

**МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР  
МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА  
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

---

**223**

**Кафедра общей электротехники**

**ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ  
АСИНХРОННЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ**

**Методические указания к лабораторным работам**

**Москва — 1986**

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР  
МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА  
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

223

Кафедра общей электротехники

Утверждено  
редакционно-издательским  
советом института

**ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ  
АСИНХРОННЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ**

Методические указания к лабораторным работам  
по дисциплине  
«ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»  
для студентов неэлектрических специальностей

Москва — 1986

## ВВЕДЕНИЕ

Данные указания помогут студентам в выполнении лабораторных работ по разделу «Электрический привод и аппаратура управления» дисциплины «Электротехника».

Указания включают в себя лабораторные работы по исследованию реверсивного магнитного пускателя и схем защиты асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, схем дистанционного управления асинхронными электродвигателями, а также основные теоретические сведения по этим вопросам.

# 1. ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ЗАЩИТА АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

## 1. Основные теоретические положения

Принцип действия основных аппаратов управления и защиты, применяемых в схемах электрического привода

**Принцип действия контактора.** Контакторм называется управляемый на расстоянии выключатель, предназначенный для частых замыканий и размыканий под нагрузкой силовых электрических цепей. В зависимости от рода тока различают контакторы постоянного и переменного тока. Контактторы постоянного тока выполняются однополюсными и двухполюсными, а контакторы переменного тока — двухполюсными и трехполюсными. Для управления контакторами применяют электромагнитные, электропневматические и электродвигательные приводы. Наибольшее распространение получили электромагнитные приводы.

Электромагнитный привод контактора (рис. 1) состоит из сердечника 1 с катушкой 2 и якоря 3. При отсутствии тока в катушке 2 якорь оттягивается пружиной 4. С якорем связана

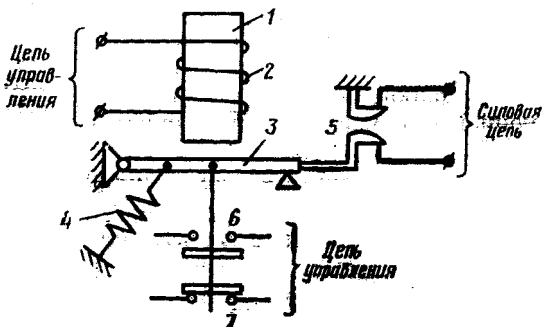


Рис. 1. Принципиальная схема электромагнитного контактора

контактная система контактора, состоящая из главных контактов 5 и блокировочных 6 и 7. Главные контакты осуществляют подключение электрической установки (например, электродвигателя) к сети и отключение ее, через них проходит ток значительной величины. Блокировочные контакты обеспечивают требуемую последовательность включения различных элементов схемы управления электрической установки, не допускают возникновения аварийных режимов и предотвращают неправильные действия обслуживающего персонала.

Катушка электромагнитного привода и блокировочные контакты включаются во вспомогательную электрическую цепь, называемую цепью управления. По катушке и через блокировочные контакты проходит небольшой ток управления.

При прохождении тока по катушке 2 привода контактора возникает магнитный поток, и якорь 3 притягивается к сердечнику 1. При этом замыкаются главные контакты 5 и блокировочные 6 и размыкаются блокировочные 7. Следовательно, замыкаются и размыкаются соответствующие электрические цепи, в которые включены эти контакты. При отключении катушки привода контактора от питающего напряжения якорь под действием пружины 4 отходит от сердечника, что приводит к размыканию контактов 5 и 6 и замыканию контактов 7.

Контакты могут быть замыкающими и размыкающими. Замыкающие контакты (в данном случае контакты 5 и 6) при отсутствии тока в катушке привода находятся в разомкнутом состоянии, и при прохождении тока по катушке замыкаются. Размыкающие контакты (в данном случае контакты 7) при отсутствии тока в катушке привода находятся в замкнутом состоянии, и при прохождении тока по катушке размыкаются. В некоторых типах контакторов имеется также система дугогашения, обеспечивающая быстрое гашение электрической дуги, возникающей при размыкании главных контактов контактора.

Устройство контактора. На рис. 2 показано схематично устройство контактора постоянного тока, где: 1 — блокировочные контакты; 2 — катушка электромагнитного привода; 3 — сердечник электромагнитного привода; 4 — рычаг; 5 — держатель подвижного контакта; 6 — контактная пружина; 7 — главные контакты; 8 — дугогасительная катушка; 9 — ось поворота якоря; 10 — отключающая пружина; 11 — якорь электромагнитного привода; 12 — панель.

Прохождение электрического тока через главные контакты приводит к нагреву и окислению их поверхности и повышению переходного сопротивления в месте соприкосновения подвижного контакта с неподвижным. Кроме того, электрическая дуга, появляющаяся при размыкании контактов, может привести к обгоранию и разрушению их поверхности, которая становится непригодной для длительного пропускания тока. Поэтому в контакторах место контакта, где образуется электрическая дуга, удалено от места, через которое длительно проходит ток после окончания процесса включения. Это

