутационными элементами цепи включения другого контактора.

### **3. Объекты исследования, оборудование, материалы и наглядные пособия;**

Лабораторная работа проводится на стенде, на котором установлены электродвигатели, контакторы и кнопки управления. Каждый электрический аппарат, участвующий в работе схемы, смонтирован на панельке и закрыт кожухом из плексигласа. На передней стенке кожуха изображена схема электрического аппарата. Каждый элемент аппарата подключен к штепсельным гнездам, которыми на схеме заканчивается его условное изображение.

Электрические цепи исследуемой схемы монтируют с помощью гибких электрических проводников, на концах которых имеются штепсели для соединения с гнездами электрических аппаратов.

При исследовании работы схемы используется переменное напряжение 220В.

#### 4. Задание на работу (рабочее задание).

Изучить устройство и принцип действия контакторов. Собрать и изучить схемы контакторного управления (рис. 4 – 10).

Работа выполняется каждым студентом индивидуально или бригадами из двух – трех студентов.

#### 5. Ход работы (порядок выполнения работы);

1. Изучить исследуемую схему и начертить её в отчет.
2. Осмотреть контактор, найти гнезда выводов обмотки, главных и блокированных контактов.
3. Осмотреть и опробовать кнопки.
4. Осмотреть и опробовать пакетный выключатель.
5. Произвести монтаж схемы на стенде.
6. После контроля со стороны преподавателя правильности монтажа схемы подать напряжение на схему пакетным выключателем и осуществить пуск и останов электродвигателя соответствующими кнопками.
7. Изучить работу схемы и сделать её описание в отчете.
8. Демонтировать схему.

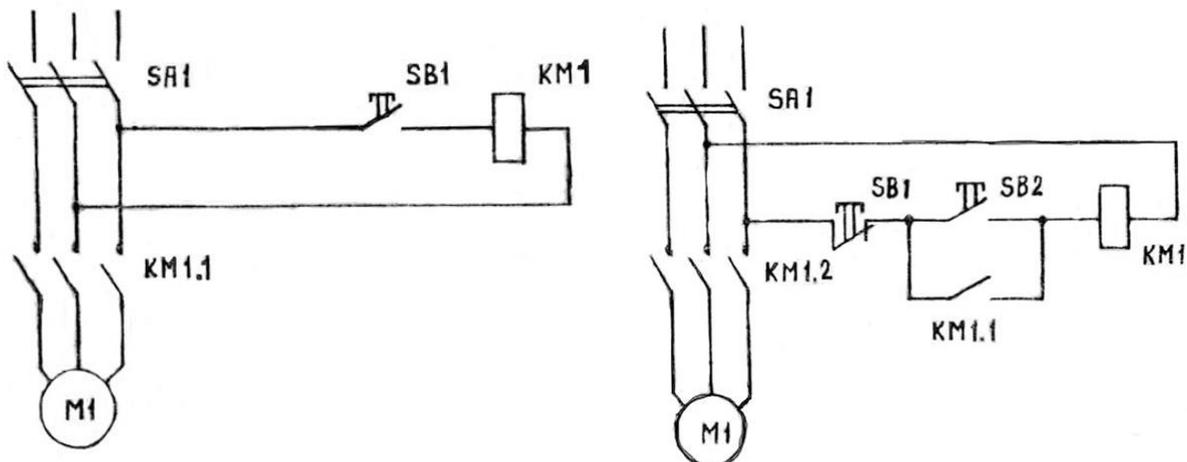


Рис.4. Схема включения электродвигателя для наладочного режима работы.

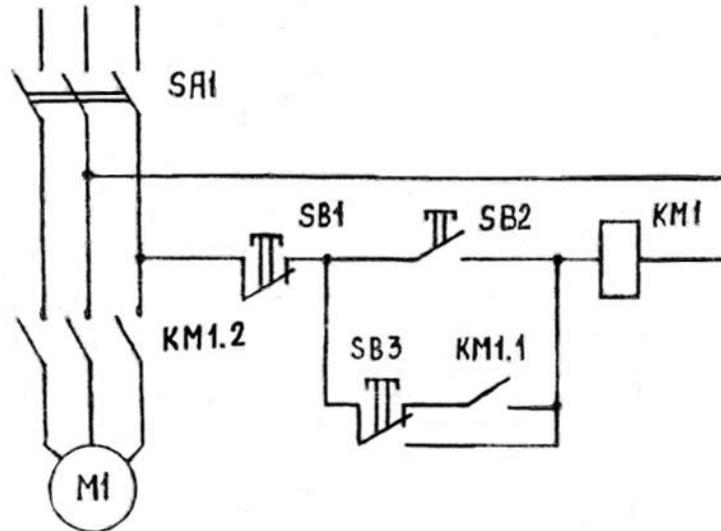


Рис.5. Схема включения электродвигателя для продолжительного режима работы.

Рис.6. Схема включения электродвигателя для наладочного и продолжительного режимов работы.

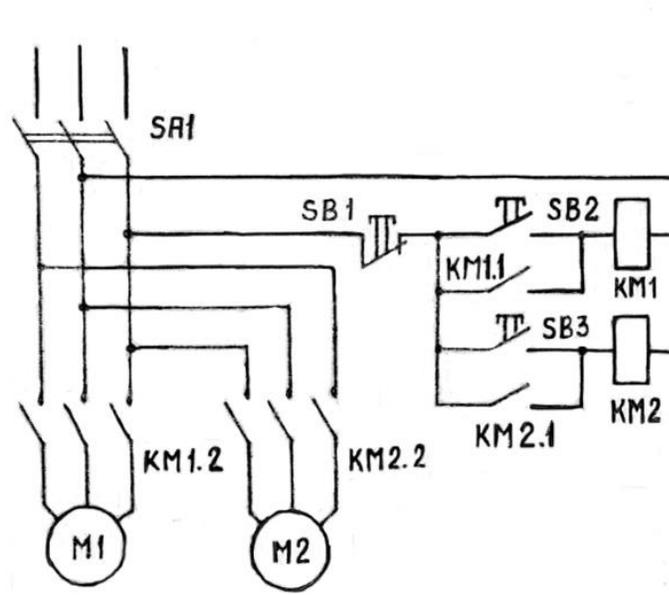


Рис.7. Схема раздельного включения двух электродвигателей.

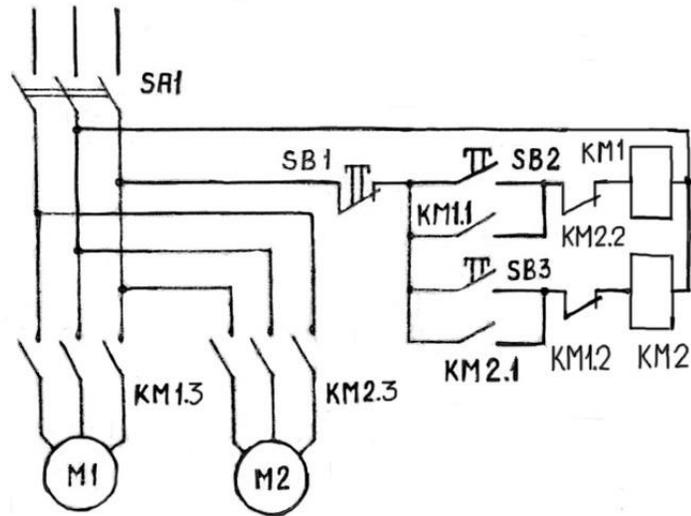


Рис.8. Схема включения двух электродвигателей, исключающая их одновременную работу.

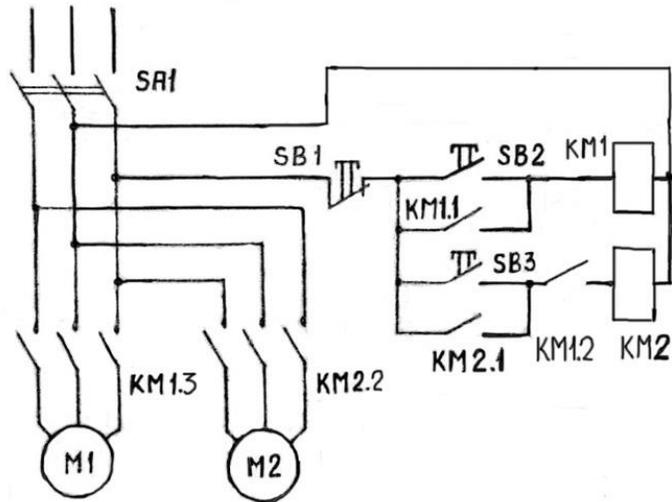


Рис.9. Схема последовательного включения двух электродвигателей.

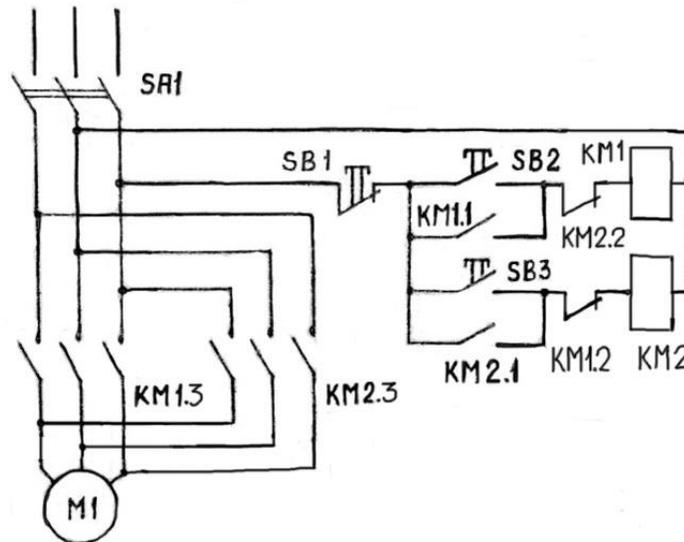


Рис.10. Схема реверсивного включения электродвигателя.

## 6. Содержание отчета;

В отчете должны быть помещены схемы включения электродвигателей для различных функций управления (исключающая их одновременную работу, последовательного включения, реверсивного включения и т.д.)

## 7. Список использованных источников.

1. Москаленко, В.В. Системы автоматизированного управления электропривода : учебник сред. спец. учеб. заведений / В.В. Москаленко .— М. : Инфра-М, 2007 .— 208с. : ил. — (Среднее профессиональное образование) .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-16-001676-4 /в пер./ : 135.00.

