

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

Кафедра электропривода и автоматизации
Кафедра общей электротехники

Составитель

В. А. Негадаев

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

Методические указания к лабораторным работам

Рекомендовано учебно-методической комиссией по направлению
13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника»
в качестве электронного издания
для использования в учебном процессе

Кемерово 2015

Рецензенты

Григорьев А. В. – заведующий кафедрой электропривода и автоматизации

Гусев А. В. – заведующий кафедрой общей электротехники

Семыкина И. Ю. – председатель учебно-методической комиссии по направлению 13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника»

Негадаев, Владислав Александрович. Электрические и электронные аппараты: методические указания к лабораторным работам [Электронный ресурс] для студентов направления подготовки 13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника», образовательные программы «Электропривод и автоматика» и «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений», очной формы обучения / сост.: В. А. Негадаев. – Кемерово: КузГТУ, 2015. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ 8 Мб; Windows XP; мышь. – Загл. с экрана.

Приведено содержание лабораторных занятий и примерные оценочные средства для текущего контроля.

© КузГТУ, 2015
© Негадаев, В. А.,
составление, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

1. Лабораторная работа №1: Изучение схем управления и защиты электрических двигателей.....	4
2. Лабораторная работа №2: Исследование тиристорных коммутационных аппаратов.....	12
3. Лабораторная работа №3: Микропроцессорное управление электродвигателями.....	23
4. Лабораторная работа №4: Магнитные пускатели....	28
5. Лабораторная работа №5: Автоматические выключатели.....	38
6. Лабораторная работа №6: Электронные реле контроля и защиты трехфазного оборудования.....	50

1. Лабораторная работа №1

ИЗУЧЕНИЕ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомление со схемами управления и защиты двигателей переменного и постоянного тока на персональном компьютере.

1.1. СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

На рис. 1.1 представлена типичная схема управления асинхронного двигателя и его защиты от токов короткого замыкания и от токов перегрузки.

В состав схемы входят:

- силовой трансформатор;
- автоматический выключатель;
- предохранители;
- контактор;
- тепловые реле;
- кнопки управления.

Для запуска виртуальной работы схемы на персональном компьютере необходимо через ярлык «Электрические аппараты» войти в электронное содержание лабораторного практикума и загрузить выбранную схему. Через панель управления произвести левой кнопкой мышки включение работы схемы путём нажатия на кнопку «Контактор А» и далее на кнопки «Пуск» и «Next». Остановку работы схемы можно произвести кнопкой «Стоп» или включением аварийных режимов. В окне выше схемы отображается информация о выполненных операциях. Устанавливая курсор на разные элементы схемы и нажимая на левую кнопку мышки, можно посмотреть основные электрические приборы схемы. Выйти к изучению следующей схемы можно через кнопку «Выход».

Пуск двигателя М осуществляется нажатием кнопки П, после чего обмотка ОК контактора оказывается под напряжением (цепь тока от фазы 1 к фазе 2 замыкается через обмотку ОК, нор-

мально замкнутые контакты тепловых реле РТ1 и РТ2, кнопку П и замкнутую кнопку С).

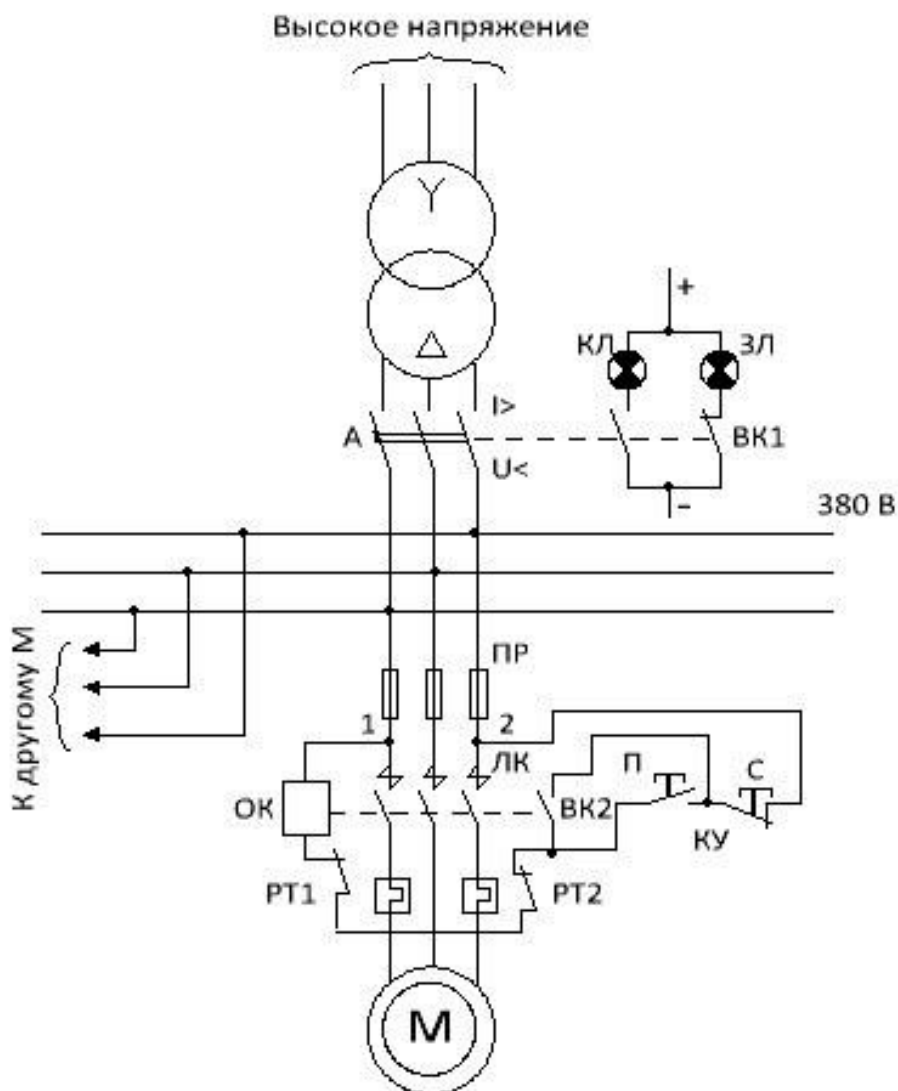


Рис. 1.1. Схема управления и защиты асинхронного двигателя

Под действием электромагнитной силы, развиваемой электромагнитом обмотки ОК, контактор включается, и его главные линейные контакты ЛК подают напряжение к обмотке статора двигателя, который начинает вращаться. Когда оператор отпускает кнопку П и ее контакты размыкаются, обмотка ОК остается под напряжением, так как кнопка П шунтируется вспомогательным контактом ВК2, который связан с подвижной системой контактора и замыкается при его срабатывании. Для отключения контактора (и останова двигателя) нажимается кнопка С, которая своими контактами разрывает цепь тока через обмотку ОК. Под

действием возвратной пружины контактор отключается. Вспомогательный контакт ВК2, связанный с подвижной системой контактора, размыкается и после возврата кнопки С в исходное положение цепь тока через обмотку ОК остается также разорванной.

1.2. СХЕМА ПУСКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

На рис. 1.2 показана схема пуска асинхронного двигателя с контактными кольцами в функции тока ротора. Пуск схемы осуществляется нажатием кнопки П, останов двигателя – нажатием кнопки С (стоп).

