

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСВИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра электрооборудование
сельскохозяйственных предприятий

**ЭЛЕКТООБОРУДОВАНИЕ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ**

ЧАСТЬ III

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам для студентов агромеханического
факультета (специальность 74 06 01)
и факультета технический сервис в АПК (специальность 74 06 02)

Минск 2002

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 5	
Аппараты и схемы управления электродвигателями	4
Лабораторная работа № 6	
Электрические аппараты защиты	11

5. АППАРАТЫ И СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ.

5.1. Цель работы.

5.1.1. Изучить назначение, принцип действия и конструкции электрических аппаратов ручного и дистанционного управления.

5.1.2. Изучить типовые схемы дистанционного управления асинхронными электродвигателями.

5.2. Задание на самоподготовку.

5.2.1. По рекомендуемой литературе [1,2,3] и методическим указаниям изучить конструкции и принцип действия рубильников, переключателей, магнитных пускателей, промежуточных реле и реле времени.

5.2.2. Вычертить схемы управления электродвигателями (по индивидуальному заданию), изучить условные обозначения и принцип работы схем.

5.3. Программа работы.

5.3.1. Ознакомиться с представленными на лабораторном стенде аппаратами управления.

5.3.2. Собрать схему дистанционного управления асинхронным короткозамкнутым электродвигателем.

5.3.3. Изучить собранные на стенде схемы управления и произвести их включение.

5.3.4. Изучить действие используемых в схемах управления блокировок и защит.

5.4. Основные сведения об аппаратах ручного и дистанционного управления электроприводами.

Коммутационные устройства делятся на *аппараты управления силовыми цепями* и *аппараты для цепей управления*. Они различаются величиной коммутируемого тока. Кроме того, все электрические аппараты подразделяются на аппараты *ручного и дистанционного управления*.

5.4.1. Аппараты ручного управления.

К аппаратам ручного управления относятся силовые коммутационные аппараты: рубильники, кулачковые контроллеры и пакетные выключатели, а также маломощные устройства – кнопки и ключи управления.

Рубильник представляет собой простейший коммутационный аппарат, предназначенный для нечастого замыкания и размыкания силовых цепей постоянного и переменного тока напряжением до 600 В. В установках напряжением выше 1000 В подобные устройства называются разъединителями и предназначаются для коммутации высоковольтных цепей без нагрузки (для отключения холостого хода высоковольтных линий и трансформаторов).

Рубильники могут быть одно-, двух-, и трех полюсными. Рубильники с боковой рукояткой (РБ), с боковым рычажным приводом (РПБ), с центральным рычажным приводом (РПЦ) предназначены для коммутации электрических цепей под нагрузкой в пределах 50-100% номинального тока.

Первая цифра после буквенного обозначения определяет количество полюсов (1, 2, и 3), вторая – номинальный ток рубильника: 1(100А), 2(250А), 4(400А), 6(600А). Например, РПЦ 22 означает: рубильник с центральным рычажным приводом, двухполюсный, номинальный ток 250А.

Пакетные выключатели и переключатели применяют в качестве коммутационных аппаратов в электроустановках постоянного тока напряжением до 220В и переменного тока напряжением до 400В. Обозначение пакетного выключателя, например, ПВМ3-100 расшифровывается следующим образом: трех полюсный, номинальный ток 100А. Для включения, отключения, реверсирования и переключения числа пар полюсов асинхронных короткозамкнутых электродвигателей используют пакетно-кулачковые переключатели ПКП и выключатели ПКВ на номинальные токи 10, 25, 63, 100 и 160А.

Кулачковые контроллеры – это многопозиционные и многоцепные аппараты ручного управления, предназначенные для изменения схем соединений силовых цепей электродвигателей напряжением до 500 В, либо для изменения величины включенных в эти цепи сопротивлений. Размыкание и замыкание контактов производится смонтированными на барабане кулачками, которые обеспечивают нужную последовательность коммутации электрических цепей.

Рубильники и переключатели выбирают по номинальному напряжению, номинальному току, числу полюсов, конструктивному и климатическому исполнению.

Автоматические выключатели применяются для нечастых ручных включений и отключений электроприемников, а также для автоматического отключения цепей при перегрузках и коротких замыканиях. В электроустановках применяют автоматические выключатели типов АП-50, АЕ20, ВА14, ВА51.

Автоматические выключатели выбирают по номинальному напряжению, номинальному току, по предельному отключаемому току, по токам срабатывания теплового и электромагнитного расцепителей, по конструктивному исполнению и категории размещения.

5.4.2. Аппараты дистанционного управления.

Электрические аппараты дистанционного управления являются двухпозиционными коммутационными аппаратами с самовозвратом, переключение контактов которых происходит при протекании тока по катушке управления. К ним относятся контакторы, электромагнитные пускатели и реле.

Контактор представляет собой аппарат с электромагнитным приводом, предназначенный для частых (до 1500 в час) коммутаций силовых цепей электродвигателей.