2. Терехов, В.М. Системы управления электроприводов : учебник для вузов / В.М. Терехов, О.И. Осипов; под ред. В.М. Терехова .— 2-е изд., стер. — М. : Академия, 2006 .— 304с. : ил. — (Высшее профессиональное образование: Электротехника) .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-7695-2911-3 /в пер./ : 385.00.

3. Соколовский, Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием : учебник для вузов / Г.Г. Соколовский .— 2-е изд., испр. — М. : Академия, 2007 .— 272с. : ил. — (Высшее профессиональное образование: Электротехника) .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-7695-4505-4 /в пер./ : 194.70.

4. Коломиец, А.П. Международная Ассоциация "Агрообразование". Электропривод и электрооборудование : учебник для вузов / А.П. Коломиец [и др.]; Междунар. ассоц. "Агрообразование" .— М. : КолосС, 2007 .— 328с. : ил. —

(Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений) .— Библиогр.в конце кн. — ISBN 978-5-9532-0596-2 /в пер./ : 351.95.

5. Копылов И.П. Электрические машины: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк. Логос; 2000. – 607 с.

6. Михайлов О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов : Учебник для вузов. - М.: Машиностроение, 1990, - 304 с.,ил.

7. ГОСТ 50369-92. Электроприводы. Термины и определения.

8. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. – 2-е изд.перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат, 2001, - 704с.

9.Михайлов О.П.,Соколов В.Е. Электрические аппараты и средства автоматизации. - М.: Машиностроение,1982, - 183 с.,ил.

10. ГОСТ 2.710 – 81

11. ГОСТ 2.755 – 74

12. ГОСТ 2.756 – 76

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 3**

### **ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВ И ВИДОВ ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**

#### **1. Цель и задачи работы**

Цель работы:

Изучение различных видов защит асинхронного двигателя с коротко замкнутым ротором.

Задачи работы:

1. Ознакомится с различными видами защит электродвигателей.
2. Изучение устройства и принципов работы теплового реле и реле тока.
3. Изучение схем защиты электродвигателя с применением теплового реле и реле тока.
4. Приобретение практических навыков в разработке и наладке схем защиты электрических цепей и аппаратов.

#### **2. Общие положения (теоретические сведения);**

Различают следующие виды защиты электродвигателей.

**1. Нулевая защита.** Имеет место в схемах контактного управления электродвигателя с блокировкой кнопки «Пуск» блокировочными контактами контактора. При временном понижении или исчезновении питающего напряжения ток обмотки контактора снижается до величины отпускания его электромагнитной системы, главные контакты контактора отключают электродвигатель от сети, а блокировочные контакты разблокируют кнопку «Пуск». При восстановлении питающего напряжения до номинального значения контактор не включится, т.к. цепь питания его обмотки разорвана нормально разомкнутыми контактами кнопки «Пуск» и контактами блокировки. Поэтому самопроизвольного включения двигателя при восстановлении напряжения не произойдет.

С этой же целью применяют промежуточные реле напряжения, отключение которых происходит при падении напряжения ниже допустимого. Контакты промежуточных реле включают в цепь питания обмотки контактора.

2. Защита от длительных незначительных перегрузок электродвигателей. Осуществляется тепловым реле. На рис.1 схематически показано устройство теп-

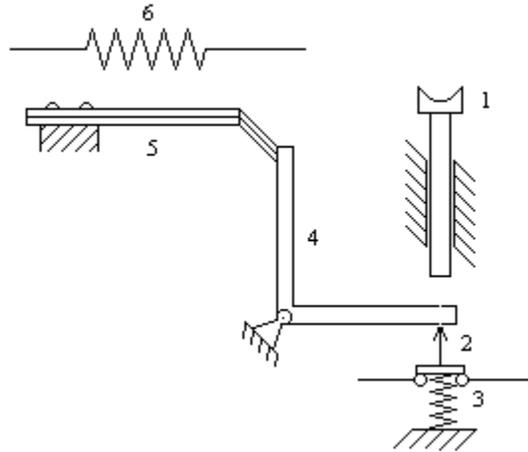


Рис.1. Устройство теплового реле.

лового реле. Нагревательный элемент 6 включается в одну из фаз питающего двигателя напряжения. Если электродвигатель потребляет ток в пределах номинального, то реле будет находиться во включённом состоянии, тогда контакты реле 2, включенные в цепь питания обмотки контактора, замкнуты. При перегрузке двигателя через нагревательный элемент 6 будет протекать ток, превышающий номинальный, что вызовет разогрев биметаллической пластины 5, расположенной вблизи нагревательного элемента. Биметаллическая пластина, состоящая из двух полос металла с различными коэффициентами линейного теплового расширения, при нагревании начнёт изгибаться. Когда пластина 5 выйдет из зацепления с рычагом 4, подпружиненный контакт 2 разомкнётся и отключит цепь питания обмотки контактора. Двигатель обесточится. После остывания пластины 5 тепловое реле приводится в исходное положение нажатием на кнопку 1. Момент срабатывания теплового реле можно регулировать путём изменения степени зацепления пластины 5 с рычагом.

Режим перегрузок может возникнуть при попадании одной из фаз питающего двигателя напряжения. Поэтому тепловое реле используют в спаренном варианте, т.е. включают в две фазы питающего напряжения. Условное графическое и буквенное изображение тепловых реле показано на рис.2.

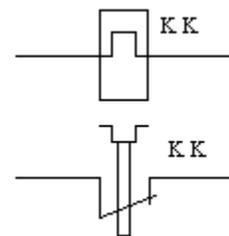


Рис.2. Условное изображение теплового реле.

3. Защиту от кратковременных и значительных (пиковых) нагрузок осуществляет реле тока, принцип действия которого заключается в следующем. При повышении тока, протекающем через обмотку реле, допустимого значения реле срабатывает и своими контактами разрывает цепь питания

обмотки контактора. При снижении тока к номинальному значению реле тока приходит в исходное состояние.

Различают реле тока электромагнитного и электродинамического типов.

Обмотка электромагнитного реле тока 3 (рис.3) включается последовательно в одну из фаз питающего электродвигатель напряжения. При повышении нагрузки

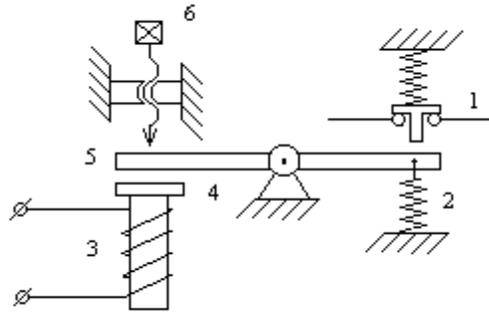


Рис.3. Устройство электромагнитного реле тока.

электродвигателя ток через обмотку реле возрастает, в определённый момент якорь 3 преодолевает усилие пружины 2 и притягивает к сердечнику 4. Контактная группа 1 разрывает цепь питания обмотки контактора, электродвигатель отключается от сети. Ток срабатывания сети можно регулировать изменением хода якоря винтом 6.

Обмотка реле тока 1 электродинамического типа (рис.4) включается в фазу питающего электродвигатель напряжения и через неё протекает ток, потребляемый электродвигателем. Возникающий в электромагнитной системе реле магнитный поток воздействует на якорь 2 и стремится его повернуть. Чем больший ток потребляется двигателем, тем больший возникает магнитный поток и тем на больший угол повернётся якорь 2, противодействуя пружине 5. При превышении током допустимого значения рычажок 3 нажмёт на контактную группу 4, которая разорвёт цепь питания обмотки контактора и двигатель отключится. Катушка 1 обесточится и реле возвратится в исходное состояние.

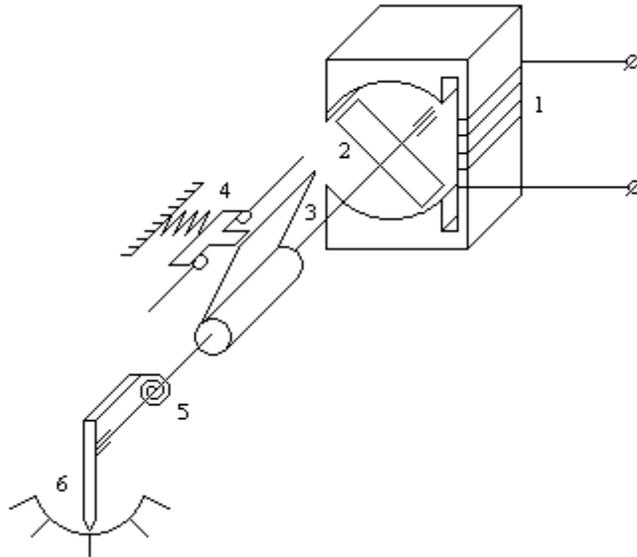


Рис.4. Устройство электродинамического реле тока.

Ток срабатывания реле можно регулировать ручкой 6, изменяя пружиной 5 противодействующий момент якорю 2. Условное графическое и буквенное обозначение реле тока на принципиальных электрических схемах показано на рис.5.

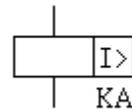


Рис.5. Условное изображение реле тока.

При пуске электродвигателя пусковой ток может превысить ток срабатывания реле. Реле отключит электродвигатель. Для исключения этого применяют реле времени, контакты которого блокируют контакты реле тока. Реле времени включают одновременно с электродвигателем. Время выдержки реле времени должно превышать время спада пускового тока до номинального значения.

4. Существуют комплексные устройства защиты электродвигателей, называемые автоматическими выключателями (автоматами). Они объединяют функции теплового реле и реле тока.

В зависимости от назначения и требуемых параметров автоматы различают по мощности (току), числу полюсов (одно-, двух-, трехполюсные), исполнению защитных расцепителей, быстродействию и конструктивному исполнению.