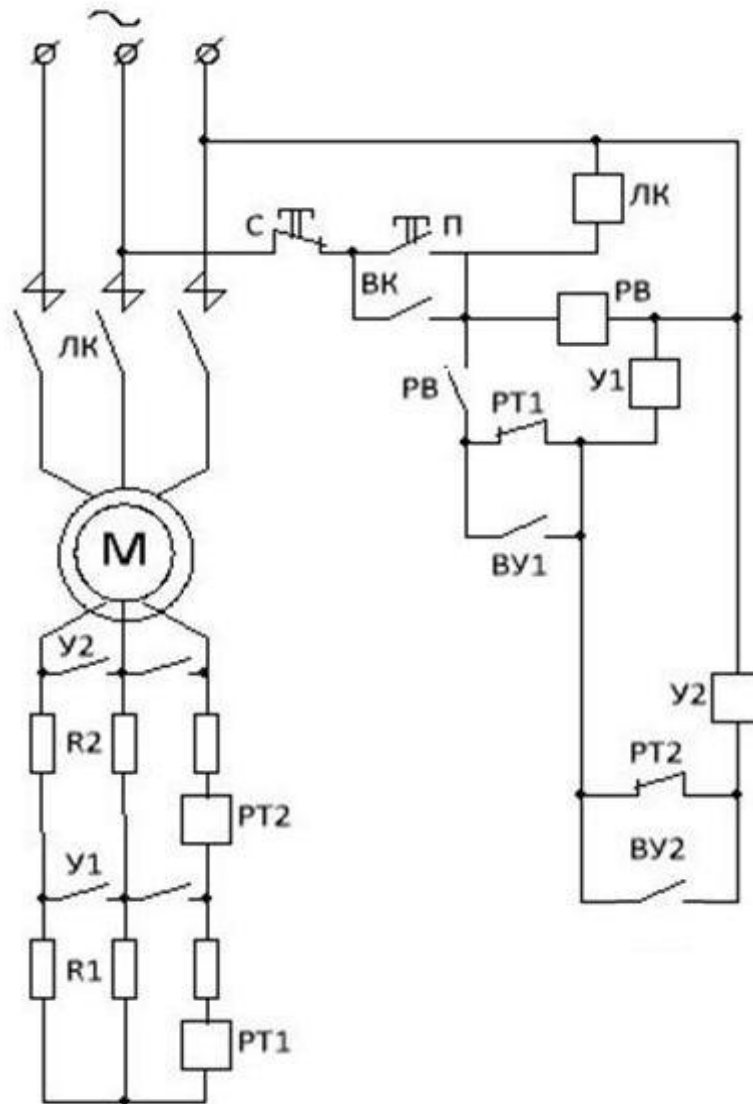


Рис. 1.2. Схема пуска асинхронного двигателя

В цепь ротора включаются блоки резисторов R1, R2, которые на определенных этапах пускового периода ограничивают величину тока в роторе. Блоки пусковых резисторов в цепи ротора автоматически закорачиваются, когда ток в роторе снижается до заданной величины. При нажатии пусковой кнопки П обмотка контактора ЛК оказывается под напряжением, контактор включается и подает напряжение на статор асинхронного двигателя М. Вспомогательные контакты контактора ВК шунтируют пусковую кнопку П. Появившийся в роторе ток протекает через резисторы R1 и R2, обмотки токовых реле РТ1 и РТ2. Токовые реле срабатывают лишь при определенном значении тока, превышающем заданный ток трогания, и отпускают (приходят в исходное положение) при токах, меньших значений тока отпущения (возврата). В этих реле предусматривается возможность регулирования токов срабатывания и отпущения.

Под воздействием тока, протекающего через обмотки реле РТ1 и РТ2 и превышающего токи их трогания, эти реле срабатывают и размыкают контакты РТ1 и РТ2, подготавливая тем самым соответствующие цепи схем управления к нормальному функционированию в режиме пуска двигателя. Обмотка реле времени РВ оказывается под напряжением одновременно с обмоткой контактора ЛК. Реле времени представляет собой аппарат, в котором предусмотрена возможность создания регулируемой выдержки времени между моментами подачи напряжения на обмотку и моментом замыкания (или размыкания) его контактов. В данном случае контакты реле времени РВ замыкаются через заданный интервал времени после размыкания контактов РТ1 и РТ2.

По мере разгона двигателя ток в роторе уменьшается. При достижении значения тока отпущения реле РТ1 это реле возвращается в исходное положение и замыкает контакты РТ1. Через них подается напряжение на обмотку контактора У1, который срабатывает, замыкает главные контакты У1, включенные в роторную цепь, и закорачивают резисторы R1. При срабатывании контактора У1 замыкаются его вспомогательные контакты ВУ1, а когда ток в роторной цепи снова уменьшается, реле РТ2 отпускает и замыкает контакты РТ2. Обмотка контактора У2 оказывается под напряжением. Главные контакты контактора У2 закорачивают вторую ступень резисторов R2 в цепи ротора. Разгон двигате-

ля окончен. Одновременно со срабатыванием контакторов У1 и У2 замыкаются их вспомогательные контакты ВУ1 и ВУ2, переключая на себя часть тока с контактов реле РТ1 и РТ2 и облегчая этим условия их работы.

В схемах электропривода контакторы У1 и У2 принято называть контакторами ускорения, а реле РТ1 и РТ2 – реле ускорения. Совокупность этих контакторов, различные реле и других элементов иногда называют станциями управления.

Составными элементами схемы являются резисторы R1 и R2, которые принято называть пусковыми. Обычно они представляют самостоятельные элементы или элементы, являющиеся составной частью электрического аппарата и позволяющие ограничивать значение тока в установке или изменять падение напряжения в том или ином звене. Кроме пусковых резисторов существуют пусковые реостаты, которые выполняют практически те же функции, что и пусковые резисторы.

Работа с электронным вариантом данной схемы аналогична работе, приведенной в описании схемы управления и защиты асинхронного двигателя.

1.3. СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

На рис. 1.3 приведена схема управления двигателем постоянного тока с независимым возбуждением (обмотка возбуждения ОВ включена на полное напряжение $U_{ном}$).

При нажатии пусковой кнопки П срабатывает контактор ЛК и якорь двигателя Я оказывается под током, значение которого на некоторое время ограничивает резистор R1. При отпускании кнопки П схема продолжает работать, так как кнопка шунтирована вспомогательным контактом ВК1, механически связанным с контактором ЛК. В необходимый момент времени замыкаются контакты РВ задающего органа и включается контактор КУ, контакты которого шунтируют резистор R1. Момент замыкания контактов РВ может задаваться различными способами, например, в функции времени, когда специальное реле времени РВ включает контактор КУ через определенную выдержку времени после сра-

батывания контактора ЛК. Таким образом, двигатель начинает работать в нормальном режиме.

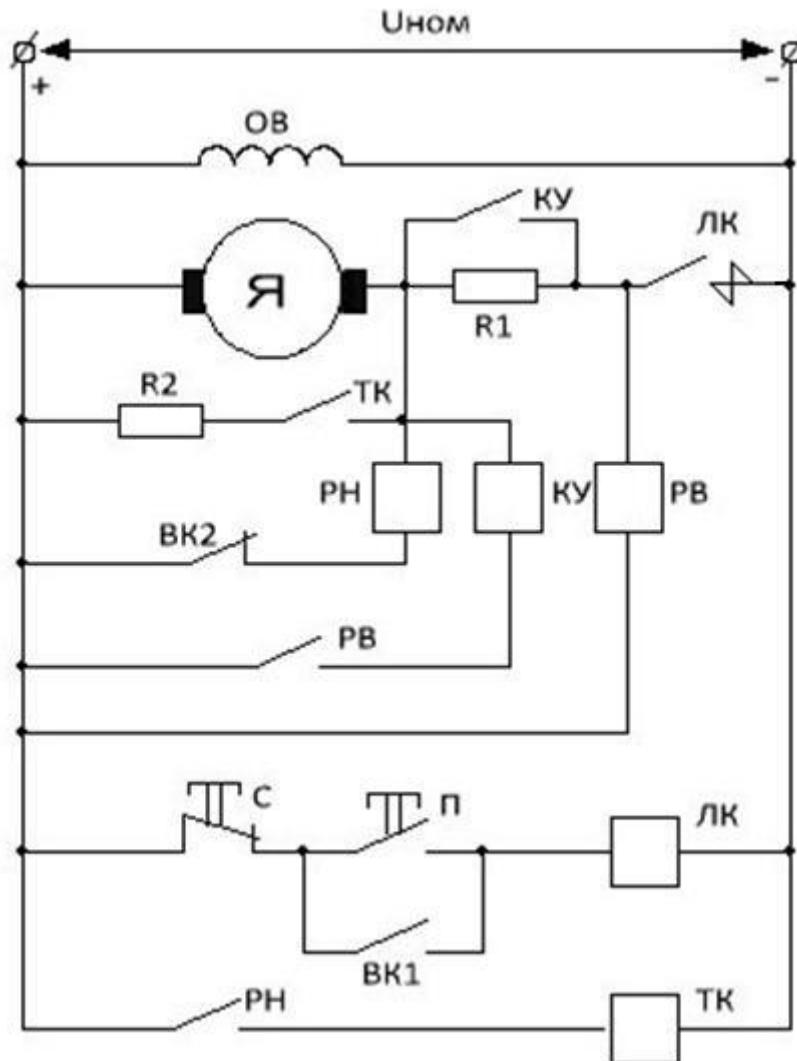


Рис. 1.3. Схема управления двигателем постоянного тока

Для отключения двигателя необходимо нажать кнопку С. При этом контактор ЛК возвращается в исходное состояние, а схема управления автоматически осуществляет динамическое торможение двигателя. За счет наведенной в якоре ЭДС срабатывает реле напряжения РН (контакты ВК2 относятся к контактору ЛК и в это время они замыкаются). Напряжение сети через контакты РН подается на обмотку контактора ТК, он срабатывает, и его контакты ТК включают резистор R2 параллельно обмотке якоря двигателя. Начинается динамическое торможение двигате-