Контакторы постоянного тока изготавливаются с одним и двумя полюсами на токи главных контактов от 4 до 2500 А. Контакторы переменного тока выпускаются на токи от 63 до 1000 А и содержат от 2 до 5 главных контактов. Катушки выполняются на напряжения от 36 до 600 В. Кроме главных контактов, предназначенных для коммутации силовых цепей, контакторы содержат дополнительные маломощные контакты, предназначенные для выполнения переключений в цепях управления, блокировки и сигнализации.

Электромагнитные пускатели предназначены для дистанционного управления асинхронными электродвигателями. Они совмещают в себе функции аппарата управления и защиты. В комплекте с тепловыми реле пускатели выполняют защиту электродвигателей от перегрузки. При исчезновении напряжения или при его снижении на 40-60% от номинального силовые контакты размыкаются (осуществляется нулевая защита). Нереверсивный электромагнитный пускатель состоит из одного трех полюсного контактора и трехэлементного теплового реле; реверсивный – из двух контакторов и теплового реле. Реверсивные пускатели имеют механическую блокировку для исключения одновременного включения двух контакторов. Наиболее распространены электромагнитные пускатели серий ПМЛ, ПМА.

Электромагнитные пускатели и контакторы выбирают по номинальному напряжению, номинальному току, по напряжению втягивающей катушки и по конструктивному исполнению.

Электромагнитные реле постоянного и переменного тока применяются в схемах управления в качестве промежуточных элементов для коммутации слаботочных цепей и для размножения контактов. Реле постоянного тока имеют лучшие, чем у реле переменного тока параметры, но для их включения необходим источник постоянного тока (выпрямитель).

В схемах управления применяются РП8, РП9, РПЛ140, РПЛ131 и другие. Электромагнитные реле выбирают по напряжению и току обмотки, по длительно допускаемому току контактов и их коммутационной способности.

Реле времени предназначены для введения в работу схем управления выдержек времени. По принципу действия бывают электромагнитные, моторные, пневматические и электронные. Применяются моторные реле времени ВС-10, Е-52; электромеханические ЭВ-24, ЭВ-217; пневматические РВП-1М, РВП-72 и электронные серии ЕЛ.

Реле контроля скорости предназначены для фиксации наличия вращения рабочих органов машин, электродвигателей. Применяются в схемах динамического и реверсивного торможения электроприводов.

Кнопки управления используют для дистанционного управления контакторами, пускателями и другими аппаратами. Кнопки управления,

смонтированные в общем корпусе или на панели, называют кнопочной станцией. Распространены кнопки КМЕ, КЕ; посты управления ПКЕ, ПКУ, ПКТ.

Путевые и конечные выключатели применяются в схемах управления электроприводами для ограничения движения транспортных механизмов или для изменения направления их движения (при нажатии на них деталями движущихся механизмов). Применяются контактные путевые выключатели ВК-211, ВК-411, ВК-101 и бесконтактные БВК-24, КВД-3/24 и другие.

5.5. Примеры схем дистанционного управления электроприводами.

На рис. 5.1. изображена принципиальная электрическая схема управления асинхронным короткозамкнутым электродвигателем (АД), позволяющая включать и выключать его из двух мест.

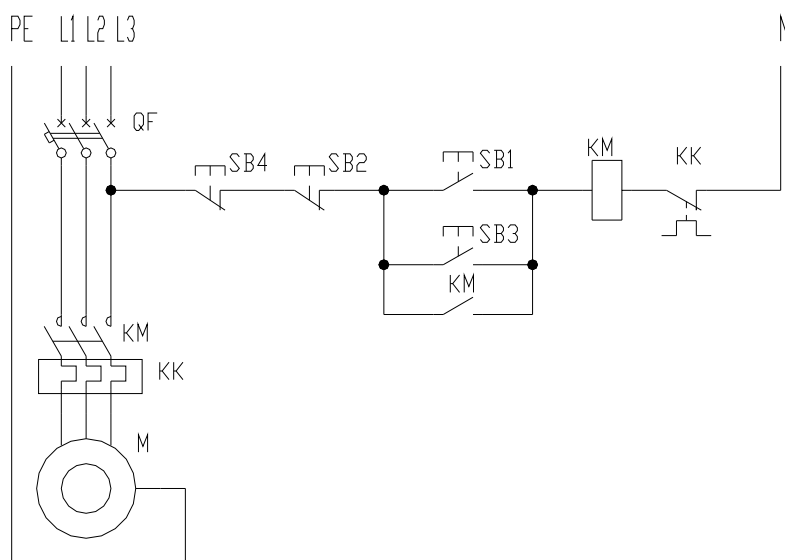


Рис. 5.1. Схема управления трехфазным асинхронным электродвигателем (нереверсивная).

Пуск двигателя производится нажатием кнопки SB1 или SB3, остановка – нажатием кнопки SB2 или SB4.

Перед пуском электродвигателя М включают автоматический выключатель QF, в результате чего на схему управления подается напряжение. При нажатии кнопки SB1 или SB3 ток течет по катушке магнитного пускателя KM, пускатель срабатывает и замыкает свои силовые контакты KM в цепи электродвигателя и блок контакты, шунтирующие кнопки пуска SB1, SB3. При отпуске кнопки пуска ее контакт размыкается, но катушка KM останется включенной через блок-контакт KM.