Принцип работы автомата состоит в следующем. Включение и отключение автомата производится с помощью рукоятки 4 (рис.6, автомат изображен в отключенном состоянии). Подвижной контакт 13 не замкнут с неподвижным контактом 14. При включении автомата следует привести его пружину во взведенное состояние, при этом рукоятка 4 перемещается вниз и заставляет повернуться деталь 3, пока она своим нижним концом не войдет в зацепление с зубом 6 удерживающего рычага 7. В результате автомат будет готов к включению. Для его вклю-

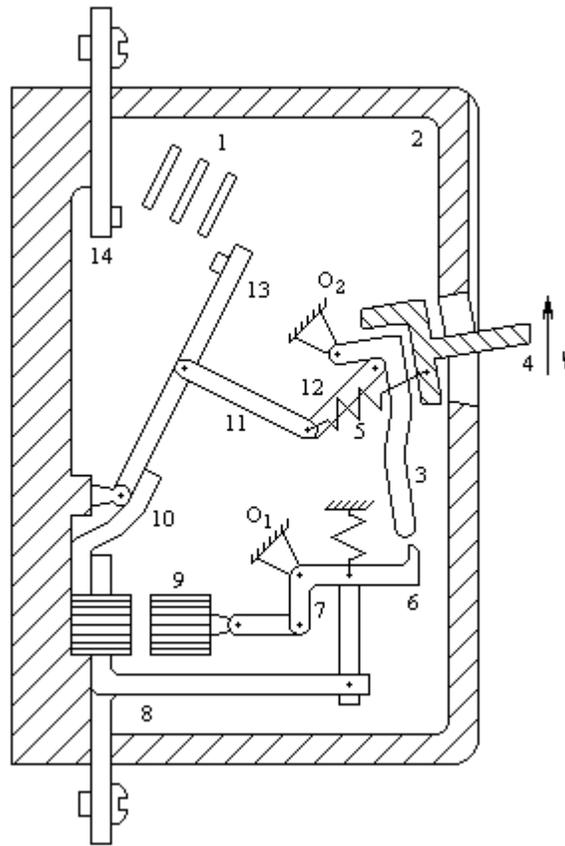


Рис.6. Устройство автоматического выключателя.

чения рукоятку 4 перемещают вверх. При этом пружина 5 займет такое положение, при котором рычаги 11 и 12 перемещаются вверх по отношению к мертвому положению. Автомат включится и цепь тока окажется замкнутой через контакты 13 и 14, гибкую связь 10, расцепители 8 и 9.

Автоматическое отключение автомата происходит при срабатывании расцепителей. При токах перегрузки срабатывает тепловой биметаллический расцепитель 8, свободный конец которого перемещается вниз, поворачивая рычаг 7 вокруг оси  $O_1$ . Зуб 6 выходит из зацепления с деталью 3 и пружиной 5. Деталь 3 поворачивает вокруг оси  $O_2$ , а рычаги 11 и 12 проходят мертвое положение. Под действием усилия пружины 5, направленного вниз, автомат отключается.

Аналогично происходит автоматическое отключение и при срабатывании расцепителя максимального тока. Повышенный ток вызывает притягивание якоря расцепителя 9, рычаг 7 поворачивается и зуб 6 выходит из зацепления с деталью 3.

Ручное отключение автомата происходит при перемещении рукоятки 4 вниз. При этом конец пружины 5 также перемещается вниз, а рычаги 11 и 12 отключа-

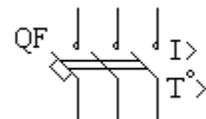


Рис.7. Условное обозначение автоматического выключателя

ют контакты. Возникающая при размыкании контактов автомата электрическая дуга гасит в дугогасительной решетке 1. Гашению дуги способствует замкнутое пространство, образованное крышкой 2.

### **3. Объекты исследования, оборудование, материалы и наглядные пособия;**

Лабораторная работа проводится на стенде, на котором установлены пакетный выключатель с индикатором наличия напряжения на стенде, предохранители, контактор, спаренное тепловое реле, реле тока, реле времени, кнопки, амперметр и трехфазный электродвигатель с механическим тормозом. Каждый электрический аппарат закрыт кожухом из плексигласа. На переднем стенде кожуха имеются штепсельные гнезда, к которым подключены все выводы электрического аппарата.

Электрические цепи монтируют с помощью гибких электрических проводников, на концах которых имеются штепсели для соединения с гнездами электрических аппаратов.

Нагрузку электродвигателя моделируют с помощью механического тормоза.

При исследовании работы схемы используется переменное напряжения 220В.

### **4. Задание на работу (рабочее задание).**

Изучить устройство и принцип работы электрических аппаратов для защиты электродвигателей. Собрать и изучить схемы защиты электродвигателей (рис.8,9).

Работа выполняется каждым студентом индивидуально или бригадами из двух-трех студентов.

### **5. Ход работы (порядок выполнения работы);**

1. Изучить устройство и принцип работы теплового реле и реле тока.
2. Осмотреть и апробировать электрические аппараты, закрепленные на стенде.
3. Произвести монтаж схемы (рис.8).
4. Осуществить контроль правильности собранной схемы совместно с преподавателем.
5. Осуществить пуск электродвигателя. Зафиксировать пусковой ток.
6. При помощи механического тормоза создать перегрузку двигателя в пределах  $(2..3)I_{ном}$  до срабатывания элементов защиты. Зафиксировать время срабатывания.
7. Демонтировать исследуемую схему.
8. Для схемы на рис.9 повторить пп.3-7. Зафиксировать ток срабатывания реле тока.
9. Произвести подключение электродвигателя через автоматический выключатель. Продемонстрировать перегрузку двигателя.

## 6. Содержание отчета;

Отчет должен содержать все исследуемые схемы с подробным описанием их

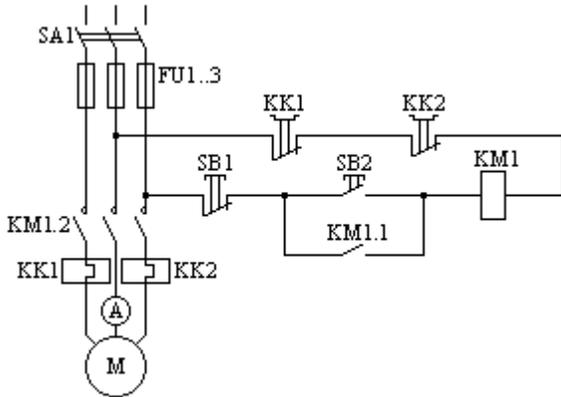


Рис.8. Схема защиты электродвигателя с применением теплового реле.

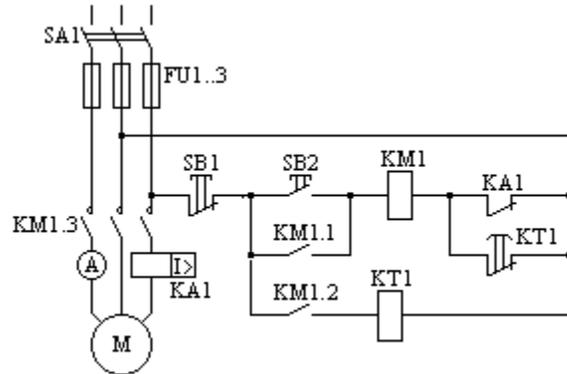


Рис.9. Схема защиты электродвигателя с применением реле тока.

работы, графики изменения тока, потребляемого двигателем.

## 7. Список использованных источников.

1. Москаленко, В.В. Системы автоматизированного управления электропривода : учебник сред. спец. учеб. заведений / В.В. Москаленко .— М. : Инфра-М, 2007 .— 208с. : ил. — (Среднее профессиональное образование) .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-16-001676-4 /в пер./ : 135.00.

2. Терехов, В.М. Системы управления электроприводов : учебник для вузов / В.М. Терехов, О.И. Осипов; под ред. В.М. Терехова .— 2-е изд., стер. — М. : Академия, 2006 .— 304с. : ил. — (Высшее профессиональное образование: Электротехника) .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-7695-2911-3 /в пер./ : 385.00.

3. Соколовский, Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием : учебник для вузов / Г.Г. Соколовский .— 2-е изд., испр. — М. : Академия, 2007 .— 272с. : ил. — (Высшее профессиональное образование: Электротехника) .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-7695-4505-4 /в пер./ : 194.70.

4. Коломиец, А.П. Международная Ассоциация "Агрообразование". Электропривод и электрооборудование : учебник для вузов / А.П. Коломиец [и др.]; Междунар. ассоц. "Агрообразование" .— М. : КолосС, 2007 .— 328с. : ил. — (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений) .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-9532-0596-2 /в пер./ : 351.95.

5. Копылов И.П. Электрические машины: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк. Логос; 2000. – 607 с.

6. Михайлов О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов : Учебник для вузов. - М.: Машиностроение, 1990, - 304 с.,ил.
7. ГОСТ 50369-92. Электроприводы. Термины и определения.
8. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. – 2-е изд.перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат, 2001, - 704с.
9. Михайлов О.П., Соколов В.Е. Электрические аппараты и средства автоматизации. - М.: Машиностроение, 1982, - 183 с.,ил.
10. ГОСТ 2.710 – 81
11. ГОСТ 2.755 – 74
12. ГОСТ 2.756 – 76

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 4**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕВЕРСИВНОЙ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫМ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ С ТОРМОЖЕНИЕМ ПРОТИВОВКЛЮЧЕНИЕМ.**

#### **1. Цель и задачи работы**

Целью работы является изучение реверсивной схемы автоматического управления пуском и торможением противовключением трёхфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

Задачи работы:

приобретение практических навыков в сборке схемы реверсивного управления трёхфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с торможением противовключением в функции скорости;  
изучение устройства и работы реле скорости.

#### **2. Общие положения (теоретические сведения);**

##### **2.1. Реверсирование и торможение асинхронных двигателей.**

Широкое применение в станочных приводах получили трёхфазные двигатели с короткозамкнутым ротором. Асинхронные электродвигатели, так же как и электродвигатели постоянного тока, обратимы, т.е. могут работать как в двигательном режиме, так и в генераторном (тормозном). Генераторный (тормозной) режим работы используется при осуществлении реверсирования или остановки привода с целью уменьшения времени переходных процессов и повышения энергетических показателей привода.

Известны и широко применяются следующие виды торможения асинхронных двигателей:

рекуперативное торможение;  
динамическое торможение;  
торможение противовключением;  
конденсаторное торможение;

комбинированные виды торможения (индукционно-динамическое, динамическое и конденсаторное, конденсаторное с коротким замыканием, динамическое и противовключением и др. ).

В данной работе изучается и исследуется работа схемы управления трёхфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором в режиме реверсирования и торможения противовключением.