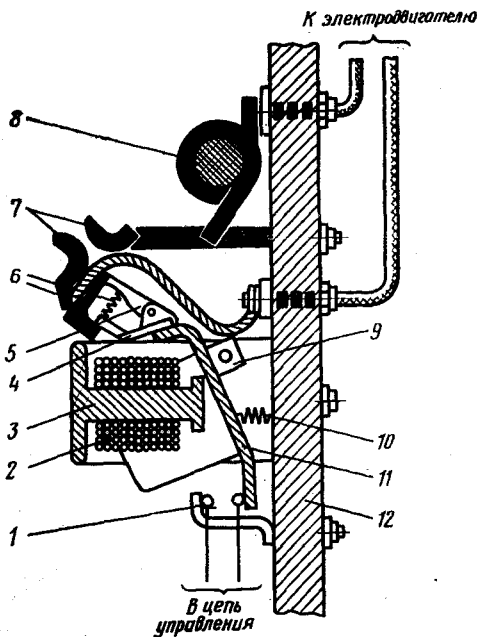


Рис. 2. Устройство электромагнитного контактора постоянного тока

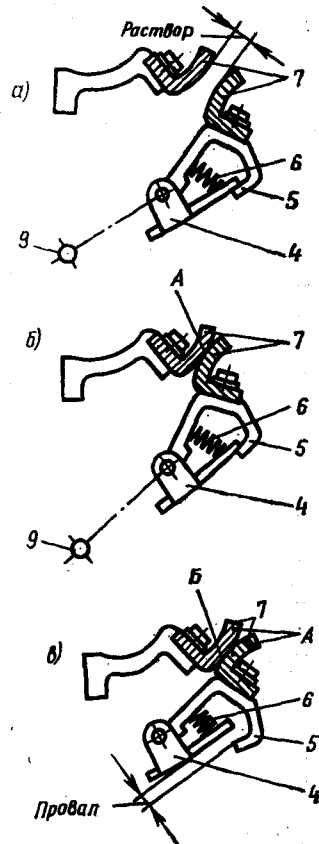


Рис. 3. Положения подвижного и неподвижного контактов в процессе их замыкания

достигается взаимным перекатыванием контактов, для чего их контактными поверхностям придается выпуклая форма. Чтобы не допустить возрастания переходного сопротивления контактов вследствие окисления их поверхности, контакты в процессе включения и выключения должны скользить друг по другу. Тогда при включениях и выключениях будет осуществляться взаимная зачистка контактных поверхностей от окисной пленки, нагара и загрязнений.

Совместный процесс перекатывания контактов и их взаимного скольжения называется притиранием. Оно осуществляется благодаря тому, что подвижной контакт монтируется на рычаге 4 (см. рис. 2) не жестко, а посредством шарнирной связи, и между держателем контакта 5 и рычагом 4 устанавливается контактная пружина 6.

В начальном положении (рис. 3а) между контактами 7 имеется зазор. При перемещении якоря поворачивается контактный рычаг 4 с держателем 5 вокруг оси 9, вследствие чего происходит соприкосновение подвижного контакта с неподвижным в точке А (рис. 3б). При дальнейшем движении якоря контактный рычаг 4 продолжает поворачиваться, контактная пружина 6 сжимается, увеличивая нажатие на контакты, и подвижной контакт перекатывается по неподвижному. После окончания процесса включения подвижный и неподвижный контакты соприкасаются в точке Б (рис. 3в). Процесс замыкания контактов при отключении контактора происходит в обратном порядке.

Для ускорения гашения дуги, возникающей в момент размыкания контактов, контакторы снабжены дугогасительными камерами, а также могут иметь дугогасительные катушки («магнитное дутье»). Действие дугогасительной катушки, включаемой последовательно в выключаемую цепь, основано на том, что горящая между двумя контактами 2 электрическая дуга 1 (рис. 4а), помещенная в магнитное поле катушки 7, выталкивается из зоны действия поля на дугогасительные рога 3 и 8. Под действием магнитного дутья и потоков нагретого воздуха внутри дугогасительной камеры 5 электрическая дуга перемещается к концам дугогасительных рогов, удлиняется и охлаждается, что приводит к быстрому ее гашению. Магнитное поле для гашения дуги создается между двумя стальными полюсными наконечниками 4, которые примыкают к стальному сердечнику 6 дугогасительной катушки.

Дугогасительная камера способствует охлаждению и более интенсивному гашению электрической дуги и препятствует ее

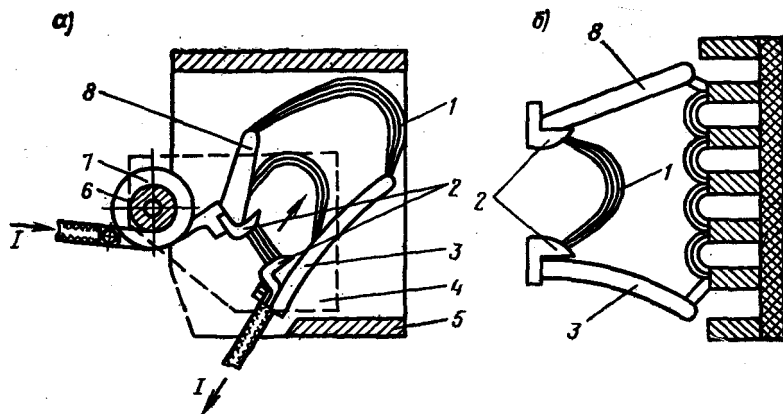


Рис. 4. Дугогасительные устройства контакторов

перебросу на близко расположенные металлические части. Дугогасительные камеры выполняются обычно из асбоцемента, который обладает высокой теплостойкостью и изолирующими свойствами. Для лучшего гашения дуги камеры выполняются с продольными и поперечными перегородками. Продольные перегородки расщепляют дугу на несколько параллельных пучков, которые вследствие соприкосновения с холодными перегородками камеры интенсивно охлаждаются и деионизируются. Поперечные перегородки увеличивают длину дуги при заданных размерах дугогасительной камеры. В некоторых дугогасительных камерах дуга разбивается на ряд мелких дуг (рис. 4б); для поддержания горения которых требуется значительно большее напряжение, чем для одной дуги.