Электродвигатель останавливается кратковременным нажатием кнопки SB2 или SB4, при этом цепь катушки КМ разрывается, контакты КМ в цепи электродвигателя размыкаются. Размыкается также блок-контакт КМ.

В цепь электродвигателя включены нагревательные элементы *теплового реле* КК, которое конструктивно объединено с электромагнитным пускателем и служит для защиты электродвигателя от длительных перегрузок. Размыкающий контакт теплового реле КК включен в цепь катушки КМ. Если ток в цепи электродвигателя превысит уставку теплового реле, то в результате нагрева элементов КК произойдет размыкание контакта КК в цепи катушки КМ и электродвигатель отключится магнитным пускателем. Повторный пуск электродвигателя будет возможен только после возврата контакта теплового реле КК в замкнутое состояние нажатием кнопки на тепловом реле (после его охлаждения). Защита от коротких замыканий в силовой цепи осуществляется автоматическим выключателем QF.

Схема (рис.5.1) обеспечивает так называемую *нулевую защиту*. При исчезновении напряжения в сети или при его значительном снижении эта защита обеспечивает отключение электродвигателя и предотвращает его самопроизвольное включение (самозапуск) после восстановления напряжения.

В реверсивной схеме управления (рис. 5.2) используются электромагнитные пускатели КМ1, КМ2.

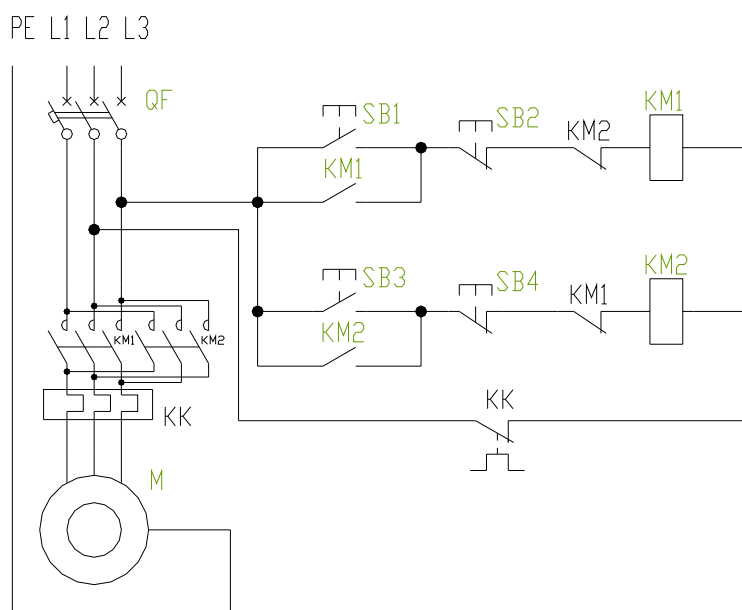


Рис.5.2. Схема реверсивного управления трехфазным асинхронным электродвигателем.

Пуск двигателя в направлениях «Вперед» или «Назад» осуществляется нажатием соответственно кнопок SB1 или SB3, а остановка – нажатием

кнопок SB2, SB4. При включении KM1 ротор электродвигателя вращается в прямом направлении, при включении KM2 на обмотку статора подается питание с обратным порядком чередования фаз (меняются местами L2 и L3). Магнитное поле АД и, следовательно, ротор изменяют направление вращения. Во избежание короткого замыкания, которое может возникнуть при одновременном нажатии кнопок SB1 и SB3, размыкающий контакт пускателя KM1 включен последовательно с катушкой KM2, а размыкающий контакт KM2 – последовательно с катушкой KM1. В некоторых конструкциях электромагнитных пускателей предусматривается механическая блокировка в виде рычажной системы, предотвращающей втягивание магнитной системы одного пускателя, если включен другой.

На рис.5.3 показана схема управления АД с ограничением пусковых токов при помощи токоограничивающих резисторов R1,R2,R3.

При нажатии на кнопку SB1 включается пускатель KM1, силовые контакты которого подключают обмотку статора АД к сети через резисторы R1,R2,R3. По мере разгона электродвигателя ток в его цепи снижается.