ля. Снижение частоты его вращения вызывает уменьшение ЭДС, наводимой в обмотке якоря. Когда напряжение на обмотке якоря становится равным напряжению отпускания реле РН, оно разрывает своими контактами цепь обмотки контактора ТК, который при этом отключается, и двигатель окончательно затормаживается под действием статического момента.

Реле напряжения срабатывает при заданном значении напряжения срабатывания, а возвращается в отключенное состояние при определенном напряжении отпускания (возврата). В реле предусмотрена возможность регулирования той или другой величины напряжения в определенных пределах.

В схемах управления часто применяют так называемые промежуточные реле. Эти реле обычно имеют одну оперативную обмотку и много пар контактов. На обмотку подается единичный сигнал через один контакт, не зависящий от промежуточного реле. В то же время при срабатывании этого реле сравнительно большое количество его контактов способно коммутировать число цепей, равное числу пар контактов, то есть подавать в цепи управления значительно большее количество сигналов по сравнению с начальным, поданным на обмотку реле. Контакты этих реле могут пропускать существенно большие токи по сравнению с током, проходящим через обмотку.

1.4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Описание работы исследуемых схем.
3. Описание аварийных режимов работы.
4. Выводы о проделанной работе.

1.5. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. При каких условиях срабатывают токовые реле?
2. Почему по мере разгона двигателя ток в роторе уменьшается?
3. Каково назначение пусковых резисторов?
4. Как перевести электрическую машину постоянного тока из двигательного режима в режим динамического торможения?

1.6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Епифанов, А. П. Электропривод [Электронный ресурс] : учебник для студентов высших учебных заведений / А. П. Епифанов, Л. М. Малайчук, А. Г. Гущинский ; под ред. А. П. Епифанова. – СПб. : Лань, 2012. – 400 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3812

2. Епифанов, А. П. Основы электропривода: учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 192 с.

3. Ильинский, Н. Ф. Общий курс электропривода: учеб. для вузов / Н. Ф. Ильинский, В. Ф. Козаченко. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 544 с.

Лабораторная работа №2

ИССЛЕДОВАНИЕ ТИРИСТОРНЫХ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Исследование работы схем тиристорных аппаратов: пускателя серии ПТ, станции управления типа БЛЭ, станции управления серии ПТУ, регулятора мощности, выключателя переменного тока, трехфазного пускателя.

2.1. ТИРИСТОРНЫЙ ПУСКАТЕЛЬ СЕРИИ ПТ

Схема тиристорного пускателя серии ПТ представлена на рис. 2.1. В фазах А и В пускателя установлены трансформаторы тока ТА1 и ТА2, обеспечивающие работу устройства токовой защиты. Защита тиристоров от перегрузки осуществляется терморезистором. Поскольку пускатель предназначен для реверса двигателя, то в фазах А и В установлены дополнительные комплекты встречно включенных тиристоров. При нажатии кнопки «Пуск вперед» включается реле К1, которое подает напряжение на управляющие электроды тиристоров, участвующих в пуске «Вперед». При нажатии кнопки «Пуск назад» включается реле К2 и подается напряжение на управляющие электроды тиристоров участвующих в пуске «Назад». Питание блока защиты и реле К1 и К2 осуществляется выпрямителем, питающимся от фаз В и С. Основные параметры пускателя:

- $U_{ном} = 380$ В, $I_{ном} = 40$ А, $I_{пуск} = 360$ А, при $T_{пуск} = 0,4$ с;
- Электрическая износоустойчивость 10^7 циклов;
- Ресурс работы не менее 10 000 ч.

При исследовании схемы тиристорного пускателя необходимо рассмотреть цепи диодного управления режимами пуска «Вперёд» и «Назад», тиристорные встречно-включенные пары для этих режимов, схемы двухполупериодных выпрямителей, схему управления питанием реле К1 и К2, и схемы защиты обмоток этих реле.

2.2. ТИРИСТОРНАЯ СТАНЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТИПА БЛЭ

Эта станция управления служит для управления АД мощностью до 7,5 кВт. Электрическая схема станции управления представлена на рис. 2.2. Плавный разгон двигателя обеспечивается изменением угла открывания тиристоров VS1, VS3 и VS4, благодаря чему подаваемое напряжение меняется от нуля до номинального в течение 1-3 с. В каждой фазе диоды VD1, VD3, VD4 включены встречно-параллельно тиристорам VS1, VS3, VS4. Тиристоры шунтированы RC-цепочкой для ограничения перенапряжений, возникающих при их коммутации.