**Электромагнитные контакторы переменного тока конструктивно отличаются от контакторов постоянного тока выполнением магнитной системы и расположением главных контактов. Для уменьшения потерь от вихревых токов магнитопроводы контакторов переменного тока выполняются из отдельных листов электротехнической стали, изолированных друг от друга. В качестве примера рассмотрим электромагнитную схему контактора переменного тока небольшой мощности (рис. 5). Этот контактор состоит из Ш-образного сердечника 4, катушки 3, якоря 1, подвижной рамы 2, отключающей пружины (не показана на рисунке), держателя 5 из изоляционного материала, двойных подвижных контактов 8 с контактными пружинами 9 и неподвижных контактов 7, смонтированных на изо-**



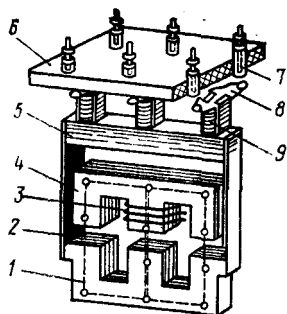


Рис. 5. Устройство электромагнитного контактора переменного тока

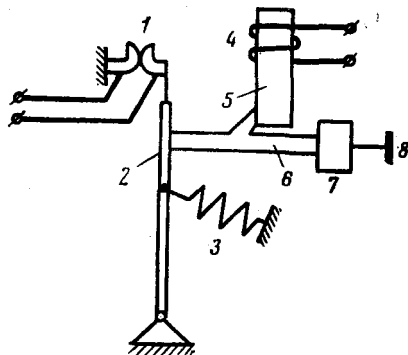


Рис. 6. Принципиальная схема автоматического выключателя

лированной панели 6. Когда по катушке 3 электромагнитного привода контактора протекает ток, якорь 1 притягивается к сердечнику 4 и поднимается вверх совместно с подвижной рамой 2. При этом подвижные контакты 8 замыкают неподвижные контакты 7. При снятии напряжения с катушки электромагнитного привода отключающая пружина опускает вниз якорь и подвижную раму 2, и контакты 7 и 8 размыкаются.

Условия гашения дуги в контакторах переменного тока значительно легче, чем в контакторах постоянного тока, ибо при переходе переменного тока через нулевое значение электрическая прочность межконтактного пространства быстро возрастает. Обычно после первого же перехода тока через нулевое значение электрическая дуга в контакторе гаснет, что позволяет у контакторов переменного тока ограничиться лишь установкой простых дугогасительных камер.

При питании катушки контактора переменным током ток и, следовательно, магнитный поток переходят через нулевые значения 100 раз в секунду при частоте питания 50 Гц. А это приводит к тому, что усилие, удерживающее якорь во втянутом положении, периодически изменяется в зависимости от изменения тока и магнитного потока: при переходе тока и потока через нуль усилие исчезает и якорь под действием отключающей пружины стремится оторваться от сердечника, а при возрастании тока и магнитного потока усилие возрастает, вызывая притяжение якоря. В результате происходит вибрация якоря, сопровождающаяся гудением магнитной системы. Для уменьшения вибрации и для устранения возможности от-

рыва подвижного якоря при исчезновении магнитного потока часть магнитопровода (приблизительно от 1/3 до 2/3 его поперечного сечения) охватывается специальным короткозамкнутым витком, выполненным из меди или латуни. Магнитный поток, создаваемый переменным током катушки, индуктирует в короткозамкнутом витке ЭДС, а, следовательно, в нем возникает ток, сдвинутый по фазе на некоторый угол по отношению к току катушки. При этих условиях тяговое усилие электромагнита при прохождении тока катушки через нуль не будет равно нулю, так как магнитный поток в магнитопроводе будет создавать ток, проходящий по короткозамкнутому витку.

**Принцип действия автоматического выключателя.** Рассматриваемый выключатель предназначен для защиты электрических установок от коротких замыканий. Основными узлами выключателя являются (рис. 6): контактная система 1, рычаг 2, отключающая пружина 3, максимальный расцепитель с катушкой 4 и защелкой 5, рычаг 6, механизм свободного расцепления 7 и ручной привод 8. Контакты 1 выключателя включены в цепь питания электрической установки (например, электродвигателя). Последовательно с электродвигателем включается катушка максимального расцепителя. При коротком замыкании резко возрастает ток в цепи двигателя и катушка максимального расцепителя освобождает защелку 5, которая при нормальном режиме удерживает на месте рычаги 6 и 2. При этом под действием мощной отключающей пружины 3 рычаги 6 и 2 перемещаются вправо и происходит размыкание контактов 1, т. е. двигатель отключается от сети. Время отключения подобного автоматического выключателя составляет порядка 0,02 с, за этот период времени ток короткого замыкания обычно не успевает вызвать повреждений в двигателе. Включение автоматического выключателя после ликвидации аварийного режима осуществляется вручную посредством привода 8. Необходимым узлом автоматического выключателя является также механизм свободного расцепления 7, выполненный в виде системы ломающихся рычагов, который обеспечивает отключение выключателя при попытке его включения при имеющемся в цепи коротком замыкании. В автоматических выключателях имеется также система дугогашения, обеспечивающая быстрое гашение электрической дуги, возникающей при размыкании контактов выключателя. В некоторых автоматических выключателях, кроме максимального расцепителя, имеется тепловой, осуществляющий защиту электрических установок от перегрузок.