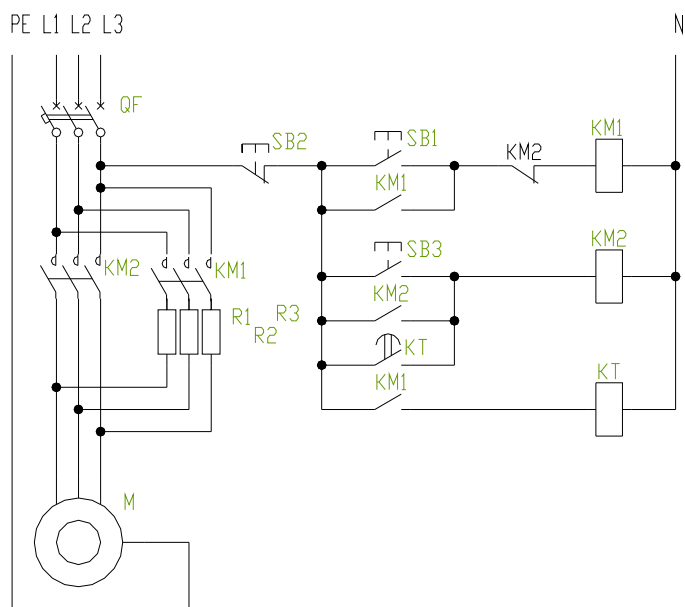


Рис.5.3. Схема управления трехфазным асинхронным короткозамкнутым электродвигателем с включением токоограничивающих резисторов при пуске.

Блок контакт пускателя KM1 одновременно с пуском двигателя включает реле времени KT, контакт которого с выдержкой времени включает катушку пускателя KM2. При срабатывании пускателя KM2 размыкается его контакт в цепи катушки KM1, замыкается блок-контакт KM2, шунтирующий контакт реле времени KT и замыкаются силовые контакты KM2 в цепи электродвигателя. В результате все контакты KM1 размыкаются, а обмотка

статора электродвигателя подключается в сеть напрямую через силовые контакты КМ2.

Эта схема может применяться для включения электродвигателя с тяжелым затяжным пуском.

5.6. Методика выполнения лабораторной работы.

- 5.6.1. В соответствии с программой работы изучить назначение, устройство и принцип действия аппаратов ручного и дистанционного управления по рекомендованной литературе, плакатам и образцам.
- 5.6.2. Изучить схемы управления электродвигателем (рис.5.1, 5.2, 5.3).
- 5.6.3. Собрать схемы управления и после проверки преподавателем или лаборантом произвести их включение.
- 5.6.4. Изучить методику выбора аппаратов ручного и дистанционного управления.

5.7. Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Электрические схемы.
3. Расчеты по выбору аппаратов управления (по индивидуальному заданию).

5.7. Контрольные вопросы.

1. Назначение и области применения электрических аппаратов ручного и дистанционного управления.
2. Устройство и принцип действия электромагнитного пускателя.
3. Устройство и принцип действия автоматического выключателя.
4. Устройство и принцип действия электромагнитных реле постоянного и переменного тока.
5. Объяснить работу электрических принципиальных схем дистанционного управления асинхронными электродвигателями.
6. Выбор рубильников и переключателей.
7. Выбор автоматических выключателей.
8. Выбор электромагнитных пускателей и электротепловых реле.
9. Выбор электромагнитных реле.

6. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ.

6.1. Цель работы.

6.1.1. Изучить назначение, принцип действия и конструкции плавких предохранителей, электротепловых реле и автоматических выключателей.

6.1.2. Исследовать защитные характеристики автоматического выключателя и электротеплового реле.

6.2. Задание на самоподготовку.

6.2.1. По рекомендуемой литературе [1,2,3] и методическим указаниям изучить назначение, устройство и принцип действия плавких предохранителей, электротепловых реле и автоматических выключателей.

6.2.2. Изучить методику выбора плавких предохранителей, автоматических выключателей и тепловых реле.

6.3. Программа работы.

6.3.1. Ознакомиться с представленными на лабораторном стенде аппаратами защиты.

6.3.2. Изучить схему лабораторной установки и в соответствии с предложенной методикой снять защитные характеристики тепловых расцепителей автоматического выключателя и электротеплового реле.

6.3.3. Изучить методику выбора и настройки электротепловых реле и автоматических выключателей.

6.4. Общие сведения об аппаратуре защиты электрических цепей.

Электрические аппараты защиты служат для отключения электрических цепей в аварийных режимах.

Для защиты проводок и электрооборудования от токов коротких замыканий применяются плавкие предохранители и автоматические выключатели без выдержки времени, а для защиты от перегрузок – автоматические выключатели с выдержкой времени и электротепловые реле магнитных пускателей.

Плавкие предохранители включаются в каждую фазу электродвигателя или другого электроприемника. Основными элементами предохранителя являются плавкая вставка, контактная система и корпус с дугогасительным устройством. При аварийном увеличении тока отключение электрической цепи происходит за счет расплавления калиброванной плавкой вставки.

Для защиты электрических цепей напряжением до 1000В следующие виды предохранителей: трубчатые без наполнителя ПР2; трубчатые разборные с закрытыми патронами и с наполнителем ПН2.

На рис. 6.1 показано устройство плавких предохранителей типа ПН и ПР.