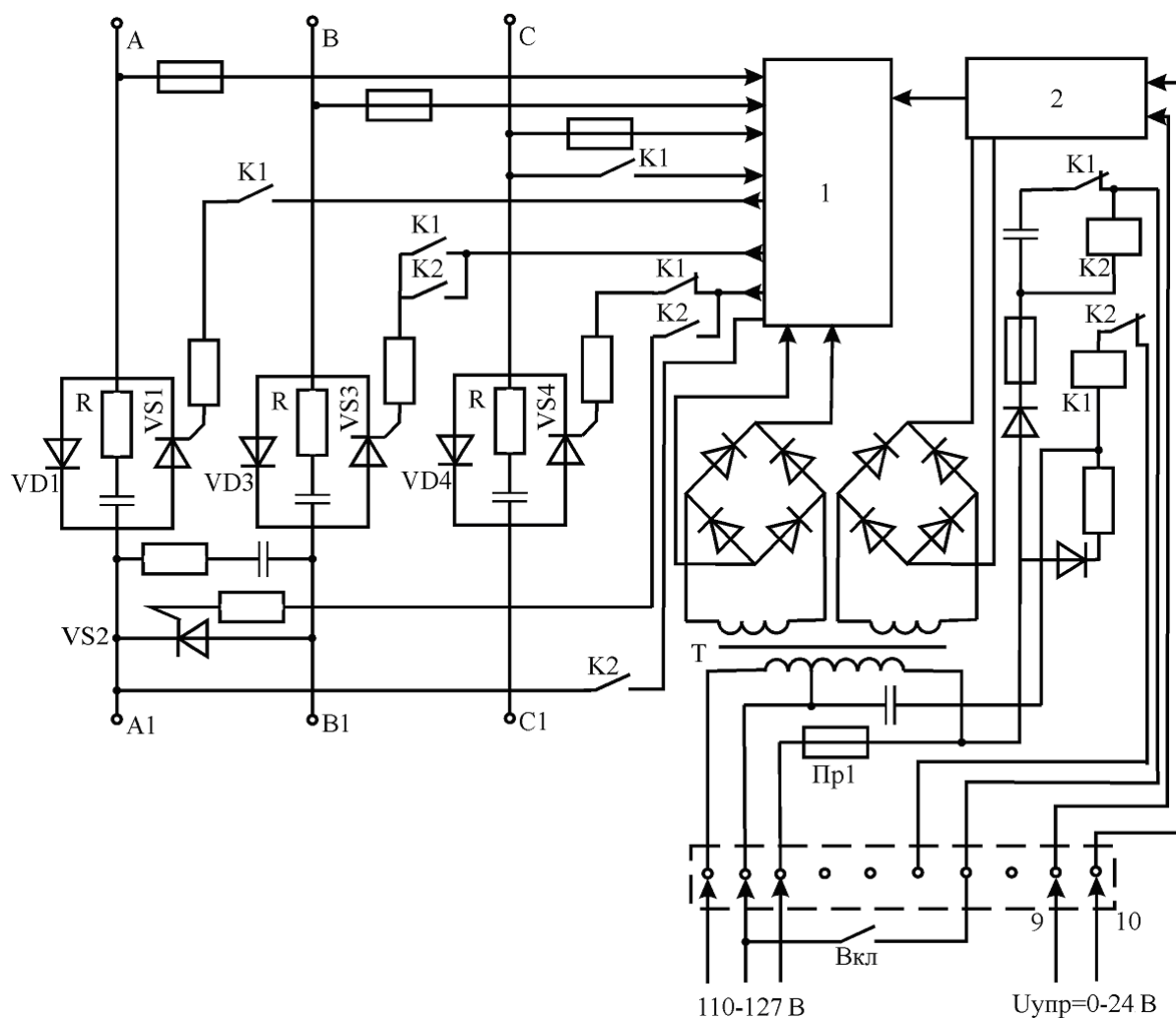


Рис. 2.2. Схема тиристорной станции управления типа БЛЭ

Длительность разгона определяется задатчиком интенсивности включения 1, с помощью которого регулируется момент

выдачи сигнала, управляемого тиристорами. Задатчик интенсивности включения, блок генератора импульсов 2 питаются от выпрямителя, состоящего из трансформатора Т и двух выпрямительных мостов. При включении реле К1 управляющие электроды тиристоров подключаются к блоку генератора импульсов, а в задатчике интенсивности начинается выработка запускающего импульса, который подаётся в блок генератора пилообразного напряжения. Станция позволяет регулировать частоту вращения двигателя от внешнего сигнала управления. Для этого к выводам 9 и 10 необходимо подключить регулируемый источник постоянного напряжения. Изменение этого напряжения меняет угол открытия тиристоров и выходное напряжение станции, поступающее на обмотку статора двигателя. При отключении двигателя обесточивается реле К1, включается реле К2, которое подключает тиристоры VS2 и VS3. В результате создается контур для торможения двигателя. Плавность торможения определяется задатчиком интенсивности, который изменяет угол открывания тиристоров VS2 и VS3. При напряжении сети 380-500 В станция обеспечивает плавный пуск и отключение двигателей с торможением. Электрическая износостойкость составляет $15 \cdot 10^6$ циклов при числе включений до 1200 в час.

2.3. ТИРИСТОРНАЯ СТАНЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ СЕРИИ ПТУ

Схема станции с динамическим торможением приведена на рис. 2.3. Станция имеет следующие виды защит: максимально-токовую с временем срабатывания не более 0,015 с; от перегрузки по току с временем отключения не более 20 с при токе равном 1,35 тока уставки; от понижения напряжения до 0,7-0,45 номинального; от исчезновения тока в одной из фаз. Станция выпускается на $I_{ном} = 400$ А, номинальное напряжение до 440 В, число включений 2400 в час. Электрическая износостойкость составляет $24 \cdot 10^6$ циклов. Станции управления серии ПТУ предназначены для управления двигателями большой мощности. В зависимости от модификации станции серии ПТУ могут обеспечивать прямой

пуск и реверс двигателя, пуск с фазовым управлением, динамическим торможением и реверсом.

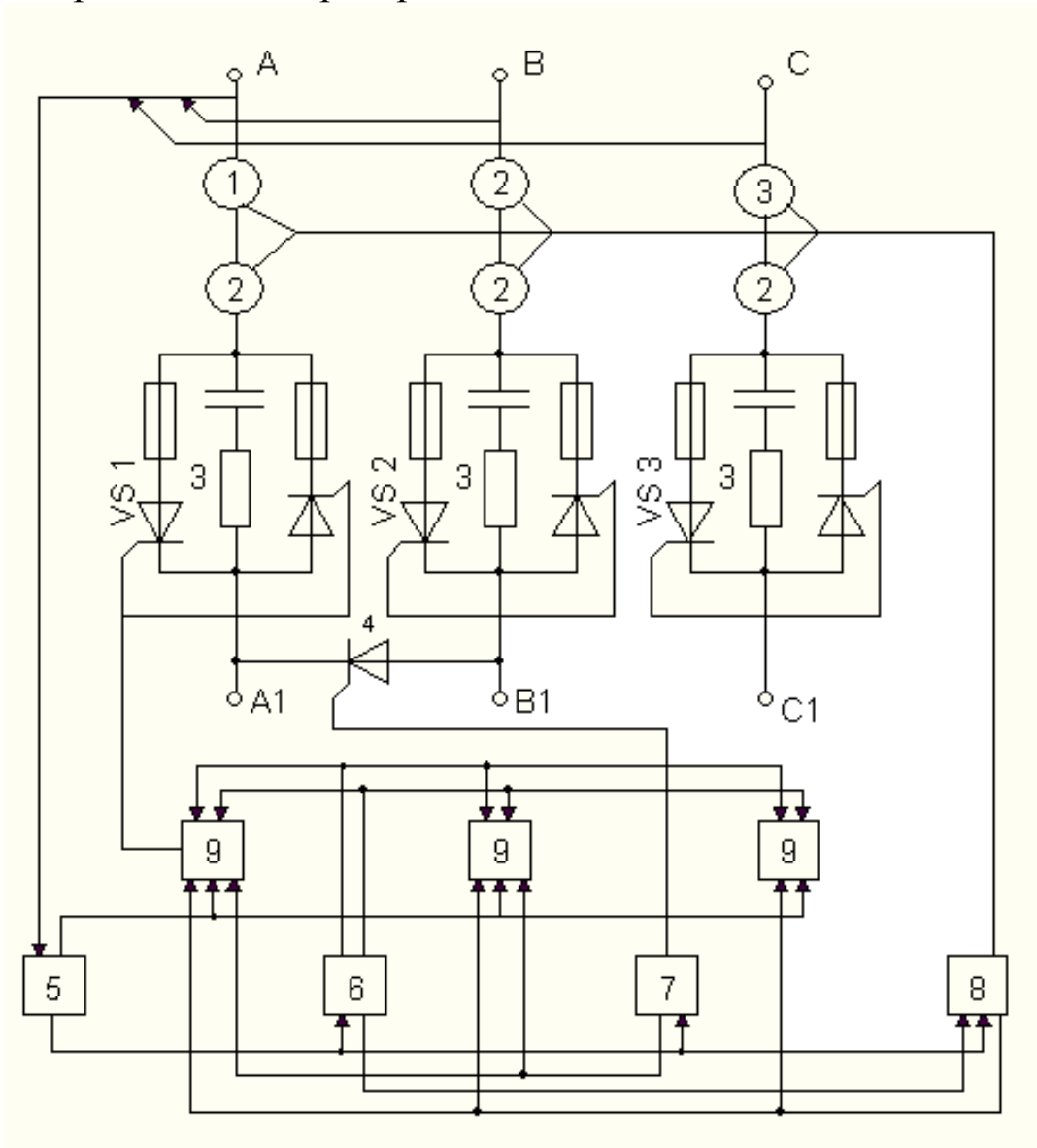


Рис. 2.3. Схема тиристорной станции управления типа ТГУ с динамическим торможением

Схема включает в себя трансформатор тока максимально-токовой защиты (1); трансформатор тока перегрузки (2); силовой тиристорный блок (3); тиристор в цепи динамического торможения (4); блок питания (5); блок включения (6); блок управления динамическим торможением (7); блок защиты (8); блок формирования управляющих импульсов (9).

2.4. ТИРИСТОРНЫЙ РЕГУЛЯТОР МОЩНОСТИ

Регулятор мощности типа РМТ предназначен для широтно-импульсного регулирования трехфазных электропечей мощностью до 630 кВА с напряжением сети 380 В. Схема регулятора мощности представлена на рис. 2.4. Силовой блок СБ имеет по два встречно включенных тиристора и диода в каждой фазе. Блоки защиты БЗ и датчика тока и напряжения ДТН, служащие для обеспечения автоматического регулирования, питаются от трансформаторов тока ТА1-ТА3. Управляющие импульсы для тиристорov вырабатываются блоками синхронизации БС, формирования импульсов БФИ и выходным усилителем БИТ.