**Принцип действия теплового реле.** Тепловое реле предназначено для защиты электрических двигателей от перегрузок, имеющих место при большом нагрузочном моменте на валу двигателя или при обрыве одной из фаз в трехфазных двигателях.

Тепловое реле (рис. 7) имеет биметаллическую пластину 1, которая при нагреве изгибается и переводит контактную систему в отключенное состояние. Биметаллическая пластина представляет собой двухслойную пластину из металлов с разными температурными коэффициентами линейного расширения. Один конец ее жестко закреплен, а другой связан с правым концом пружины 3. Левый конец пружины 3 давит на выступ двухстороннего рычага 4, который может поворачиваться вокруг оси О. Биметаллическая пластина нагревается теплом, выделяемым нагревательным элементом 2, который включается последовательно в цепь обмотки статора асинхронного электродвигателя. При возникновении перегрузки или обрыве одной из фаз увеличивается ток двигателя, который нагревает биметаллическую пластину; она изгибается, вследствие чего правый конец пружины 3 будет перемещаться вниз. Через какое-то время пружина 3 скачком перекинет рычаг 4 в положение, показанное пунктиром, и контакты 5 разомкнутся. Контакты тепловых реле включаются в цепь питания катушки электромагнитного привода контактора, подключающего электрический двигатель к сети. Поэтому при срабатывании какого-либо из этих реле прекращается питание катушки контактора, и он отключает двигатель от сети. Возврат реле в исходное положение осуществляется вручную

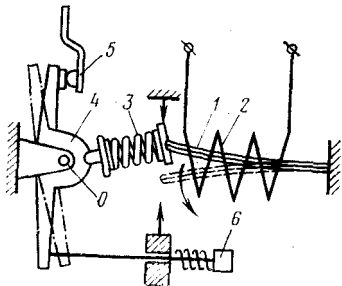


Рис. 7. Принципиальная схема теплового реле

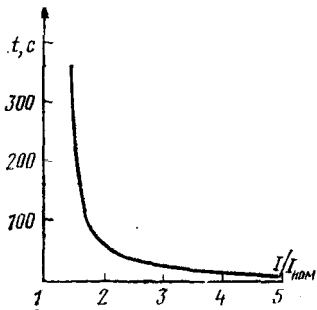


Рис. 8. Время-токовая характеристика теплового реле

кнопкой возврата 6 через 1—3 мин. после срабатывания реле; это время необходимо для остывания биметаллической пластины.

Время срабатывания реле зависит от кратности перегрузки. Соответствующая зависимость (рис. 8) называется времятоковой характеристикой теплового реле. Величина тока, при котором реле не срабатывает при бесконечно большой длительности перегрузки, называется пограничным током. Строго говоря, эта величина зависит от окружающей температуры. Чем выше окружающая температура, тем меньше значение пограничного тока.

### Виды защит асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором

В установках с асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором применяют следующие виды защит:

- а) максимальная токовая защита мгновенного действия;
- б) тепловая защита;
- в) нулевая защита.

**Максимальная токовая защита** обычно осуществляется автоматическими выключателями или плавкими предохранителями. Она обеспечивает защиту электродвигателя от коротких замыканий. При увеличении тока свыше величины, на которую отрегулирован автоматический выключатель (уставка автоматического выключателя), он отключает электродвигатель от сети, ликвидируя аварийный режим. При защите электродвигателя плавкими предохранителями увеличение тока свыше величины, на которую рассчитана плавкая вставка предохранителя, приводит к ее перегоранию, вследствие чего двигатель отключается от сети.

**Тепловая защита** — это защита электрических двигателей от перегрузок по току, возникающих при большом нагрузочном моменте на валу двигателя или обрыве одной из фаз в трехфазных электродвигателях (в этом случае увеличивается ток в оставшихся в работе фазах). Если ток двигателя превышает номинальный, то двигатель перегревается и выходит из строя.

Осуществить защиту двигателя от перегрузок при помощи автоматических выключателей с максимальным расцепителем или плавких предохранителей не представляется возможным, так как при пуске электродвигателей пусковой ток значительно превышает номинальный (в асинхронных двигателях с ко-

роткозамкнутым ротором в 5—7 раз). Если отрегулировать автоматический выключатель (или выбрать плавкую вставку предохранителя) так, чтобы он не срабатывал при пусковом токе, то он не будет защищать двигатель от длительных опасных перегрузок током, превышающим номинальный, например, на 25—30%. Если же отрегулировать автоматический выключатель (или выбрать плавкую вставку предохранителя) так, чтобы обеспечивалась защита электродвигателя от таких перегрузок, то он будет срабатывать при каждом пуске двигателя, отключая его от сети.

Защита асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором от перегрузок осуществляется тепловыми реле или же автоматическими выключателями с тепловым расцепителем (тепловая защита). Тепловые реле и автоматические выключатели с тепловым расцепителем не срабатывают при кратковременных возрастаниях тока до величины  $(5 \div 7) I_{ном}$  длительностью 1,5—2 с, имеющих место при прямом пуске таких двигателей. При более же длительной перегрузке эти реле и автоматические выключатели срабатывают и, воздействуя на соответствующие контакторы, отключают двигатели от сети, при этом время срабатывания теплового реле зависит от кратности перегрузки по току  $I/I_{ном}$ .