Автоматические выключатели предназначены для коммутации электрических цепей, а также для их защиты от перегрузок и коротких замыканий. Контактная система автоматического выключателя замыкается и

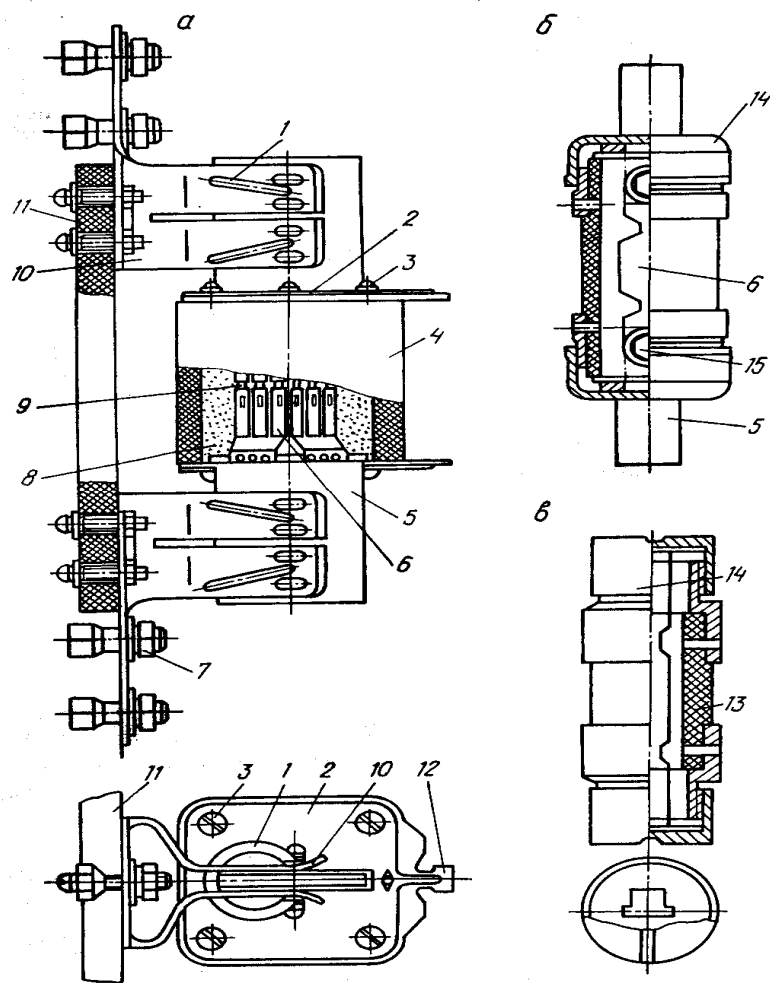


Рис. 6.1. Трубчатые предохранители: а – типа ПН; б, в – типа ПР с патронами на токи 100 и 60 А.

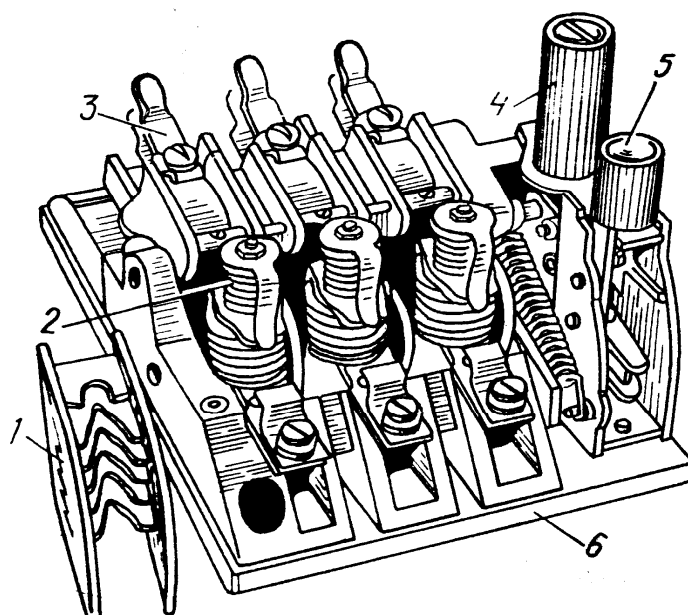


Рис. 6.2. Устройство автоматического выключателя АП-50:
1 – дугогасительная камера; 2 – электромагнитный расцепитель; 3 – контакты;
4 – кнопка включения; 6 – основание.

размыкается вручную с помощью рукоятки или кнопок; для отключения цепей при коротких замыканиях служит максимальное токовое реле прямого действия, для отключения при перегрузках – тепловое реле прямого действия (электромагнитный и тепловой расцепители). Принцип действия автоматического выключателя поясняется рис.6.3. Ток нагрузки I_n протекает через контакт 11 автоматического выключателя, через нагреватель теплового расцепителя 6, катушку электромагнитного расцепителя 9. При коротком замыкании в защищаемой цепи ток резко возрастает, сердечник 10 втягивается в катушку 9 и толкателем 8 воздействует на рычаг 5. Рычаг 5 приподнимает защелку 4, которая освобождает рычаг 3, и под действием пружины 2 контакт 1 выключателя размыкается.