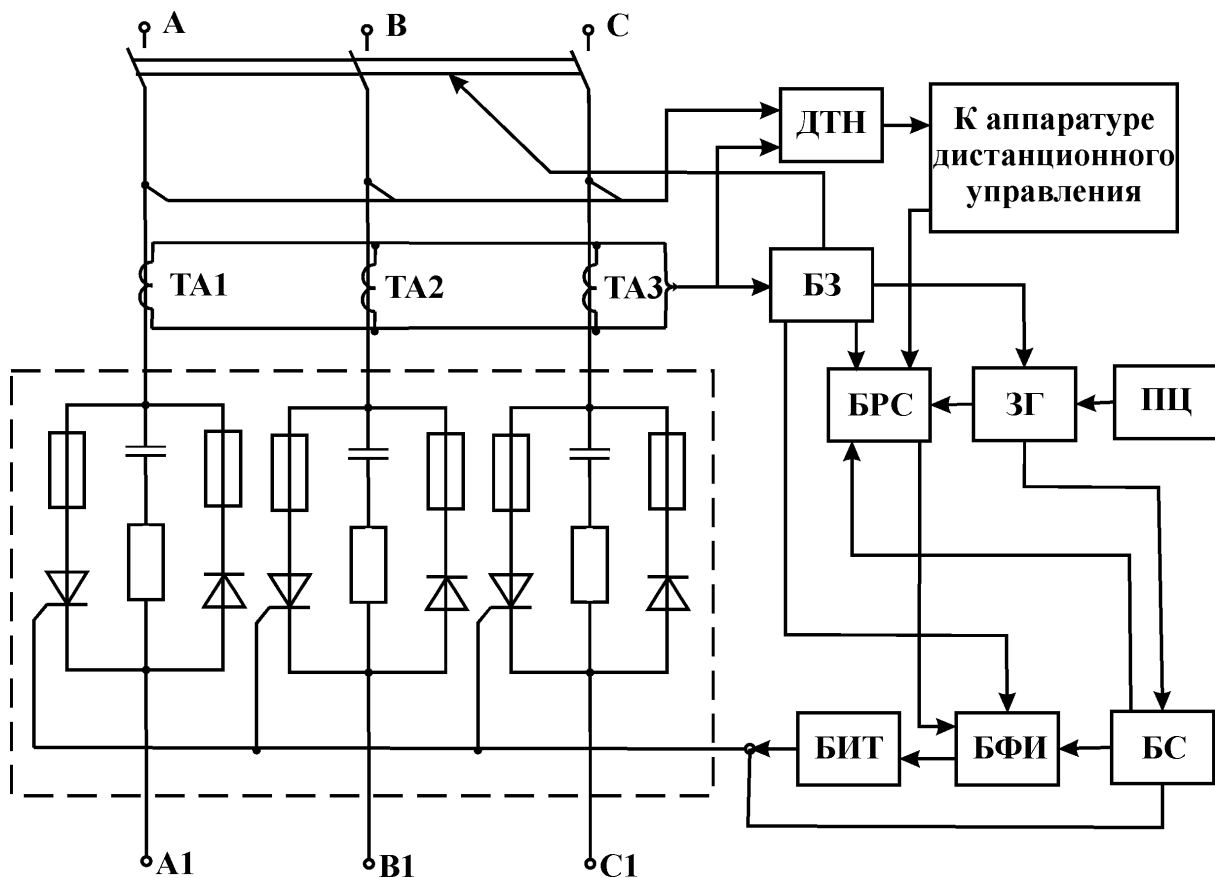


Рис. 2.4. Схема тиристорного регулятора мощности

Управление блоком БФИ производится с помощью блока переключателя циклов ПЦ, задающего генератора ЗГ и блока регулирования и синхронизации БРС. Продолжительность цикла регулирования устанавливается переключателем циклов ПЦ, ко-

торый воздействует на задающий генератор ЗГ. Один выход блока ЗГ управляет блоком БРС, который служит для регулирования коэффициента $T_{откр} / (T_{откр} + T_{закр})$ при работе РМТ и для ограничения пусковых токов при включении активно-индуктивной нагрузки. Второй выход блока ЗГ воздействует на блок синхронизации БС и обеспечивает подачу управляющего сигнала в начале положительной полуволны тока, протекающего через тиристор. В блоке защиты БЗ осуществляется защита регулятора в аварийном режиме.

2.5. ТИРИСТОРНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Схема тиристорного выключателя переменного тока представлена на рис. 2.5.

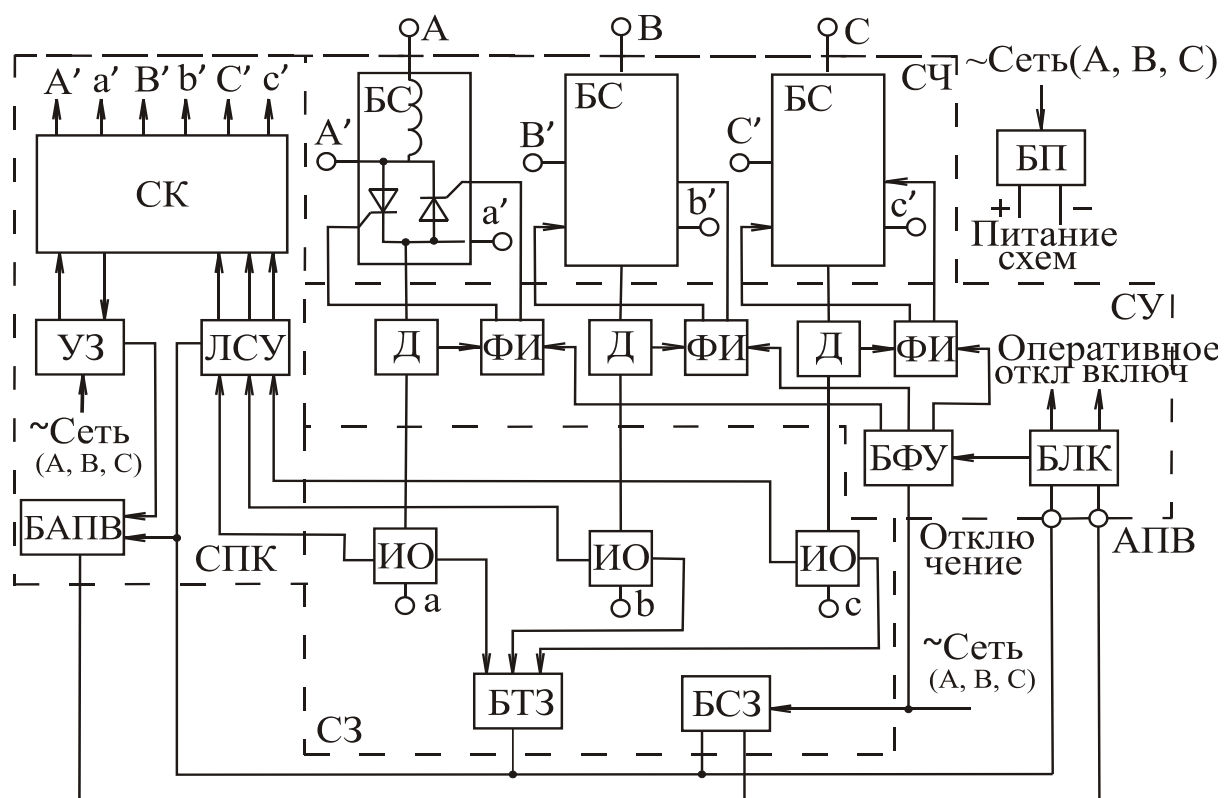


Рис. 2.5. Функциональная схема тиристорного выключателя

Тиристорный выключатель переменного тока состоит из четырех функциональных систем. Силовая часть состоит из трех