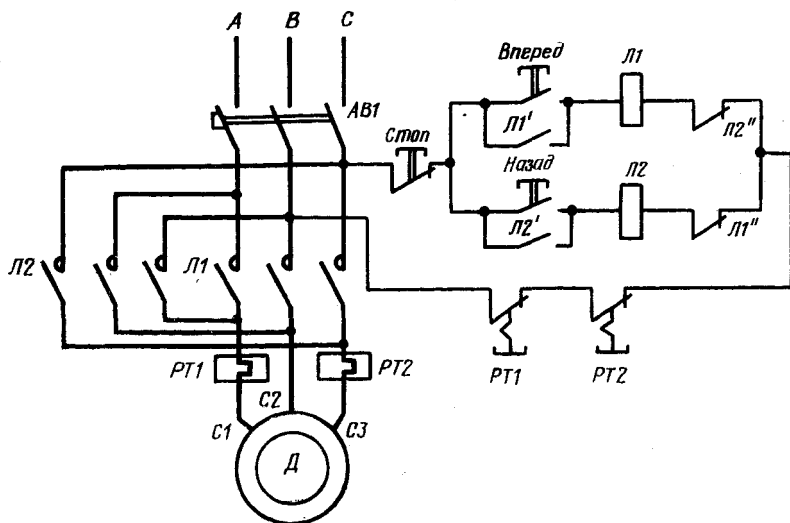


Рис. 9. Принципиальная схема реверсивного магнитного пускателя

**Нулевая защита** исключает возможность самопроизвольного запуска двигателя после исчезновения или значительного уменьшения напряжения в сети и последующего его восстановления. Она обеспечивает выполнение требований техники безопасности при эксплуатации электрических машин. Это достигается путем введения соответствующих блокировок в органы управления, осуществляющие пуск электрического двигателя, которые исключают возможность его самопроизвольного пуска, даже если обслуживающий персонал не принял меры по отключению двигателя от сети. В схемах управления электрических двигателей с короткозамкнутым ротором (рис. 9) нулевая защита обеспечивается включением параллельно кнопкам «Вперед» или «Назад» замыкающего блокировочного контакта того контактора, который подключает двигатель к сети.

### Дистанционное управление асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором

Для дистанционного управления асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором применяют аппараты, называемые магнитными пускателями.

Они состоят из одного или двух трехполюсных контакторов переменного тока и тепловых реле, смонтированных на общей панели. В комплект магнитного пускателя входят также кнопки управления, которые устанавливаются на панели пускателя или на соответствующих щитах управления электродвигателями.

Дистанционное управление предельно упрощает операции пуска, торможения и реверсирования двигателей, устраняет возможность ошибки при включениях, а также существенно повышает производительность механизмов.

В принципиальных электрических схемах электротехнических установок элементы коммутирующей аппаратуры (контакты реле, контакторов и пр.) изображают в положениях, которые они занимают в обесточенном состоянии соответствующего аппарата (см. рис. 9).

Кроме того, отдельные элементы электрических машин и аппаратов (обмотки якоря и возбуждения, катушки реле и контакторов, их силовые и блокировочные контакты) распо-

лагаются так, как это удобно для чтения схемы, а не в соответствии с их действительным расположением на реальной установке. Все элементы, относящиеся к одному и тому же аппарату, имеют одинаковое буквенное обозначение.

В комплект магнитного пускателя входят:

а) два трехполюсных контактора Л1 и Л2, осуществляющие подключение асинхронного двигателя Д к сети трехфазного тока. Контактор Л1 подключает зажимы С1, С2 и С3 двигателя Д к фазам А, В и С сети, обеспечивая вращение двигателя в направлении «вперед». Контактор Л2 подключает зажим двигателя С1 к фазе В сети, зажим С2 — к фазе А и зажим С3 — к фазе С, вследствие чего двигатель изменяет направление своего вращения и начинает работать в направлении «назад»;

б) кнопки управления «Вперед», «Назад» и «Стоп», посредством которых катушки контакторов Л1 и Л2 подключаются к сети и отключаются от нее;

в) два тепловых реле РТ1 и РТ2, обеспечивающих защиту двигателя от перегрузок.

На схеме рис. 9 показан также автоматический выключатель АВ1, обеспечивающий защиту электродвигателя от коротких замыканий. Схема состоит из двух частей: силовой цепи и цепи управления. В силовую цепь включен электродвигатель Д, главные контакты контакторов Л1 и Л2, нагревательные элементы РТ1 и РТ2 тепловых реле и автоматический выключатель АВ1. В цепь управления включены катушки приводов контакторов Л1 и Л2, кнопки «Вперед», «Назад» и «Стоп», блокировочные контакты Л1' и Л1'', Л2' и Л2'' соответствующих контакторов и контакты РТ1 и РТ2 тепловых реле.

Магнитный пускатель действует следующим образом: для пуска двигателя в направлении «вперед» следует нажать кнопку «Вперед», вследствие чего от фаз В и С на катушку привода контактора Л1 подается напряжение, и контактор срабатывает. При этом:

а) замыкаются главные контакты контактора Л1, включенные в цепь двигателя Д, т. е. двигатель подключается к фазам А, В и С сети трехфазного тока;

б) замыкаются блокировочные контакты Л1', включенные параллельно контактам кнопки «Вперед». Поэтому эта кнопка может быть опущена.