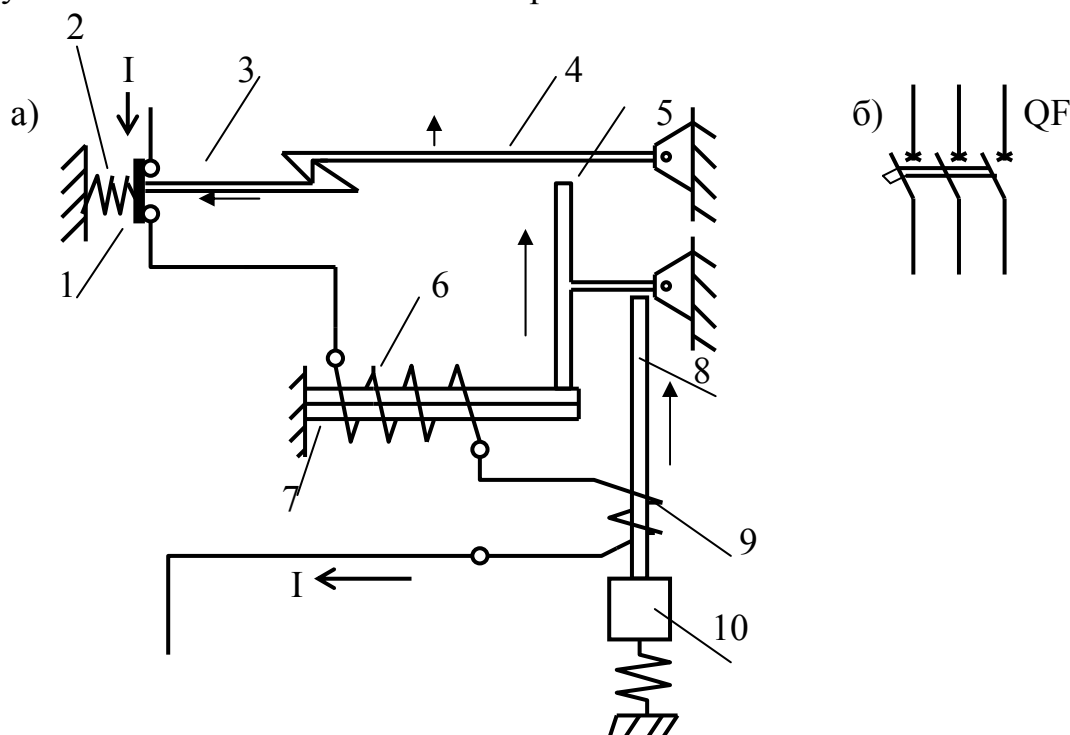


Рис.6.3. Устройство (а) и условное обозначение (б) автоматического выключателя.

1 – контакты; 2 – пружина; 3 – рычаг; 4 – защелка; 5 – рычаг; 6 – нагревательный элемент; 7 – биметаллическая пластина; 8 – толкатель; 9 – катушка; 10 – сердечник.

При перегрузке цепи отключение происходит с выдержкой времени, обратной величине тока перегрузки. Когда ток в защищаемой цепи больше допустимого, но меньше тока короткого замыкания, происходит нагрев элемента 6 теплового расцепителя, вызывающий нагрев и деформацию биметаллической пластины 7. В результате изгиба пластины 7 рычаг 5 освобождает защелку 4 и под действием пружины 2 контакт 1 размыкается.

Применяемые для коммутации и защиты силовых и осветительных сетей автоматические выключатели типов АП50, АЗ700, АЕ2000, ВА и другие различаются между собой количеством контактов (полюсов), номинальными

значениями токов и напряжений, отключающей способностью, временем отключения. Диапазон их номинальных токов от 10 до 10000А, а предельно коммутируемых токов до 100кА. Время срабатывания электромагнитного расцепителя 0,02 – 0,7 с, время срабатывания теплового расцепителя зависит от тока перегрузки и изменяется от нескольких секунд до десятков секунд. Некоторые типы автоматических выключателей содержат дистанционный расцепитель, позволяющий производить отключение по внешнему сигналу тока или напряжения. Существуют автоматические выключатели с электромагнитным приводом, обеспечивающий дистанционное включение аппарата.

Защита электродвигателей от перегрузок может осуществляться при помощи *электротепловых реле*. Принцип действие и устройство электротепловых реле аналогичны устройству тепловых расцепителей автоматических выключателей. Применяются электротепловые реле типов ТРН (двухполюсные) и РТЛ (трехполюсные). Диапазон регулирования тока вставки тепловых реле – от 0,75 до 1,25 I_n .

Электротепловые реле используются вместе электромагнитными пускателями. Реле типа ТРН применяются с пускателями ПМЕ и ПАЕ, реле РТЛ – с пускателями ПМЛ.

6.5. Выбор аппаратов защиты.

Плавкие предохранители выбирают по напряжению, предельно отключаемому току и номинальному току плавкой вставки. Номинальный ток плавкой вставки ($I_{вст}$) должен удовлетворять двум условиям. Первое условие:

$$I_{вст} > I_{дл}, \quad (6.1)$$

где $I_{дл}$ – длительный расчетный ток электроприемника или линии.