силовых блоков БС, выполняющих функцию управляющих контактов. Система управления СУ состоит из блока логических команд БЛК, блока фазирующих устройств БФУ, формирователя импульсов ФИ и датчиков тока Д. В БЛК осуществляется выработка команд «Включить», «Отключить» на основе селекции и запоминания сигналов, поступающих от органов управления и защиты. Выработанные команды поступают в БФУ. При наличии команды «Включить» БФУ обеспечивает синхронизированное включение ФИ и, следовательно, БС. При включении БС выключатель начинает пропускать электрический ток. Система защиты СЗ состоит из блока токовых защит БТЗ и блока сетевой защиты БСЗ. В состав функций БТЗ входит защита от перегрузки, токов короткого замыкания, от неполнофазных режимов, а также контроль состояния тиристоров. Управление БТЗ осуществляется измерительными органами ИО, в качестве которых используются трансформаторы тока, находящиеся в БС. Состав функций БСЗ входят защита от минимального напряжения, автоматическое повторное включение (АПВ) при восстановлении напряжения, контроль уровня напряжения. Входными сигналами БСЗ являются напряжение фаз сети. Выходные сигналы всех реле системы защиты, кроме реле АПВ, поступают в БЛК по каналу отключения и вызывают отключение выключателя. Схема принудительной коммутации СПК состоит из схемы коммутации СК, узла заряда коммутирующей ёмкости УЗ, быстродействующего блока автоматического повторного включения БАПВ и логической схемы управления ЛСУ, которая совместно с измерительными органами, устанавливаемыми в блоках БС, образует схему защиты по короткому замыканию. При выявлении режима КЗ включается ЛСУ, с выхода которой поступает сигнал на БЛК для подготовки СУ. При введении в действие узла БАПВ, после отключения ВП и восстановления исходного состояния СК, что осуществляется узлом УЗ, производится повторное включение ВП.

2.6. ТРЕХФАЗНЫЙ ТИРИСТОРНЫЙ ПУСКАТЕЛЬ

На рис. 2.6 представлена схема трехфазного тиристорного пускателя. От вторичной обмотки трехфазного разделительного трансформатора ТР1 напряжение поступает на асинхронный дви-

двигатель М, если нажать кнопку «Вкл» и тем самым включить тиристор Т1, подавая сигнал на его управляющий электрод. Тиристор Т1 через выпрямительный мост ВМ соединяет первичные обмотки Тр1 в звезду и Тр1 трансформирует напряжение во вторичные обмотки. Двигатель запускается.

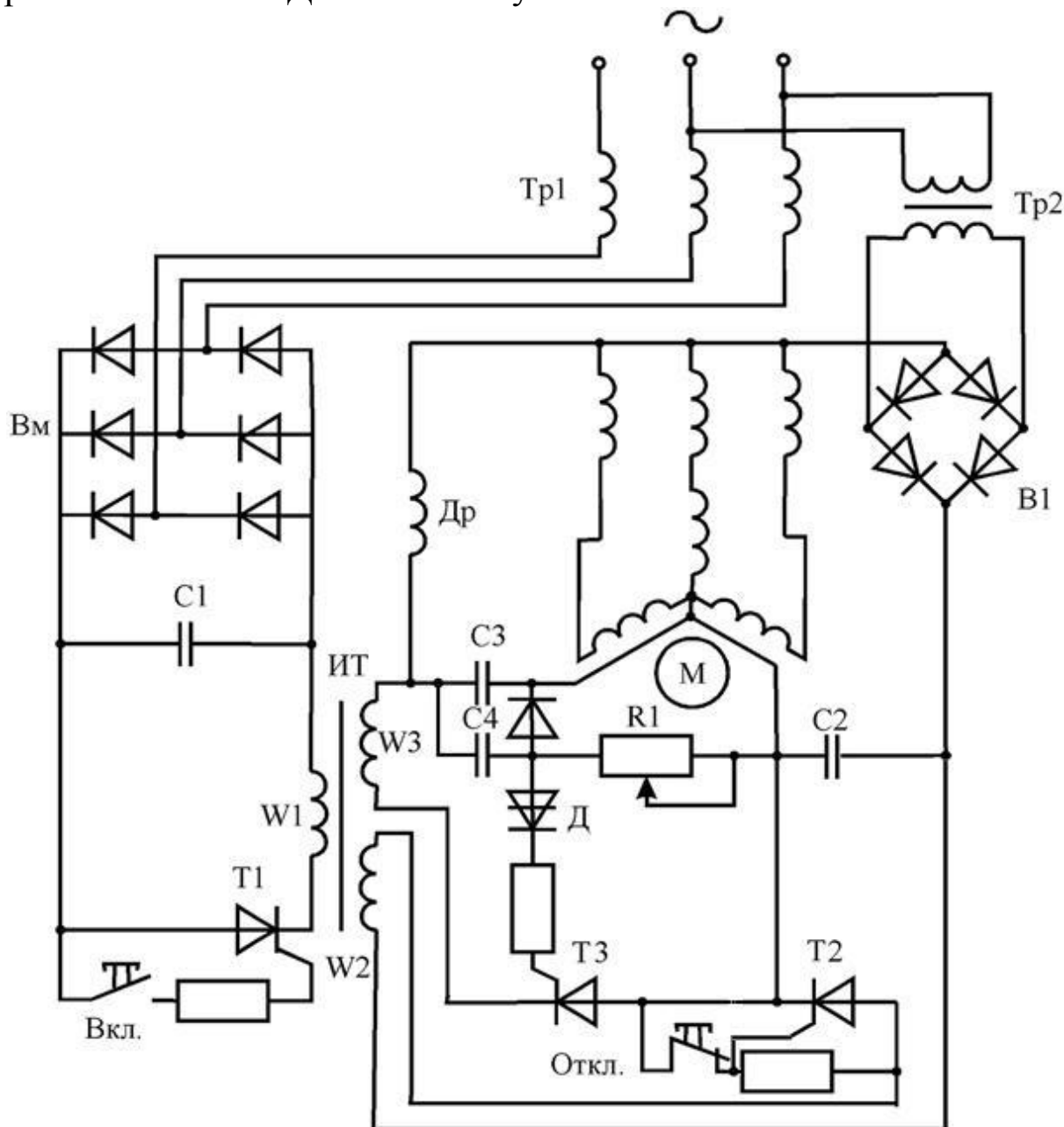


Рис. 2.6. Трехфазный тиристорный пускатель

После отпускания кнопки «Вкл». Тиристор Т1 остается включенным, так как по нему идет выпрямленный ток. Нажатием кнопки «Откл» осуществляется останов двигателя. Включается

тиристор Т2 и емкость С2 разряжается на обмотку W2 импульсного трансформатора ИТ. В цепи обмотки W1 (через емкость С1 и тиристор Т1) начинает проходить наведенный ток, который выключает тиристор Т1. Соединение в звезду первичных обмоток ТР1 нарушается и обесточенный двигатель останавливается. При включении тиристора Т2 схема подготавливается к следующему включению. Через тиристор Т2 и сопротивление R1 заряжается емкость С4. Когда напряжение на ней поднимется до достаточного уровня, включается динистор Д, а через него тиристор Т3, при этом емкость С3 разряжается на обмотку W3 ИТ. В обмотке W2 возникает трансформированный импульс, который замыкается через емкость С2 и выключает тиристор Т2, при отключении которого разрывается анодная цепь тиристора Т3. Таким образом, схема пускателя оказывается подготовленной для следующего включения двигателя.

2.7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Описание работы исследуемых схем.
3. Описание аварийных режимов работы.
4. Выводы о проделанной работе.

2.8. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Для каких целей предназначены трансформаторы тока ТА1 и ТА2 на рис. 2.1?
2. Как осуществляется реверс асинхронного двигателя в схеме на рис. 2.1?
3. Для каких целей служит тиристор VS2 на рис. 2.2?
4. В чем заключается принцип работы тиристорного регулятора мощности на рис. 2.4?
5. Для чего нужна схема принудительной коммутации на рис. 2.5?
6. Объясните назначение динистора Д в схеме на рис. 2.6?

2.9. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Епифанов, А. П. Электропривод [Электронный ресурс] : учебник для студентов высших учебных заведений / А. П. Епифанов, Л. М. Малайчук, А. Г. Гущинский ; под ред. А. П. Епифанова. – СПб. : Лань, 2012. – 400 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3812

2. Епифанов, А. П. Основы электропривода: учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 192 с.

3. Ильинский, Н. Ф. Общий курс электропривода: учеб. для вузов / Н. Ф. Ильинский, В. Ф. Козаченко. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 544 с.

Лабораторная работа №3

МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучение функциональной схемы микропроцессорного тиристорного пускателя типа Триол АС11.