Такой способ питания катушек контакторов Л1 и Л2 через свои собственные замыкающие блокировочные контакты обеспечивает нулевую защиту электродвигателя. При исчезновении напряжения в сети прекращается питание катушки контактора Л1, и этот контактор размыкает свои контакты Л1 в цепи электродвигателя Д, отключая его от сети, а также контакты Л1'. При значительном уменьшении питающего напряжения контактор также отключит двигатель от сети, так как усиление электромагнитного привода станет меньше силы отключающей пружины. При последующем восстановлении напряжения в сети контактор не сможет самопроизвольно включиться, так как его катушка будет отключена от сети (контакты Л1', через которые на нее подавалось питание, будут разомкнуты). Для включения контактора в этом случае потребуется снова нажать соответствующую кнопку «Вперед» или «Назад». Это можно сделать лишь убедившись в безопасности людей, работающих вблизи электродвигателя и привода им в действие производственного механизма.

Если бы для управления двигателем были применены выключатели «вперед» или «назад», контакты которых остаются после нажатия во включенном положении, то после восстановления напряжения в сети через катушку соответствующего контактора начал бы проходить ток, и контактор автоматически подключал бы двигатель к сети. Это могло бы привести к несчастным случаям с обслуживающим персоналом;

в) размыкаются блокировочные контакты Л1'', включенные в цепь питания катушки привода контактора Л2. Такой способ питания катушек контакторов Л1 и Л2 через замыкающие блокировочные контакты другого контактора обеспечивает невозможность одновременного включения обоих контакторов, что привело бы к короткому замыканию в силовой части схемы.

Для отключения двигателя от сети необходимо нажать на кнопку «Стоп», при этом прекращается питание катушки привода контактора Л1 и, под действием пружины контактора отключаются его замыкающиеся главные Л1 и блокировочные Л1' контакты. Одновременно замыкаются контакты Л1'' в цепи катушки контактора Л2, т. е. эта цепь подготавливается к последующему возможному включению.

Для пуска двигателя в направлении «назад» следует нажать на кнопку «Назад», вследствие чего от фаз В и С подается напряжение на катушку контактора Л2. При этом контактор Л2 срабатывает, его замыкающие главные контакты



Л2 подключают двигатель Д к фазам А, В и С сети, а замыкающие блокировочные контакты Л2' включаются параллельно кнопке «Назад», обеспечивая нулевую защиту двигателя при работе его в направлении «назад». Одновременно размыкаются блокировочные контакты Л2'' в цепи катушки контактора Л1, что гарантирует невозможность включения контактора Л1 при включенном контакторе Л2.

Если, не отключив двигатель от сети с помощью кнопки «Стоп», нажать на кнопку «Назад» при включенном контакторе Л1, то контактор Л2 не включится, так как цепь питания катушки его привода будет разомкнута размыкающими контактами Л1'' контактора Л1. При возникновении перегрузки срабатывают тепловые реле РТ1 и РТ2, и их контакты замыкают цепь питания катушек контакторов Л1 или Л2. В результате этого соответствующий контактор отключает двигатель Д от сети. Возврат реле РТ1 и РТ2 в исходное состояние осуществляется вручную кнопкой возврата после устранения причины, вызвавшей перегрузку (чрезмерно большого момента на валу двигателя или же обрыва одной из его фаз).

## II. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

### *Работа № 1. Исследование реверсивного магнитного пускателя и схем защиты асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором*

**Цель работы** — изучение способов дистанционного пуска и реверсирования асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Изучение схем максимальной токовой, тепловой и нулевой защиты двигателей.

### **Описание лабораторной установки**

Лабораторная установка (рис. 10) состоит из асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором Д, на валу которого установлен электромагнитный тормоз ЭТ, создающий тормозной момент. В цепь обмотки электромагнитного тормоза включен реостат Р для регулирования тока в обмотке возбуждения тормоза, а следовательно, и тормозного момента; тормоз включается выключателем В.

В цепь обмотки статора двигателя Д включается комплект измерительных приборов К-50, состоящий из амперметра, вольтметра и ваттметра. Амперметр измеряет линейный ток