Второе условие:

$$I_{вст} > I_m/\alpha, \quad (6.2)$$

где I_m – максимальный кратковременный ток (для электродвигателей - пусковой ток, $I_{пуск}$); α - коэффициент, зависящий от продолжительности и частоты пусков электродвигателя; $\alpha = 2.5$ для электродвигателей с нормальными условиями пуска (относительно редкие пуски и небольшая длительность разгона - 5...10с); $\alpha = 1,6...2$ – для двигателей с тяжелыми условиями пуска (длительность разгона до 40с).

Автоматические выключатели надежнее, чем плавкие предохранители защищают электродвигатели от аварийных режимов и одновременно являются коммутационными аппаратами. Их выбирают по номинальному напряжению, номинальному току и номинальному току расцепителей.

Номинальный ток автоматического выключателя должен соответствовать длительному току электроприемника или линии:

$$I_{н.авт} > I_{дл} \quad (6.3)$$

Номинальный ток электромагнитного или теплового расцепителя должен соответствовать длительному току электроприемника или линии:

$$I_{н.расц.} > I_{дл} \quad (6.4)$$

Защита от перегрузки (тепловая защита) считается эффективной, если выполняется условие

$$I_{тр} > 1,25 I_{дл}, \quad (6.5)$$

Где $I_{тр}$ – уставка теплового расцепителя; $I_{дл}$ – длительный рабочий ток электродвигателя.

После определения $I_{тр}$ по справочнику выбирают выключатель с ближайшим паспортным значением уставки теплового расцепителя.

Ток срабатывания электромагнитного расцепителя для автоматических выключателей типов АП50, АЕ2000 определяется как $I_{э} = 12I_{тр}$ (указывается в паспортных данных и на крышке корпуса выключателя). Для выключателей типов АЗ700, ВА и некоторых других значение уставки электромагнитного расцепителя выбирается по таблице из справочных данных в соответствии с ранее определенным значением $I_{тр}$.

Выбранный автоматический выключатель необходимо проверить по условию

$$I_{эм} > 1,25 I_{max}, \quad (6.6)$$

где $I_{эм}$ – справочное значение уставки электромагнитного расцепителя; I_{max} – максимальный ток электродвигателя ($I_{max} = I_n K_i$); K_i – кратность пускового тока.

Электротепловые реле предназначены для защиты электродвигателей от перегрева при длительных перегрузках. Защитные характеристики тепловых реле аналогичны характеристикам тепловых расцепителей автоматических выключателей. Номинальный ток нагревательного элемента теплового реле выбирается по длительному расчетному току линии

$$I_{тр} > I_{дл} \quad (6.7)$$

6.6. Описание лабораторной установки.

Лабораторная установка состоит из испытуемых автоматического выключателя и теплового реле, трех амперметров, электронного секундомера

Ф291, магнитных пускателей КМ1, КМ2, автотрансформатора (ЛАТРа) TV1 и трансформатора TV2. Схема установки представлена на рис. 6.3 а,б.