### Торможение противовключением.

Чтобы изменить направление вращения – реверсировать асинхронный двигатель, надо переключить подсоединение любых двух из трёх выводов двигателя к фазам сети. Если таким образом поменять чередование фаз статора у работающего двигателя, то мгновенно изменится направление вращения магнитного поля статора. При этом ротор продолжает вращаться по инерции, а электромагнитный момент меняет своё направление. Скольжение становится больше единицы:

$$S = (-\omega_1 - \omega_2) / \omega_1 > 1.$$

Это приводит к тормозному режиму с очень большим током и моментом. При таком режиме работы электродвигатель переходит с характеристики 1 на характеристику 2 (рис. 1). После замедления двигатель разгоняется в обратном направлении.

Особенностью торможения противовключением являются большой ток статора и отсутствие нулевого значения тормозного момента при остановке двигателя. Для остановки двигателя приходится применять реле контроля скорости. При приближении к нулевой частоте вращения реле даёт команду на отключение двигателя. В противном случае двигатель разгонится в обратном направлении. Для ограничения токов и ударных моментов в некоторых случаях в цепь статора включают резисторы. Кроме того, исключение ударных моментов может достигаться обеспечением паузы после отключения контактора двигательного режима и до включения контактора реверса (противовключения).

### 2.2. Устройство реле контроля скорости.

Существует несколько способов измерения частоты вращения (способ тахометра, тахогенератора, стробоскопический и др.). Рассмотрим устройство и принцип работы реле контроля скорости, широко используемого в устройствах электроавтоматики.

Реле контроля скорости (РКС) механически соединяется с валом электродвигателя. Контакты этого реле включаются в управляющую часть схемы.

Реле контроля скорости работает аналогично асинхронному двигателю и устроено следующим образом (рис. 2). Постоянный магнит 1, вал которого соединён с валом электродвигателя М, вращается внутри короткозамкнутой клетки 2 (“беличья клетка”) и наводит в стержнях клетки токи. Эти токи взаимодействуют с вращающимся магнитным полем постоянного магнита и создают электромагнитный момент. Короткозамкнутая клетка под действием этого момента поворачивается и упор 6 воздействует на контакты 5 и 7, вызывая их замыкание с контактами 4 или 8 (в зависимости от направления вращения ротора электродвигателя). При торможении электродвигателя частота вращения постоянного магнита уменьшается и при достижении ею значения, равного 5-10% от номинальной частоты вращения, электромагнитный момент уменьшается до значения, при котором замкнутая пара контактов реле под действием пружины 3 или 9 размыкается и процесс торможения прекращается, что исключает возникновение реверса при торможении противовключением. Частоту вращения, при которой наступает размыкание контактов реле, можно регулировать сжатием пружины с помощью регулировочных винтов 3 или 9.

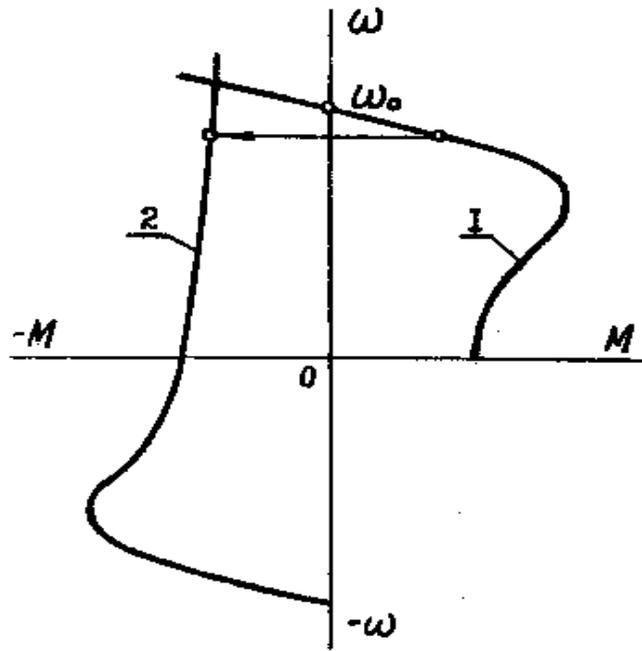


Рис. 1  
Механические характеристики двигателя при торможении  
противовключением

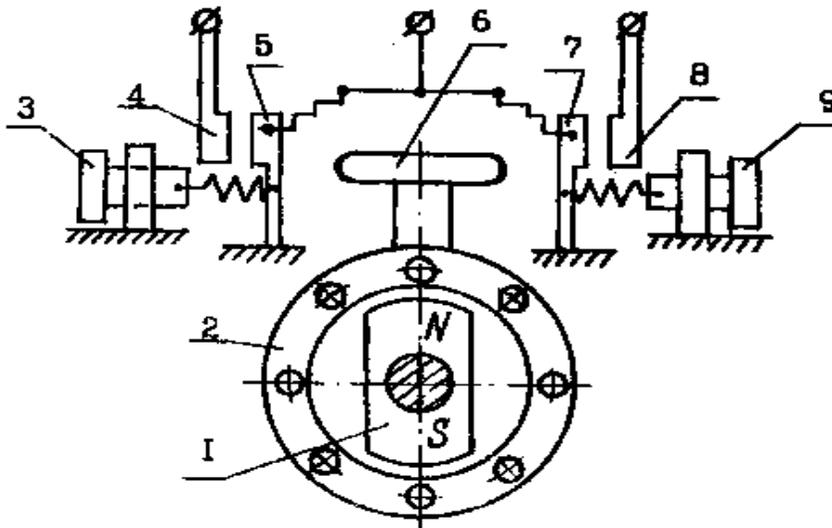


Рис. 2  
Устройство реле контроля скорости.

### **3. Объекты исследования, оборудование, материалы и наглядные пособия;**

Исследуемая схема (рис. 3) обеспечивает реверсивное управление трёхфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с торможением противовключением в функции скорости.

Силовая часть схемы (включается в сеть пакетным выключателем SA1) состоит из электродвигателя М, обмотка статора, которого включается в сеть через две группы силовых контактов: контактов КМ1.1, при замыкании которых ротор электродвигателя вращается в одном направлении (“Вперёд”), и контактов КМ2.1, при замыкании которых ротор вращается в другом направлении (“Назад”). Эти же две группы контактов используются для торможения противовключением. Кроме того, силовая часть схемы содержит реле контроля скорости SR1, механически соединённое с валом электродвигателя. Контакты этого реле SR1.1 и SR1.2 включены в управляющую часть схемы. Управляющая часть схемы (включается выключателем SA1) состоит из ряда кнопочных контактов, реле, контакторов и их контактов.

Схема (рис. 3) работает следующим образом. Для включения электродвигателя на вращение “Вперёд” нажимают сдвоенную кнопку SB1. При этом контакты 3 – 5 замыкают цепь катушки контактора КМ1 и одновременно размыкаются контакты 3-13, исключающие возможность случайного замыкания цепи катушки контактора КМ2, что привело бы к короткому замыканию в силовой части схемы. При срабатывании линейного контактора КМ1 замыкаются контакты КМ1.2, шунтирующую кнопку SB1, и включаются силовые контакты КМ1.1, подключающие обмотку статора электродвигателя М к трёхфазной цепи. Одновременно размыкаются контакты КМ1.3, исключающие возможность включения контактора КМ2, и замыкаются контакты КМ1.4. После пуска электродвигателя срабатывает РКС и его контакты SR1.2 замыкаются. Для остановки электродвигателя нажимают кнопку SB3 (“Стоп”). При этом замыкаются контакты 1-21, подключающие обмотку реле торможения КМ3, при срабатывании которого размыкаются контакты КМ3.1, отключающие катушку контактора КМ1, замыкаются контакты КМ3.3 и контакты КМ3.2 в цепи контактов реле скорости SR1 (SR1.2). Отключение контактора КМ1 сопровождается замыканием контактов КМ1.3, что ведёт к срабатыванию линейного контактора КМ2 (через замкнутые контакты КМ3.2 и SR1.2). В результате силовые контакты КМ1.1 в цепи статора размыкаются, а силовые контакты КМ2.1 замыкаются и начинается торможение ротора электродвигателя противовключением. При уменьшении частоты вращения ротора до значения, равного 5–10 % от номинальной, контакты SR1.2 реле контроля скорости размыкаются. Контактор КМ2, и электродвигатель М отключается от сети. Одновременно размыкаются контакты КМ2.4, отключающие реле торможения КМ3, и замыкаются контакты КМ2.3 в цепи контактора КМ1. Контакты КМ3.1 замыкаются, а контак-

ты КМ3.2 размыкаются. В результате схема оказывается подготовленной к следующему пуску электродвигателя.

Если же после пуска электродвигателя в направлении “Вперёд” необходимо выполнить реверс, т.е. изменить направление вращения ротора, то кнопку SB3 (“Стоп”) нажимать не следует, а необходимо нажать кнопку SB2 (“Назад”).