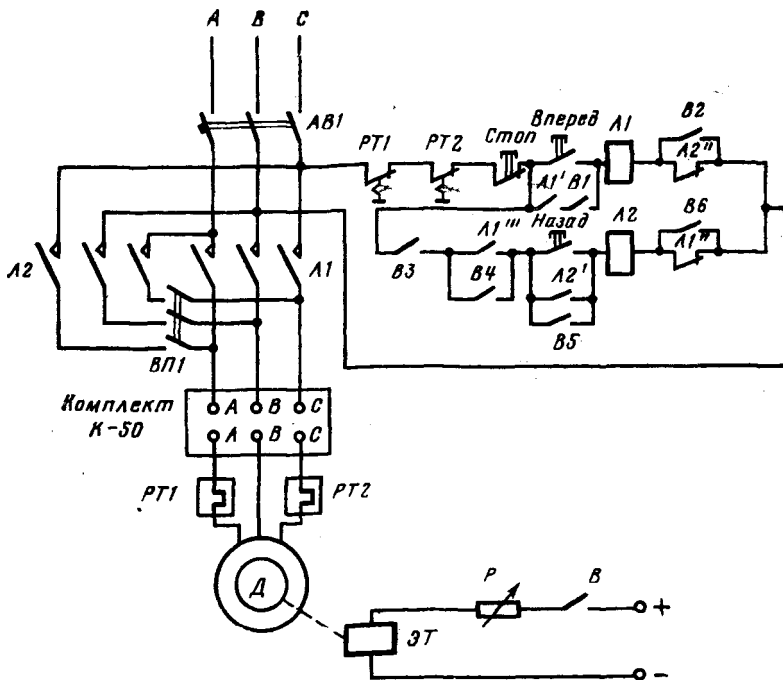


Рис. 10. Схема лабораторной установки

двигателя, вольтметр — фазное напряжение источника электрической энергии, а ваттметр — мощность одной фазы. Подключение двигателя к сети осуществляется магнитным пускателем, состоящим из двух трехполюсных контакторов Л1 и Л2, кнопок «Вперед», «Назад» и «Стоп» и двух тепловых реле РТ1 и РТ2, включенных в два линейных провода, подводящих ток к обмотке статора двигателя. Для защиты двигателя от коротких замыканий предусмотрен автоматический выключатель АВ1.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с приборами, аппаратами, машинами и другим оборудованием лабораторной установки и записать их основные технические данные.

2. Собрать схему по рис. 10. Для этого поставить в соответствующие положения выключатели имеющиеся в схеме

рис. 10 (выключатели В1, В3, В4 и ВП-1 — включить), остальные выключить.

3. Произвести пуск двигателя включением автоматического выключателя АВ1 и кнопки «Вперед». Убедиться, что при возврате кнопки «Вперед» в исходное положение ротор двигателя продолжает вращаться.

4. Осуществить реверсирование двигателя. Произвести пуск двигателя включением кнопки «Вперед», как указано в п. 3. Нажать на кнопку «Назад» и убедиться, что ротор двигателя продолжает вращаться в том же направлении, т. е. что блокировочные контакты Л1" обеспечивают невозможность включения контактора Л2 при включенном контакторе Л1.

Для изменения направления вращения двигателя предварительно отключить двигатель от сети, нажав кнопку «Стоп». Затем после остановки ротора двигателя, нажав на кнопку «Назад», убедиться, что ротор двигателя теперь вращается в противоположном направлении.

5. Проверить действие нулевой защиты. Для этого при вращении ротора двигателя в направлении «назад» выключить автоматический выключатель АВ1. После остановки двигателя вновь включить автоматический выключатель АВ1 и убедиться, что двигатель не приходит во вращение, т. е. что нулевая защита двигателя обеспечивается. Для привода двигателя во вращение следует нажать на кнопку «Назад».

Затем включить выключатель В5 (этот выключатель имитирует случай, когда контакты кнопки «Назад» после нажатия остаются во включенном состоянии), после чего выключить автоматический выключатель АВ1. После остановки двигателя вновь включить автоматический выключатель АВ1 и убедиться, что в этом случае двигатель сразу же приходит во вращение, т. е. что нулевая защита его не обеспечивается. После этого выключить выключатель В5.

6. Проверить действие тепловой защиты. Для этого включить автоматический выключатель АВ1, нажатием на кнопку «Вперед» произвести запуск асинхронного двигателя и увеличивать его нагрузку при помощи электромагнитного тормоза до тех пор, пока ток двигателя не достигнет  $1,2 I_{ном}$ . Затем замерить по секундомеру время, в течение которого срабатывает тепловая защита.

## ВОПРОСЫ НА КОЛЛОКВИУМЕ ПЕРЕД ВЫПОЛНЕНИЕМ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Какими аппаратами осуществляется дистанционное управление асинхронными двигателями?
2. Какие виды защит применяют в установках с асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором?
3. Как осуществляется максимальная токовая защита посредством автоматического выключателя и на что она реагирует?
4. Как осуществляется тепловая защита и на что она реагирует?
5. Для чего нужна нулевая защита, и что она должна обеспечить?

## ВОПРОСЫ ПРИ СДАЧЕ ЗАЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Как устроен электромагнитный контактор? Начертите его принципиальную схему и поясните принцип его действия.
2. Как устроен автоматический выключатель? Начертите его принципиальную схему и поясните принцип его действия.
3. Почему нельзя защищать от перегрузок короткозамкнутые асинхронные двигатели автоматическими выключателями мгновенного действия или плавкими предохранителями?
4. В какие цепи включаются нагревательный элемент и контакты теплового реле?
5. Какие элементы схемы обеспечивают нулевую защиту электродвигателя?

### *Работа № 2. Исследование схем дистанционного управления асинхронными электродвигателями*

**Цель работы** — ознакомление с простейшими схемами дистанционного управления асинхронными короткозамкнутыми двигателями и с аппаратурой, применяемой в этих схемах.

### **Порядок выполнения работы**

Работа выполняется на стенде, схема которого приведена на рис. 11. Студенты при подготовке к выполнению работы должны заполнить таблицу, в которой указать, какие выключатели В1—В6 и ВП1, ВП2 должны быть включены на рис. 11 для получения схем рис. 12—15.

1. Ознакомиться с устройствами и схемами магнитного пускателя.
2. Собрать схему рис. 12. Для чего поставить в соответствующее положение выключатели, имеющиеся в схеме рис. 11.