3.1. ТИРИСТОРНЫЙ ПУСКАТЕЛЬ ТИПА ТРИОЛ АС11 С МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

Тиристорное пусковое устройство Триол АС11 представляет собой нереверсивный трехфазный тиристорный коммутатор (ТК) с многофункциональной системой управления (СУ) на базе микропроцессорного контроллера (МК) и развитым пользовательским интерфейсом, аппаратно обеспечиваемым устройством ввода/вывода дискретных сигналов (УВВ).

Принцип действия устройства Триол АС11 поясняет функциональная схема, приведенная на рис. 3.1.

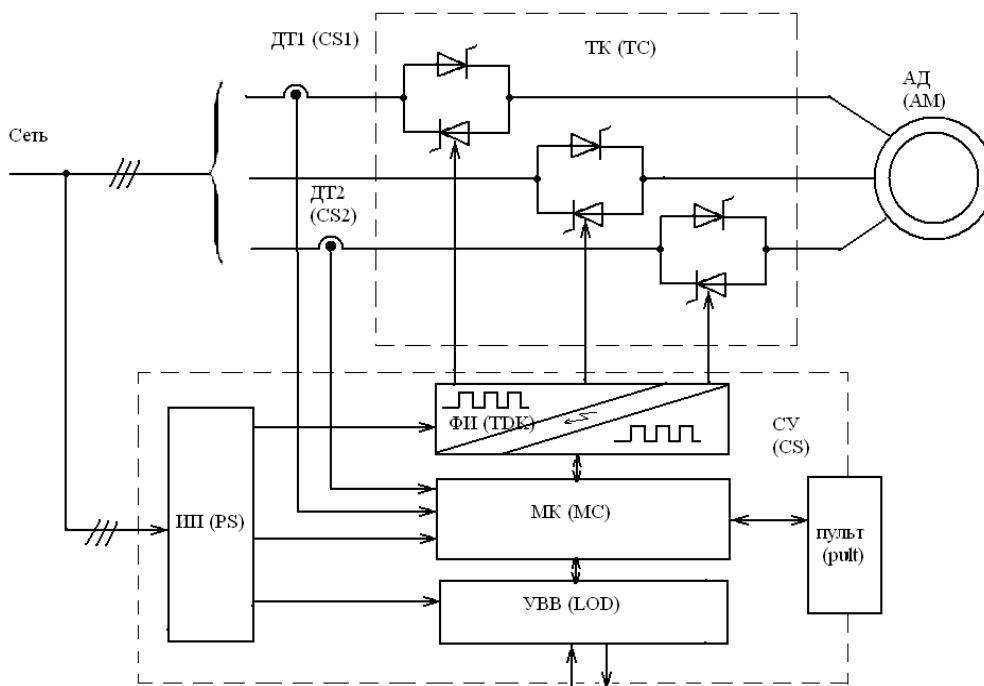


Рис. 3.1. Функциональная схема Триол АС11

Основным силовым элементом ТК является тиристорный ключ, представляющий собой два встречно-параллельно включенных тиристора. Такой ключ помещается в каждую из трех фаз. Изменяя угол управления (включения) тиристоров, можно менять подводимое к статорной обмотке двигателя напряжение и, соответственно, ток. Снижение подводимого к статорной обмотке двигателя напряжения позволяет уменьшить токи в динамических режимах (при пуске) и избежать ударных нагрузок на механизм. Наличие регулятора тока обеспечивает поддержание заданного значения тока практически в течение всего времени разгона с помощью увеличения напряжения на выходе ТК. Это достигается уменьшением угла управления тиристоров. Разгон с заданным значением пускового тока продолжается до тех пор, пока текущее значение угла управления тиристорами больше также изменяющегося угла сдвига между первыми гармониками напряжения и тока. Когда это соотношение не соблюдается, тиристоры открываются полностью. К этому моменту, однако, ток уже не должен превышать заданного значения при правильно настроенных параметрах пускового устройства.

Изменяя коэффициент усиления и постоянную интегрирования регулятора тока, а также начальное значение угла открывания тиристоров и величину (кратность) пускового тока можно получить требуемые динамические характеристики. Следует учесть, что величина пускового тока, не должна превышать номинального значения тока, указанного в паспорте конкретного пускового устройства.

По согласованию с Заказчиком в устройстве Триол АС11 при нагрузках значительно меньше номинального значения предусматривается режим энергосбережения, при котором за счет изменения угла управления тиристорами привод работает с пониженным напряжением.

В зависимости от вида механизма и по согласованию с Заказчиком торможение двигателя может осуществляться:

- выбегом, путем снятия управляющих импульсов с тиристоров ТК;
- скатом, путем снижения подводимого к статорной обмотке электродвигателя напряжения (плавным увеличением углов управления тиристорами ТК);

- динамическим торможением, путем подачи на статорную обмотку двигателя постоянного по направлению напряжения.

Датчики тока ДТ1, ДТ2 на трансформаторах тока в силовом канале Триол АС11 служат для контроля, регулирования и измерения величины пускового или нагрузочного тока электродвигателя, в том числе для защиты от токов перегрузки и короткого замыкания.

Многоканальный источник питания ИП преобразует сетевое переменное напряжение в систему напряжений постоянного тока требуемых уровней и степени стабильности, гальванически связанных и не связанных между собой, для питания устройств управления.

Микропроцессорный контроллер МК осуществляет формирование режимов работы устройства с заданными параметрами с помощью сигналов управления: сигналов управления тиристорами, сигналов защиты и аварийного отключения Триол АС11, приема и передачи внешних управляющих, задающих и информационных сигналов.

Устройство ввода/вывода УВВ предназначено для приёма и передачи внешних управляющих сигналов. УВВ имеет набор дискретных входов/выходов. Во входные и выходные цепи УВВ включены устройства гальванической развязки для потенциального разделения с силовыми цепями и внешними управляющими цепями.

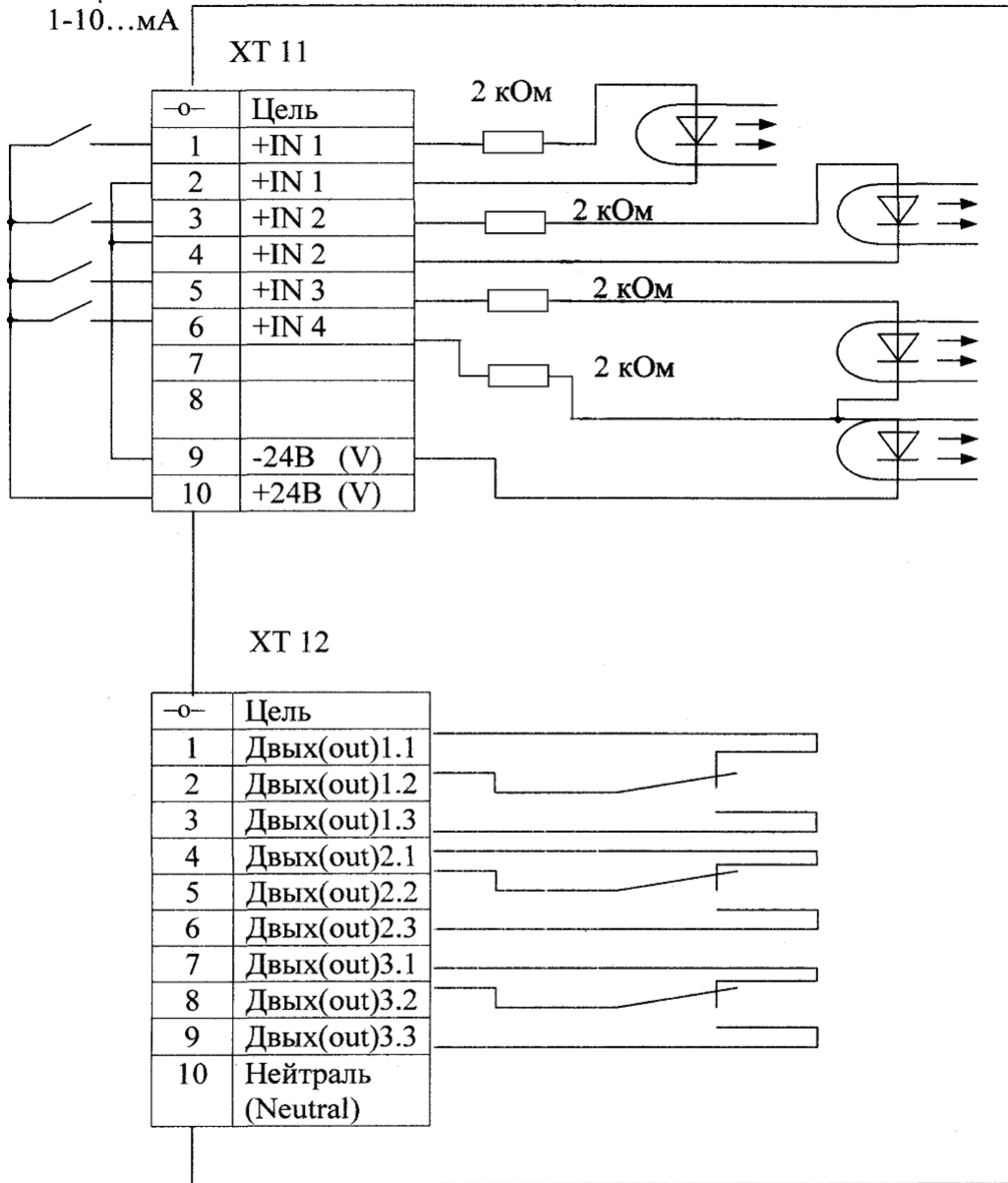
Формирователи импульсов ФИ (драйверы) предназначены для формирования требуемых уровней управляющих сигналов тиристоров, гальванического разделения силовых цепей и цепей управления тиристоров и МК.