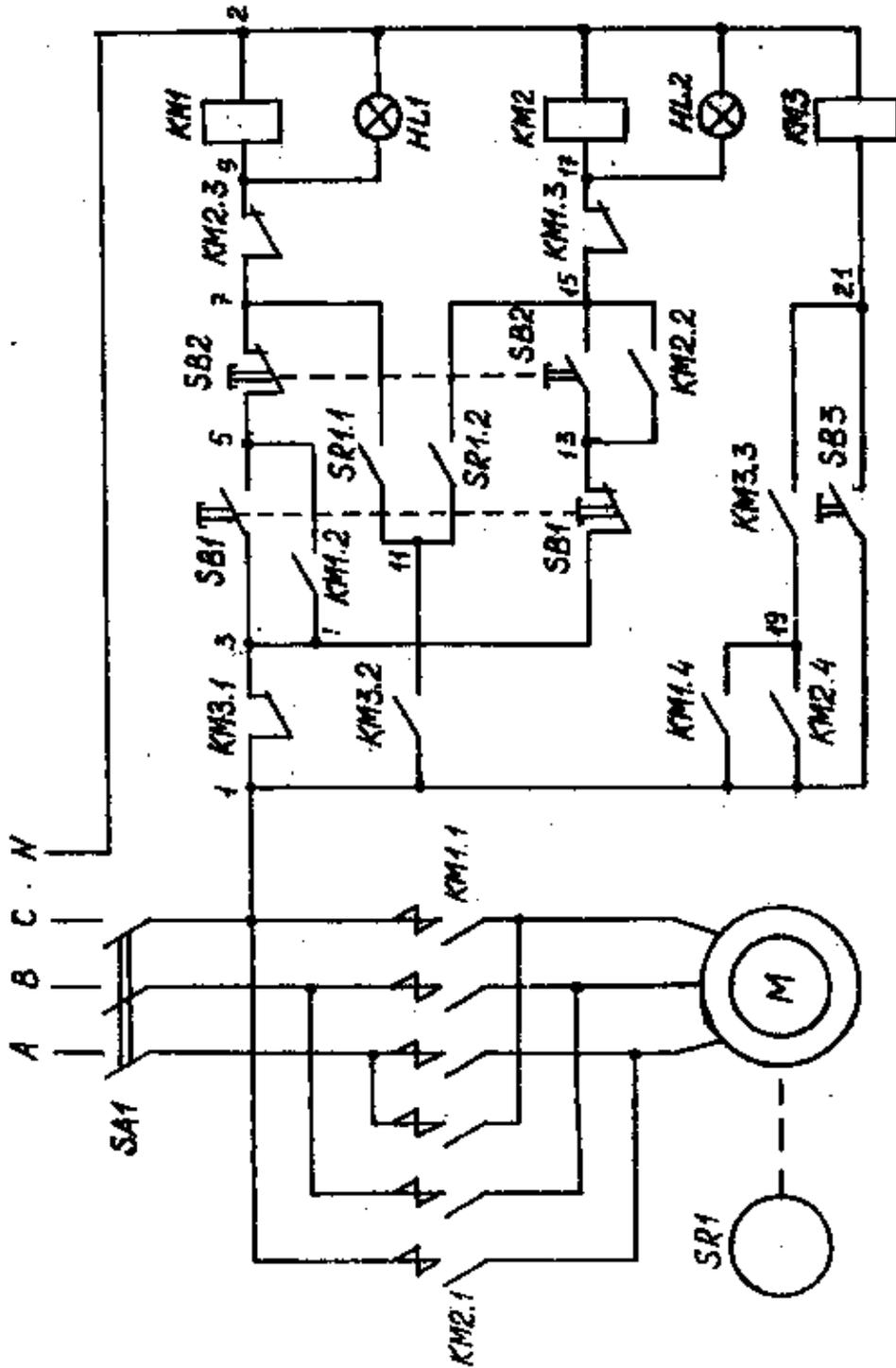


Рис.3.  
Схема реверсивного управления асинхронным электродвигателем с тормозом  
противовключением в функции скорости

При этом происходит следующее. Размыкаются контакты 5–7 (SB2), отключающие контактор КМ1, и замыкаются контакты 13–15 (SB2), подключающие контактор КМ2, размыкаются контакты КМ2.3 и КМ1.4 и замыкаются контакты КМ2.4 и КМ2.2. В цепи статора электродвигателя силовые контакты КМ1.1 разомкнутся, а силовые контакты КМ2.1 замкнутся. В результате ротор электродвигателя изменит направление своего вращения. Контакт SR1.2 реле скорости разомкнётся, а замкнётся контакт SR1.1. Для отключения и торможения электродвигателя, как и в предыдущем случае, достаточно нажать кнопку SB3 (“Стоп”). Направление вращения вала электродвигателя сигнализируется индикацией лампами HL1 и HL2 (соответственно “Вперёд” и “Назад”).

#### **4. Задание на работу (рабочее задание).**

1. Изучить работу схемы реверсивного управления асинхронным электродвигателем с торможением противовключением в функции скорости. Изучить устройство реле контроля скорости.

2. Ознакомится с лабораторной установкой, записать паспортные данные электродвигателя и релейно-контакторных устройств.

3. Собрать схему по рис.3 и после проверки её преподавателем приступить к исследованию работы схемы. Требуемая для сборки схемы аппаратура расположена на лабораторном стенде.

4. Исследовать работу схемы в режимах пуска, реверса, остановки электродвигателя с противовключением и без него.

Для оценки эффективности торможения противовключением измерить секундомером время свободного выбега при отключении электродвигателя без торможения противовключением (с отключёнными контактами SR1.1 и SR1.2 реле контроля скорости), затем время торможения до полной остановки двигателя при торможении противовключением (включёнными в схему контактами SR1.1 и SR1.2).

5. Составить отчёт о проделанной работе. Отчёт должен содержать принципиальную схему управления, спецификацию релейно-контакторной аппаратуры, выводы об эффективности работы схемы на всех этапах её работы: пуск, реверс, торможение.

#### **5. Ход работы (порядок выполнения работы);**

1. Изучение работы схемы реверсивного управления асинхронным электродвигателем с торможением противовключением в функции скорости. Изучение устройства реле контроля скорости.

2. Ознакомление с лабораторной установкой, запись паспортных данных электродвигателя и релейно-контакторных устройств.

3. Выполнение схемы по рис.3, проверка её преподавателем, исследование работы схемы. Требуемая для сборки схемы аппаратура расположена на лабораторном стенде.

4. Исследование работы схемы в режимах пуска, реверса, остановки электродвигателя с противовключением и без него.

### **7. Список использованных источников.**

1. Москаленко, В.В. Системы автоматизированного управления электропривода : учебник сред. спец. учеб. заведений / В.В. Москаленко .— М. : Инфра-М, 2007 .— 208с. : ил. — (Среднее профессиональное образование) .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-16-001676-4 /в пер./ : 135.00.

2. Терехов, В.М. Системы управления электроприводов : учебник для вузов / В.М. Терехов, О.И. Осипов; под ред. В.М. Терехова .— 2-е изд., стер. — М. : Академия, 2006 .— 304с. : ил. — (Высшее профессиональное образование: Электротехника) .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-7695-2911-3 /в пер./ : 385.00.

3. Соколовский, Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием : учебник для вузов / Г.Г. Соколовский .— 2-е изд., испр. — М. : Академия, 2007 .— 272с. : ил. — (Высшее профессиональное образование: Электротехника) .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-7695-4505-4 /в пер./ : 194.70.

4. Коломиец, А.П. Международная Ассоциация "Агрообразование". Электропривод и электрооборудование : учебник для вузов / А.П. Коломиец [и др.]; Междунар. ассоц. "Агрообразование" .— М. : КолосС, 2007 .— 328с. : ил. — (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений) .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-9532-0596-2 /в пер./ : 351.95.

5. Копылов И.П. Электрические машины: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк. Логос; 2000. – 607 с.

6. Михайлов О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов : Учебник для вузов. - М.: Машиностроение, 1990, - 304 с., ил.

7. ГОСТ 50369-92. Электроприводы. Термины и определения.

8. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. – 2-е изд. перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат, 2001, - 704с.

9. Михайлов О.П., Соколов В.Е. Электрические аппараты и средства автоматизации. - М.: Машиностроение, 1982, - 183 с., ил.

10. ГОСТ 2.710 – 81

11. ГОСТ 2.755 – 74

12. ГОСТ 2.756 – 76

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 5**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ**

#### **1. Цель и задачи работы**

Цель работы - приобретение навыков в разработке, монтаже и отладке принципиальных электрических схем автоматизации различных циклов работы станков и промышленных роботов.

Задачи работы:

1. Ознакомление с принципами автоматизации рабочих циклов.
2. Ознакомление с методикой разработки принципиальных релейно-контактных электрических схем для автоматизации рабочих циклов.

#### **2. Общие положения (теоретические сведения);**

Под автоматизацией станков и промышленных роботов понимается, как правило, автоматическое выполнение (без участия человека) различных функций и заданных циклов. Автоматический режим осуществляется за счет применения датчиков контроля и различной автоматической аппаратуры по управлению исполнительными органами. Контролируемыми величинами могут быть линейные и угловые перемещения, временные интервалы, скоростные и нагрузочные характеристики и т.п.

Одной из широко распространенных форм автоматизации перемещения исполнительных органов (автоматизация в функции пути). При этом виде автоматизации в качестве датчиков положения подвижных органов используются путевые переключатели, сигналы с которых в аппаратуры управления приводом подачи подвижного органа (включение, отключение, реверсирование, изменение скорости подачи и т.п.).

Методику проектирования принципиальных электрических схем автоматизации рассмотрим на примере синтеза релейно-контактной схемы для реализации цикла (рис.1) перемещения подвижного узла станка.

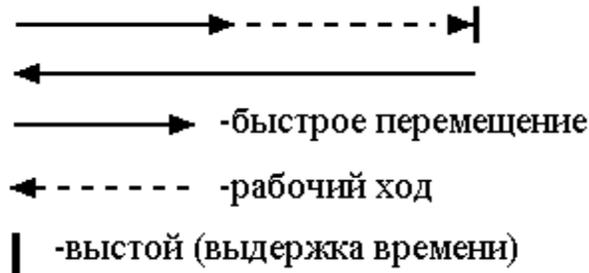


Рис.1. Условное изображение рабочего цикла

### 2.1 Описание рабочего цикла.

Из начального положения подвижной узел осуществляет быстрое перемещение (БП) до некоторого промежуточного положения, где происходит смена скорости движения на рабочий ход (РХ). При достижении крайнего правого положения подвижной узел останавливается для выстоя. По прошествии времени выстоя происходит обратное движение узла со скоростью быстрого перемещения. При достижении исходного положения подвижной узел останавливается.

### 2.2. Выбор электрической аппаратуры для схемной реализации цикла.

Поскольку в цикле используется реверсирование подвижного узла, то для его реализации требуется два контактора: КМ1 - для включения двигателя на прямое вращение, КМ2 - на обратное вращение. Для обеспечения двух скоростей перемещения и их автоматической смены необходимы две электромагнитные муфты: YC1 - для быстрого перемещения, YC2 - для рабочего хода. Для фиксации исходного, промежуточного и крайнего положений воспользуемся тремя путевыми выключателями SQ1, SQ2, SQ3, а для реализации выстоя используем реле времени - КТ1.

### 2.3. Разработка кинематической схемы автоматизированного узла.

Кинематическая схема представлена на рис.2. Быстрое перемещение узла происходит при включении электромагнитной муфты YC1 (YC2 - отключена).