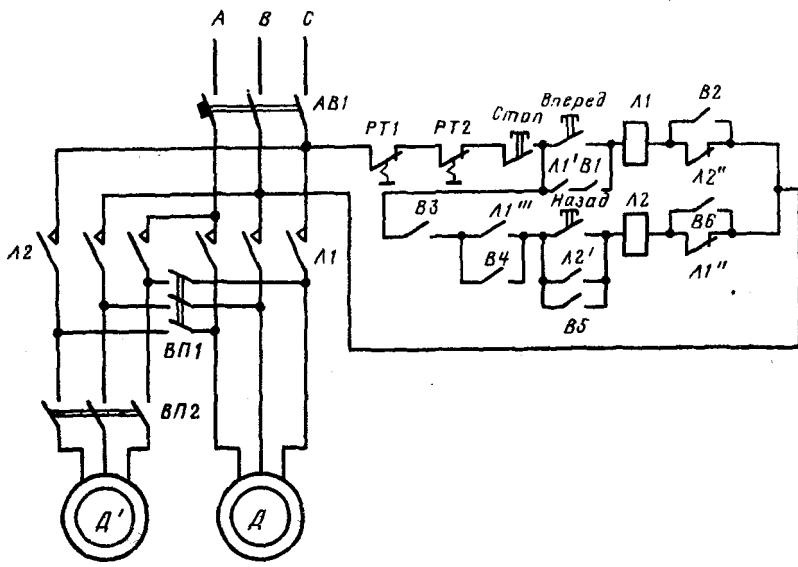


Рис. 11. Схема стенда

Номер рисунка	Выключатели							
	В1	В2	В3	В4	В5	В6	ВП1	ВП2
Рис. 12								
Рис. 13								
Рис. 14								
Рис. 15								

+ Включено

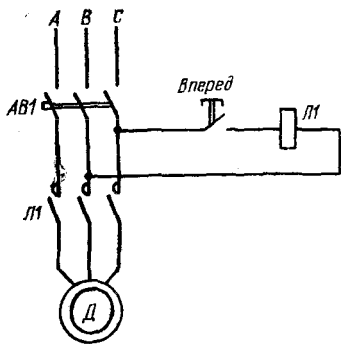


Рис. 12. Схема дистанционного управления асинхронным двигателем с кнопкой «Вперед»

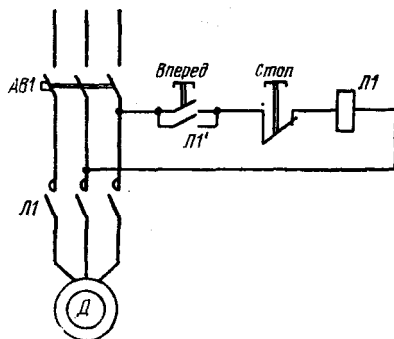


Рис. 13. Схема дистанционного управления асинхронным двигателем с кнопками «Вперед» и «Стоп»

Осуществить пуск и остановку двигателя. Для этого после включения автоматического выключателя АВ1 нажимают кнопку «Вперед», это вызывает возбуждение катушки Л1 линейного контактора, включение последнего и пуск двигателя. Если отпустить кнопку «Вперед», то контактор выключится и двигатель остановится. Произвести несколько пусков и остановок двигателя. Подобная схема применяется, например, в грузоподъемных механизмах, когда требуется остановить двигатель отпусканием кнопки «Вперед».

3. Собрать схему рис. 13. Для этого необходимо поставить в соответствующие положения выключатели, имеющиеся в схеме рис. 11.

Произвести несколько пусков и остановок двигателя. Нажатие на кнопку «Вперед» вызывает включение линейного контактора Л1 и замыкание замыкающего контакта Л1', который включен параллельно контактам кнопки «Вперед». Если отпустить кнопку «Вперед», то контактор Л1 останется включенным, так как его катушка будет получать питание через замыкающий контакт Л1'. Для остановки двигателя необходимо нажать на кнопку «Стоп».

В схеме рис. 13 осуществляется так называемая нулевая защита. Она заключается в следующем: если напряжение сети значительно уменьшается или полностью исчезает, то катушка контактора Л1 перестанет удерживать его во включенном состоянии, и двигатель отключается от сети. После восстановления нормального напряжения самозапуск двигателя

## ВОПРОСЫ ПРИ СДАЧЕ ЗАЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Покажите путь тока по цепи управления при нажатии на кнопку «Вперед» в схемах рис. 12—15 дистанционного управления.
2. Объясните работу одной из схем рис. 12—15 по указанию преподавателя и назначение отдельных элементов в схеме.
3. Объясните назначение размыкающих контактов Л1" и Л2" в схеме рис. 14.
4. Объясните назначение замыкающего контакта Л1" в схеме рис. 15.
5. Укажите на приведенных схемах элементы, относящиеся к контактору.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> . . . . .	2
<b>I. Дистанционное управление и защита асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором</b> . . . . .	3
1. Основные теоретические положения . . . . .	3
Принцип действия основных аппаратов управления и защиты, применяемых в схемах электрического привода . . . . .	3
Виды защит асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором . . . . .	11
Дистанционное управление асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором . . . . .	13
<b>II. Лабораторные работы</b> . . . . .	16
Работа № 1. Исследование реверсивного магнитного пускателя и схем защиты асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором . . . . .	16
Работа № 2. Исследование схем дистанционного управления асинхронными электродвигателями . . . . .	19

**Составители:** И. Е. Зорохович, Ю. И. Чуверин,  
В. А. Воробьев, Ю. А. Андреев

### **ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ АСИНХРОННЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ**

**Методические указания к лабораторным работам**

**Редактор М. М. Тамаровская**  
**Техн. редактор Н. Н. Васильева**  
**Корректор И. Н. Терешкина**