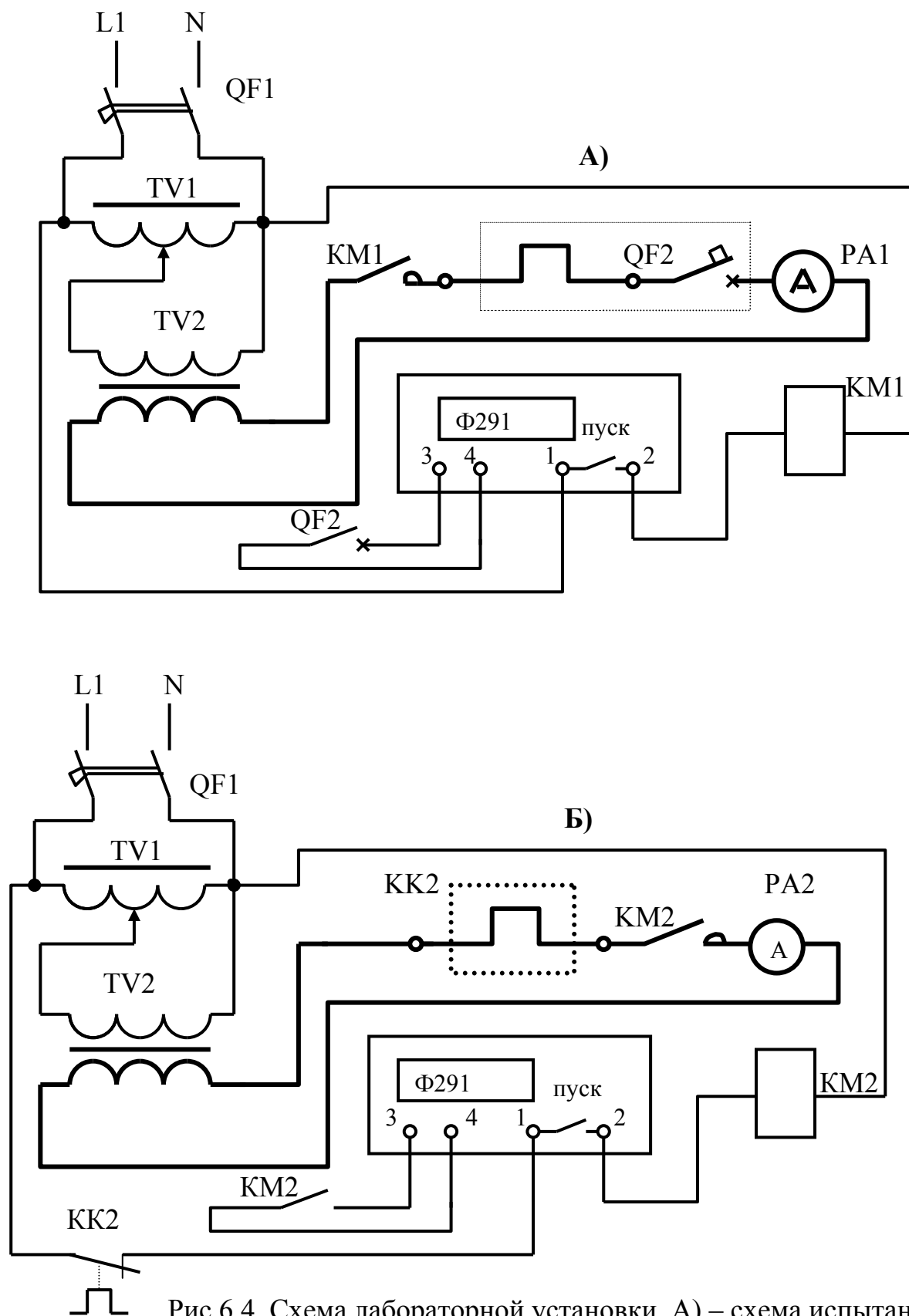


Рис.6.4. Схема лабораторной установки. А) – схема испытания автоматического выключателя; В) – теплового реле.

6.7. Методика выполнения лабораторной работы.

Записать паспортные данные исследуемых автоматического выключателя и теплового реле и измерительных приборов.

Изучить устройство автоматических выключателей, тепловых реле и плавких предохранителей.

Испытания теплового расцепителя автоматического выключателя и теплового реле произвести в следующей последовательности.

1. Переключатель «Автомат – тепловое реле» установить в положение «Автомат».
2. Ручку ЛАТРа вывести в крайнее левое положение.
3. Включить секундомер Ф291 кнопкой «сеть».
4. Включить испытуемый автоматический выключатель QF2 и при помощи ЛАТРа установить заданный ток (начальное значение тока и пределы его изменения задаются преподавателем).
5. Отключить QF2 для охлаждения нагревательных элементов теплового расцепителя на 4...5 минут.
6. Нажать кнопку «Сброс» секундомера.
7. Включить QF2 и после его срабатывания от тока перегрузки произвести отсчет времени по цифровому индикатору прибора Ф291.
8. После охлаждения нагревательного элемента теплового расцепителя в течении 5...7 минут повторить опыт в соответствии с п.п. 5 – 8.
9. Результаты записать в таблицу 6.1.
10. Установить переключатель в положение «Тепловое реле». Ручку ЛАТРа вывести в крайнее левое положение.
11. Включить QF, затем нажать кнопку SB1 и установить заданный ток через нагревательный элемент теплового реле КК1.
12. Нажать кнопку SB2 для отключения нагревательного элемента КК1 и его охлаждения в течение 5...7 минут.
13. Нажать кнопку «Сброс» секундомера, после чего нажать кнопку SB1. После срабатывания теплового реле произвести отсчет времени по секундомеру.
14. После охлаждения нагревательного элемента теплового реле повторить опыт в соответствии с п.п. 11...14. Результаты измерений занести в таблицу 6.1.

Таблица 6.1.

Результаты испытаний автоматического выключателя и теплового реле.

Параметр	Автоматический выключатель					Тепловое реле					
Ток через тепловой расцепитель, А	20	15	10	8	6	8	6	4	3	2	1
Время срабатывания,с											
Кратность тока I/In											

6.8. Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Технические характеристики исследуемых автоматического выключателя и теплового реле.
3. Электрическая схема лабораторной установки.
4. Таблица с опытными и расчетными данными.
5. Графические зависимости времени срабатывания от кратности тока для автоматического выключателя и теплового реле.
6. Анализ результатов, выводы, пояснения.

Контрольные вопросы.

1. Устройство плавких предохранителей, их выбор.
2. Устройство автоматического выключателя. Основные параметры и выбор автоматических выключателей.
3. Определение тока срабатывания электромагнитного расцепителя автоматического выключателя.
4. Принцип действия и устройство теплового реле. Выбор теплового реле.

Литература.

1. Кудрявцев И.Ф. и др. Электрооборудование и автоматизация с/х агрегатов и установок.- М.: Агропромиздат, 1988.
2. Дайнеко В.А., Крутов А.В. Применение электрической энергии в сельском хозяйстве.- Мн.: «Ураджай», 2001.
3. Маскаленко В.В. Электрический привод.- М.: Высшая школа, 1991.