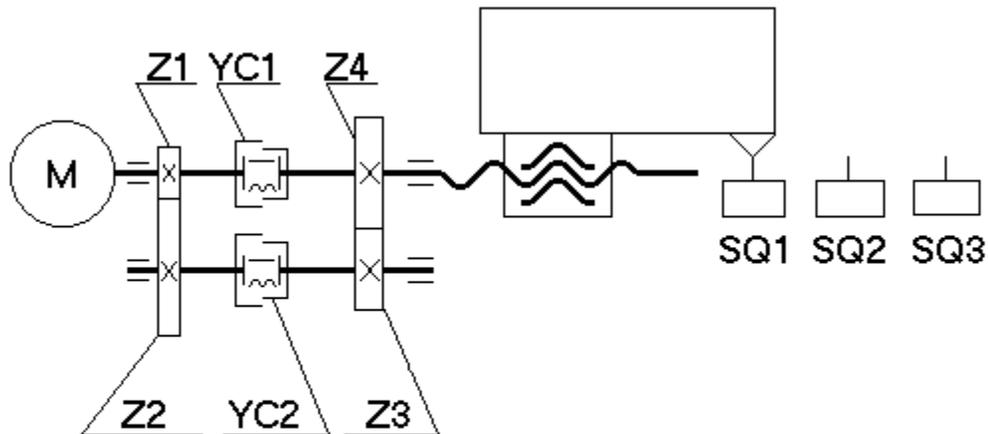


Рис.2. Кинематическая схема автоматизированного узла

Вращающий момент от двигателя М непосредственно передается на пару «винт- гайка». Для обеспечения рабочего хода включается электромагнитная муфта YC2 (YC1 - отключается). В передаче вращательного движения участвуют пары зубчатых колес  $Z_1$  и  $Z_2$ ,  $Z_3$  и  $Z_4$ . В направлении перемещения подвижного узла расположены путевые переключатели SQ1, SQ2, SQ3 для фиксации положений.

#### 2.4.Разработка временных диаграмм.

В исходном положении (интервал 0-1, рис.3) только переключатель SQ1 находится во включенном состоянии - фиксация исходного положения (включенное состояние на диаграммах показывается высоким уровнем, отключенное- низким). При нажатии на кнопку SB1 «Пуск» производится включение контактора KM1, двигатель начинает вращение в прямом направлении (причинно-следственные связи на диаграмме указаны извилистой тонкой линией со стрелкой на конце). Одновременно включается электромагнитная муфта YC1 для обеспечения БП.

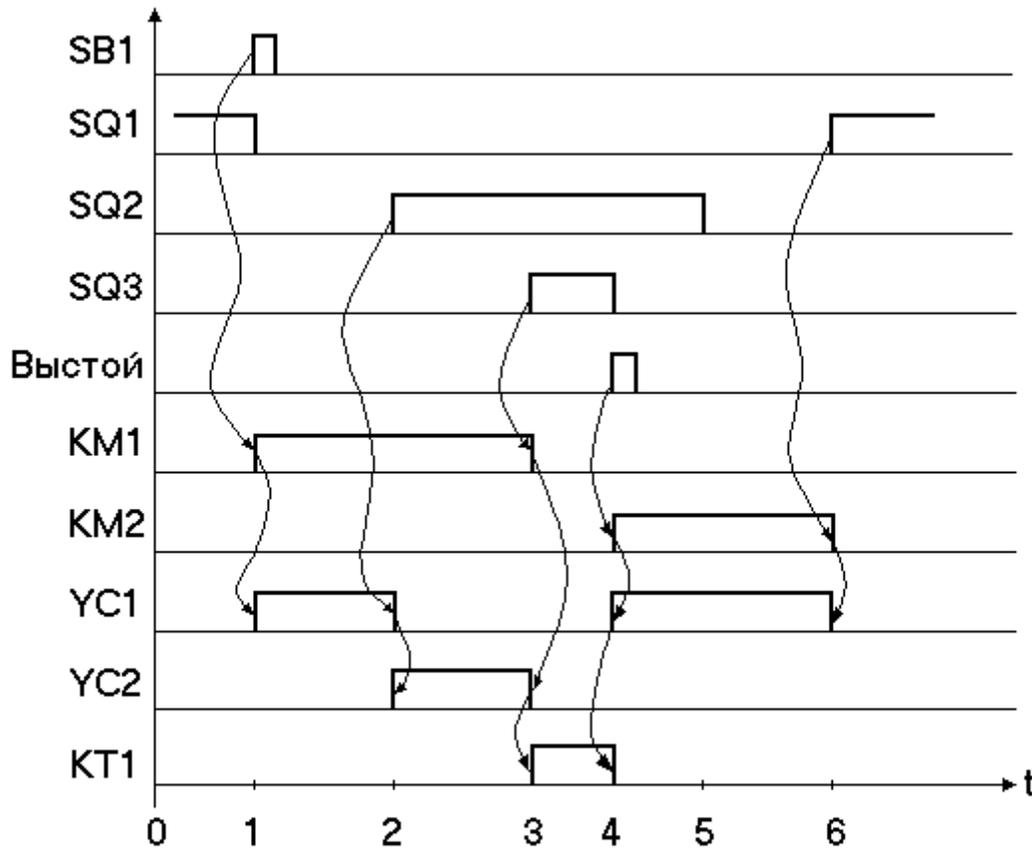


Рис.3. Временная диаграмма

Срабатывание SQ2 (момент 2) вызывает отключение муфты YC1 и включение YC2. Дальнейшее движение осуществляется со скоростью PX.

В момент времени 3 срабатывание SQ3 отключает KM1 и YC2 (движение прекращается). Одновременно происходит включение реле времени KT1.

По прошествии времени выстоя реле времени вырабатывает сигнал «Выстой» (момент 4), который включает KM2 (обратное перемещение) и муфту YC1 для задания скорости БП. Одновременно происходит отключение KT1 для ее возврата в исходное состояние. Отключение путевого переключателя SQ2 в момент времени 5 не вызывает каких-либо изменений в работе автоматизированного узла.

При достижении начального положения (момент 5) происходит срабатывание SQ1, что влечет за собой отключение KM2 и YC1.

Цикл может быть повторен нажатием кнопки «Пуск».

#### 2.5. Разработка принципиальной электрической схемы.

Контактор KM1 осуществляет прямое включение двигателя подвижного узла. Поэтому кнопку «Пуск» SB1 соединяем последовательно с катушкой контактора KM1. Так как движение должно продолжаться и после прекращения нажатия на кнопку SB1, шунтируем кнопку замыкающим контактом KM1.1 (рис.4а).

При срабатывании KM1 его главные контакты KM1.4 подключают двигатель M1 на прямое вращение (рис.4б). Одновременно должна срабатывать электро-

магнитная муфта  $YC1$ . Поэтому в цепь ее питания устанавливаем блокировочный контакт  $KM3.1$ .

При срабатывании путевого переключателя  $SQ2$  происходит смена скоростей перемещения с БП на РХ. Это осуществляется путем размещения нормально замкнутого контакта  $SQ2.1$  в цепь питания электромагнитной муфты  $YC1$ , а нормального разомкнутого - в цепь питания  $YC2$ .

В крайнем левом положении срабатывание выключателя  $SQ3$  должно произвести останов двигателя и включение реле времени  $KT1$  для реализации выстоя. Для этого нормально замкнутый контакт  $SQ3$  помещаем в цепь питания катушки контактора  $KM1$ , а нормально разомкнутый контакт - в цепь питания катушки реле времени  $KT1$ .

Нормально разомкнутый контакт реле времени  $KT1.1$  помещен в цепь питания катушки контактора  $KM2$ . При его срабатывании по прошествии времени выстоя цепь питания катушки  $KM2$  замкнется. Двигатель  $M1$  посредством главных контактов  $KM2.4$  включается на обратное вращение путем смены очередности фаз питающего напряжения.

Так как движение должно продолжаться и после размыкания контакта  $KT1.1$  (размыкание произойдет при обесточивании катушки  $KT1$  контактом  $SQ3.2$ ), то контакт  $KT1.1$  шунтируем замыкающим контактом  $KM2.1$ .

Обратное перемещение должно производиться со скоростью БП. Поэтому контакт  $KM2.3$  включен параллельно контакту  $KM1.3$  в цепи питания электромагнитной муфты  $YC1$ . Действие переключателя  $SQ2$  при обратном перемещении не должно вызывать изменения скорости. Поэтому контакт  $KM2.3$  шунтирует контакты  $SQ2$ .

При достижении перемещающимся органом исходного положения катушка  $KM2$  должна отключиться, вызывая останов двигателя. Это достигается путем размещения контактов  $SQ1$  в цепь питания  $KM2$ .

Так как двигатель  $M1$  работает в реверсивном режиме и управляется с помощью двух контакторов, одновременное включение которых не допустимо, то в цепь питания одного контактора вводим размыкающие контакты другого контактора -  $KM2.2$  и  $KM1.2$ .

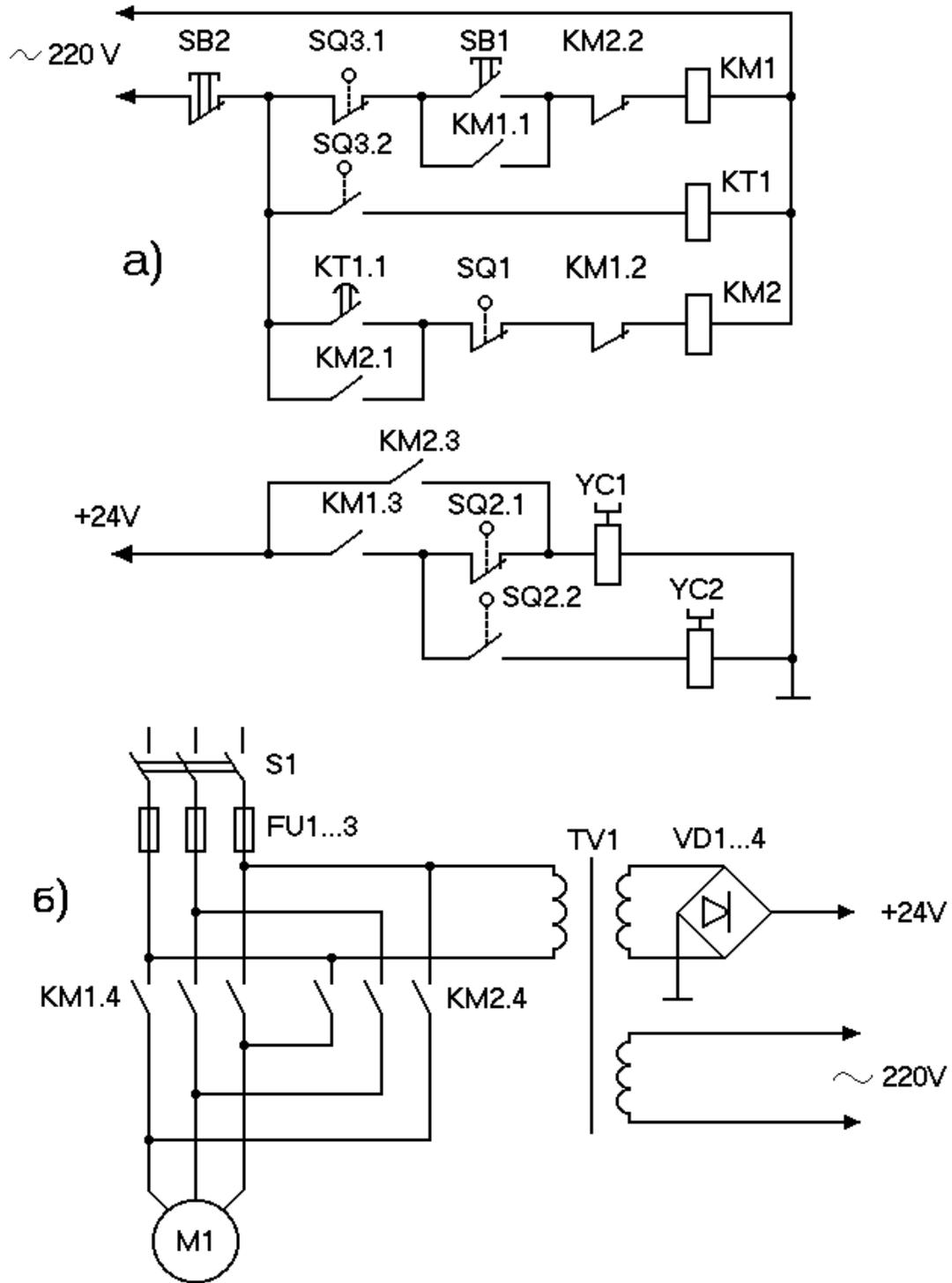


Рис.4.Схема принципиальная электрическая автоматизации рабочего цикла.

Для предотвращения аварийных ситуаций необходимо предусмотреть в схеме кнопку «Стоп» SB2, расположенную в цепи питания всей схемы. Поэтому ее нажатие обеспечит отключение всех электрических аппаратов схемы.

### **3. Объекты исследования, оборудование, материалы и наглядные пособия;**

Лабораторная работа проводится на стенде, на котором установлены пакетный выключатель с индикацией наличия напряжения на стенде, предохранители, два контактора, реле времени, кнопки, подвижной механизм с двигателем, тремя путевыми переключателями и автоматической коробкой скоростей, имеющей две электромагнитные муфты. Кнопки, контакторы и реле времени закрыты кожухом из плексигласа. На передней стенке кожуха имеются штепсельные гнезда, к которым подключены все выводы каждого электрического аппарата.

Контакты путевых переключателей и электромагнитных муфт выведены на стенд и закрыты кожухом из плексигласа.

Электрические цепи монтируют с помощью гибких электрических проводников, на концах которых имеются штепселя для соединения с гнездами электрических аппаратов.

При выполнении работы используется переменное напряжение 220 В.

После ознакомления с теоретическими сведениями производится разработка принципиальной электрической схемы автоматизации рабочего цикла согласно полученному варианту задания и в соответствии с пунктами 2.1... 2.5.

После проверки преподавателем правильности разработанной схемы приступают к ее монтажу на лабораторном стенде.

**ВНИМАНИЕ.** Схема, представленная на рис.4б, предварительно смонтирована, электромагнитные муфты одним своим выводом имеют соединение с общим проводом постоянного напряжения.

После проверки со стороны преподавателя правильности монтажа схемы осуществляют ее пуск и контроль выполнения заданного рабочего цикла.

#### 4. Задание на работу (рабочее задание).

Таблица 1.

Варианты заданий для разработки и исследования  
схем автоматизации рабочих циклов

Вариант	Рабочий цикл	Вариант	Рабочий цикл
1		13	
2		14	
3		15	
4		16	
5		17	
6		18	
7		19	
8		20	
9		21	
10		22	
11		23	
12		24	

### **5. Ход работы (порядок выполнения работы);**

После ознакомления с теоретическими сведениями производится разработка принципиальной электрической схемы автоматизации рабочего цикла согласно полученному варианту задания и в соответствии с пунктами 2.1... 2.5.

После проверки преподавателем правильности разработанной схемы приступают к ее монтажу на лабораторном стенде.

**ВНИМАНИЕ.** Схема, представленная на рис.4б, предварительно смонтирована, электромагнитные муфты одним своим выводом имеют соединение с общим проводом постоянного напряжения.

После проверки со стороны преподавателя правильности монтажа схемы осуществляют ее пуск и контроль выполнения заданного рабочего цикла.

### **6. Содержание отчета;**

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- условное изображение заданного варианта рабочего цикла и его описание;
- перечень электрической аппаратуры с пояснением назначения каждого электрического аппарата;
- кинематическую схему автоматизированного узла;
- временную диаграмму;
- принципиальную электрическую схему.

### **7. Список использованных источников.**

1. Михайлов О.П., Соколов В.Е. Электрические аппараты и средства автоматизации. - М.: Машиностроение, 1982. - 183 с.
2. Харизоменов И.В., Харизоменов Г.И. Электрооборудование станков и автоматизированных линий. - М.: Машиностроение, 1987. - 224 с.
3. ГОСТы: 2.710-81., 2.755-74., 2.756-76.

## Лабораторная работа №6

### «Изучение схемы управления патроном»

**Цель работы:** изучение схемы управления патроном.

**План работы:**

1. Изучить схему управления патроном станка 16K20T1, определить её основные элементы и их назначение.
2. Описать работу схемы управления патроном станка 16K20T1 при подаче команд «Кулачки к центру» и «Кулачки от центра».

**Выполнение работы.**

Схема управления патроном станка 16K20T1 приведена на рисунке 2.1

Зажим и разжим патрона (отвод и подвод кулачков) осуществляются соответствующими педалями. Прохождение сигнала от педали возможно только при отключенном шпинделе. Сигналы педали проходят через электроавтоматику станка или ЧПУ и включают контакторы и двигатель патрона в выбранном направлении. Правильность работы патрона определяется перемещением в нужном направлении кулачков патрона. Контроль усилия зажима патрона осуществляется концевым выключателем.

Работа схемы управления патроном при подаче команды «Кулачки к центру».

В цепь управления патроном входит многопозиционный переключатель SA3.1, с помощью которого выбирается режим управления кулачков патрона. При установке переключателя в положение 1 или 3 разрешается движение «Кулачки к центру». Ток проходит через нормально замкнутый контакт теплового реле KK6.2, через нормально замкнутый контакт реле KV4, которое контролирует отключенное состояние шпинделя. Далее ток проходит через педаль SA4, состоящую из двух переключателей, каждый из которых имеет один нормально замкнутый и один нормально разомкнутый контакты. При нажатии на педаль для отработки команды «Кулачки к центру» нормально



замкнутый контакт 3 размыкается, а нормально разомкнутый контакт 4 замыкается. Ток проходит через контакты 2 и 4 переключателя *SA4*, напряжение автоматики +24 В передается на катушку промежуточного реле *KV7*, оно срабатывает. При этом нормально разомкнутый контакт *KV7* замыкается и ток через нормально замкнутый контакт *KM7* протекает по катушке пускателя *KM6*, рассчитанной на переменный ток и переменное напряжение 110 В. Пускатель *KM6* срабатывает, его главные контакты, коммутирующие 380 В, замыкаются и электродвигатель начинает вращаться, выполняя команду «Кулачки к центру». Нормально замкнутый блок-контакт пускателя *KM6*, включенный в цепь управления «Кулачки от центра», размыкается.

При протекании тока через катушку реле *KV7* возникает электромагнитное поле, при отключении *KV7* магнитное поле затухает, изменяя свое направление. Возникает возможность ложного срабатывания *KV7*. Чтобы исключить эту возможность параллельно катушке *KV7* ставят диод *VD6*, включенный в обратном направлении.

Корректирующая *RC*-цепочка *A18*, включенная параллельно катушке пускателя *KM6*, устраняет эффект «дребезга контакта»: в положительную полуволну напряжения емкость *C* заражается, в отрицательную – разряжается.

Контроль зажима детали в патроне осуществляется концевым выключателем *SQ12*. При достаточном усилии зажима патрона концевой выключатель *SQ12* замыкает цепь установки счетчика патрона. При прохождении 3- 4 импульсов сигнала двигатель отключается.

Работа схемы управления патроном при подаче команды «Кулачки от центра».

При установке переключателя *SA3.1* в положение 4 разрешается движение «Кулачки от центра». Ток проходит через диод *VD7*, нормально замкнутый контакт теплового реле *KK6.2*, через нормально замкнутый контакт реле *KV4*, которое контролирует отключенное состояние шпинделя. Далее ток проходит через пе-

даль *SA4*. При нажатии на педаль для отработки команды «Кулачки от центра» нормально разомкнутый контакт *1* замыкается, а нормально замкнутый контакт *2* размыкается. Ток проходит через контакты *1* и *3* переключателя *SA4*, напряжение автоматики +24 В передается на катушку промежуточного реле *KV6*, оно срабатывает. При этом нормально разомкнутый контакт *KV6* замыкается и ток через нормально замкнутый контакт *KM6* протекает по катушке пускателя *KM7*, рассчитанной на переменный ток и переменное напряжение 110 В. Пускатель *KM7* срабатывает, его главные контакты, коммутирующие 380 В, замыкаются и электродвигатель начинает вращаться, выполняя команду «Кулачки от центра». Нормально замкнутый блок-контакт пускателя *KM7*, включенный в цепь управления «Кулачки к центру», размыкается.

При протекании тока через катушку реле *KV6* возникает электромагнитное поле, при отключении *KV6* магнитное поле затухает, изменяя свое направление. Возникает возможность ложного срабатывания *KV6*. Чтобы исключить эту возможность параллельно катушке *KV6* ставят диод *VD5*, включенный в обратном направлении.

Корректирующая *RC*-цепочка *A19*, включенная параллельно катушке пускателя *KM7*, устраняет эффект «дребезга контакта»: в положительную полуволну напряжения емкость *C* заряжается, в отрицательную – разряжается.

### **Вывод.**

В результат проделанной работы изучили схему управления патроном станка 16К20Т1, определили её основные элементы и их назначение; описали работу схемы при подаче команд «Кулачки к центру» и «Кулачки от центра».

## Лабораторная работа №7

### «Изучение схемы управления пинолью»

**Цель работы:** изучение схемы управления пинолью.

**План работы:**

1. Изучить схему управления пинолью станка 16К20Т1, определить её основные элементы и их назначение.
2. Описать работу схемы управления пинолью станка 16К20Т1 при подводе и отводе пиноли.

**Выполнение работы.**

Схема управления пинолью станка 16К20Т1 приведена на рисунке 3.1

Работа схемы управления подвода пиноли.

В цепь управления пинолью входит многопозиционный переключатель SA3.3, с помощью которого выбирается режим управления пинолью. При установке переключателя в положение 2 разрешается подвод пиноли. Ток проходит через нормально замкнутый контакт теплового реле KK3.2, через нормально замкнутый контакт реле KV4, которое контролирует отключенное состояние шпинделя. Далее ток проходит через педаль SA5, состоящую из двух переключателей, каждый из которых имеет один нормально замкнутый и один нормально разомкнутый контакты. При нажатии на педаль для подвода пиноли нормально разомкнутый контакт 3 замыкается, а нормально замкнутый контакт 4 размыкается. Ток проходит через контакты 1 и 3 переключателя SA5, напряжение автоматики +24 В передается на катушку промежуточного реле KV2, оно срабатывает. При этом нормально разомкнутый контакт KV2 замыкается и ток через нормально замкнутый контакт KM9 протекает по катушке пускателя KM8, рассчитанной на переменный ток и переменное напряжение 110 В. Пускатель KM8 срабатывает, его главные контакты, коммутирующие 380 В, замыкаются и электродвигатель начинает вращаться, осуществляя подвод пиноли. Нормально замкнутый блок-контакт пускателя KM8, включенный в цепь отвода пиноли, размыкается.

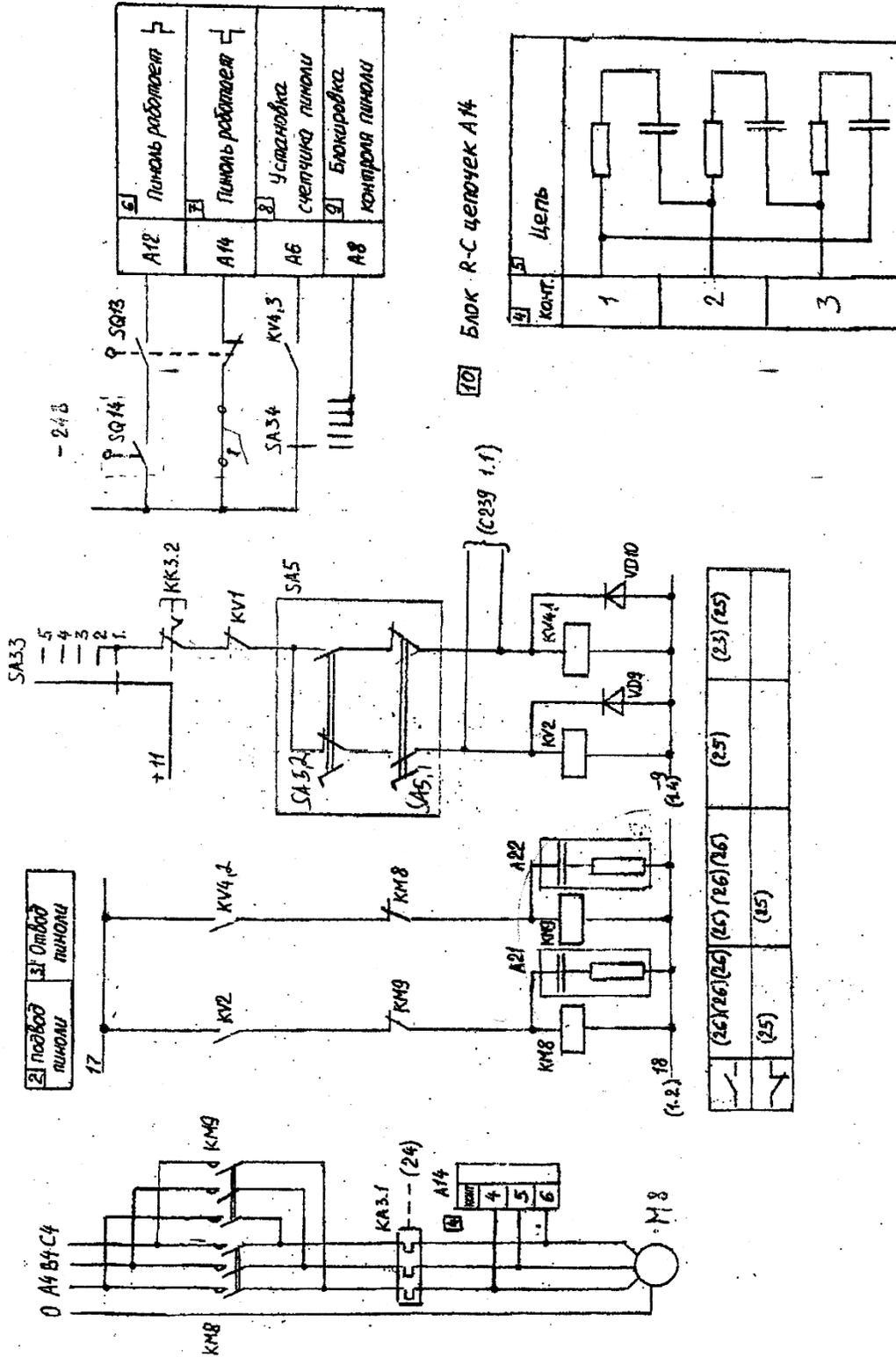


Рисунок 3.1 – Схема управления пиньолью станка 16K20T1

При протекании тока через катушку реле *KV2* возникает электромагнитное поле, при отключении *KV2* магнитное поле затухает, изменяя свое направление. Возникает возможность ложного срабатывания *KV2*. Чтобы исключить эту возможность параллельно катушке *KV2* ставят диод *VD9*, включенный в обратном направлении.

Корректирующая *RC*-цепочка *A21*, включенная параллельно катушке пускателя *KM8*, устраняет эффект «дребезга контакта»: в положительную полуволну напряжения емкость *C* заряжается, в отрицательную – разряжается.

Контроль зажима детали пинолью и достижения ею крайнего положения осуществляется концевыми выключателями *SQ13* и *SQ14*.

#### Работа схемы управления отвода пиноли.

Работа схемы управления отвода пиноли аналогична работе схемы управления подвода пиноли. При установке переключателя в положение \_ разрешается отвод пиноли. Ток проходит через нормально замкнутый контакт теплового реле *KK3.2*, через нормально замкнутый контакт реле *KV4*, которое контролирует отключенное состояние шпинделя. При нажатии на педаль для отвода пиноли нормально замкнутый контакт *1* размыкается, а нормально разомкнутый контакт *2* замыкается. Ток проходит через контакты *2* и *4* переключателя *SA5*, напряжение автоматики +24 В передается на катушку промежуточного реле *KV1*, оно срабатывает. При этом нормально разомкнутый контакт *KV1* замыкается и ток через нормально замкнутый контакт *KM8* протекает по катушке пускателя *KM9*, рассчитанной на переменный ток и переменное напряжение 110 В. Пускатель *KM9* срабатывает, его главные контакты, коммутирующие 380 В, замыкаются и электродвигатель начинает вращаться, осуществляя отвод пиноли. Нормально замкнутый блок-контакт пускателя *KM9*, включенный в цепь подвода пиноли, размыкается. При протекании тока через катушку реле *KV1* возникает электромагнитное поле, при отключении *KV1* магнитное поле затухает, изменяя свое направление. Возникает возможность ложного срабатывания *KV1*. Чтобы исключить эту возможность

параллельно катушке *KV1* ставят диод *VD10*, включенный в обратном направлении.

Корректирующая *RC*-цепочка *A22*, включенная параллельно катушке пускателя *KM9*, устраняет эффект «дребезга контакта»: в положительную полуволну напряжения емкость *C* заражается, в отрицательную – разряжается.

Контроль достижения пинолью крайнего положения осуществляется концевыми выключателями *SQ13* и *SQ14*.

### **Вывод.**

В результате проделанной работы изучили схему управления пинолью станка 16К20Т1: определили её основные элементы и их назначение; описали работу схемы управления пинолью станка 16К20Т1 при подводе и отводе пиноли.

## Лабораторная работа №8

### «Изучение схемы управления автоматической резцедержки»

**Цель работы:** изучить схему управления автоматической резцедержки.

**План работы:**

1. Изучить схему управления автоматической резцедержки станка 16K20T1, определить её основные элементы и их назначение.
2. Описать работу схемы управления автоматической резцедержки станка 16K20T1.

**Выполнение работы.**

Схема управления автоматической резцедержки станка 16K20T1 приведена на рисунке 4.1.

На пульте ЧПУ вводится команда отработки функции *T*. При выходе необходимых сигналов с ЧПУ о замене инструмента по функции *T* в плате управления формируется сигнал на поиск инструмента. С выхода *B26* выходит ток, протекающий по нормально замкнутому контакту *KM5* и катушку пускателя *KM4*. Главные контакты пускателя *KM4*, коммутирующие 380 В, замыкаются и двигатель начинает вращаться. Происходит поворот резцедержки на угол до совпадения позиции резцедержки с позицией, регулируемой датчиком положения. В плате управления через контакт *A20* формируется сигнал совпадения позиций, который запрещает прохождение сигнала «Поиск инструмента», и формируется сигнал на «Фиксацию инструмента» (выход *B14*). Двигатель начинает вращаться в противоположном направлении, происходит реверс и зажим резцедержки. Окончание зажима резцедержки контролируется концевым выключателем *SQ11* и токовым реле *KA1*. В ЧПУ выдается сигнал об исполнении команды на смену инструмента (вход *A32* «Ответ по *T*»).

Корректирующие *RC*-цепочки *A15* и *A16*, включенные параллельно катушкам пускателя *KM4* и *KM5* соответственно, устраняют эффект «дребезга контакта».



**Вывод.**

В результате проделанной работы изучили схему управления автоматической резцедержки станка 16K20T1: определили её основные элементы и их назначение; описали работу схемы.