В составе устройства предусмотрен встроенный пульт управления ПУ-5, который содержит клавиатуру для управления режимами работы, задания и программирования параметров, а также элементы индикации и сигнализации для отображения значений параметров и диагностирования.

Для удобства работы оператора программируемые и информационные параметры устройства сведены в функциональные группы.

Схема подключения цепей управления пускателя Триол АС11 приведена на рис. 3.2.

Программируемые
дискретные входы,
 $R_{нагр} = 2 \text{ кОм}$,
1-10...мА



Программируемые
дискретные выходы,
250 В, 5 А

Рис. 3.2. Схема подключения цепей управления АС11

3.2. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Описание работы исследуемых схем.
3. Описание аварийного режима работы пускателя Триол АС11.

3.3. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Каково назначение регулятора тока на рис. 3.1?
2. До каких пор продолжается разгон с заданным значением пускового тока на рис. 3.1? Когда тиристоры открываются полностью?
3. Какие способы торможения двигателя предусмотрены в схеме на рис. 3.1?
4. Для чего нужны датчики тока ДТ1, ДТ2 на трансформаторах тока, показанные на рис. 3.1?

3.4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Епифанов, А. П. Электропривод [Электронный ресурс] : учебник для студентов высших учебных заведений / А. П. Епифанов, Л. М. Малайчук, А. Г. Гущинский ; под ред. А. П. Епифанова. – СПб. : Лань, 2012. – 400 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3812
2. Епифанов, А. П. Основы электропривода: учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 192 с.
3. Ильинский, Н. Ф. Общий курс электропривода: учеб. для вузов / Н. Ф. Ильинский, В. Ф. Козаченко. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 544 с.

Лабораторная работа №4

МАГНИТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучение принципов действия разных типов магнитных пускателей и исследование на лабораторном стенде времятоковой характеристики теплового реле магнитного пускателя типа ПМЕ-012М.

4.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Магнитным пускателем называется комплектный электромагнитный аппарат для дистанционного и автоматического управления трехфазными асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором.

Магнитный пускатель состоит из контактора постоянного или переменного тока, снабженного вспомогательными блок-контактами и смонтированного в металлическом корпусе вместе с тепловым или другого типа реле для защиты от перегрузки или коротких замыканий (максимальная защита). Дистанционное управление осуществляется при помощи кнопок управления.

Магнитный пускатель с одним контактором называется не-реверсивным. Он осуществляет пуск, отключение и защиту электродвигателя от самопроизвольных включений при появлении напряжения и защиту от тепловых перегрузок или от токов короткого замыкания. Пускатель с двумя контакторами называется реверсивным и выполняет, кроме перечисленных выше функций, управление реверсом электродвигателя.

Магнитные пускатели изготавливаются в нормальном (открытом, защищенном и пылебрызгонепроницаемом) и рудничном исполнениях.

Тепловые реле не обеспечивают защиту двигателя от тока короткого замыкания, и поэтому перед пускателями должны быть установлены плавкие предохранители или максимальные токовые реле. Минимальная (и нулевая) защита осуществляется катушкой контактора, которая при снятии напряжения или его снижении до 60-70 % номинального значения не в состоянии

удержать якорь в притянутом положении, и контакты пускателя под действием массы подвижной системы отключаются.

Функцию нулевой защиты осуществляет замыкающий блок-контакт в цепи катушки контактора, шунтирующий кнопку «Пуск». Для привода механизмов, которые могут вращаться в разных направлениях (буровые станки, лебедки и т.п.), необходимо изменять направление вращения двигателя (реверсировать двигатель). В этом случае применяются реверсивные магнитные пускатели, состоящие из двух трехполюсных контакторов, механически (и электрически) заблокированных между собой таким образом, что если один из контакторов включен, то другой включиться не может.

Для управления реверсивным пускателем применяется трехкнопочный пост с двумя кнопками «Пуск» («Вперед» и «Назад») и общей кнопкой «Стоп». В схеме кнопочного поста предусмотрена электрическая блокировка, исключающая одновременное включение контакторов при одновременном или поочередном нажатии кнопок «Вперед» и «Назад». Кроме того, в самом пускателе должна быть предусмотрена электрическая или механическая блокировка, предотвращающая одновременное включение обоих контакторов при «прилипании» (приваривании) главных контактов одного из контакторов.

Для магнитных пускателей часто применяют малогабаритные прямоходовые контакторы облегченного типа с движением якоря магнитной системы не под углом, а снизу вверх и с погружением контактов в масляную ванну. Магнитные пускатели применяют для оперативного управления маломощными двигателями (2,7-75 кВт) у электроталей, монорельсовых тележек, двигателями конвейеров, пневматических установок и т.д.

Они различаются по конструкции, величине, способу защиты от воздействия окружающей среды, числу главных и вспомогательных контактов, схеме включения и номинальному напряжению катушек. В промышленности применяются пускатели общего назначения серий П, ПАЕ, ПМЕ, ПМА; рудничного нормального исполнения серии ЯРН; взрывобезопасные серий ПМ, ПИВ, ПМВИ, ИВИ, ПВ-1140, ППВ-320.

4.2. МАГНИТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ СЕРИИ ПМЕ

На рис. 4.1. представлена конструкция магнитного пускателя серии ПМЕ.

Пускатель имеет три главных (силовых) замыкающих мостиковых контакта 4 и по два замыкающих 13 и размыкающих 14 блок-контакта. Магнитная система состоит из неподвижной 10 и подвижной (якоря) 8 Ш-образных частей. Нижний магнитопровод имеет короткозамкнутые витки 16 и катушку возбуждения 9.

Якорь закреплен в траверсе 7, которая имеет возможность перемещаться в верхней части корпуса 6 и находится в приподнятом состоянии под действием пружин 12. При подаче напряжения на катушку возбуждения якорь, преодолевая сопротивление этих пружин, опускается, «прилипая» к неподвижному магнитопроводу. Электрически изолированные от якоря, но конструктивно связанные с ним силовые контакты также перемещаются вниз и ложатся на токопроводы 1, замыкая их, т.е. создавая электрическую цепь. Ударная нагрузка амортизируется пружинами 5 и 15. Одновременно срабатывают и блок-контакты.

При отключении электроэнергии (снятие напряжения с катушки контактора) магнитный поток исчезает, и якорь под действием упомянутых выше пружин 12 поднимается вверх, размыкая силовые контакты. Блок-контакты также принимают свое первоначальное положение.

Лучшие магнитные пускатели выдерживают 10-15 млн. включений без тока, до 2 млн. включений при максимальной мощности и 2000-3000 включений в час.

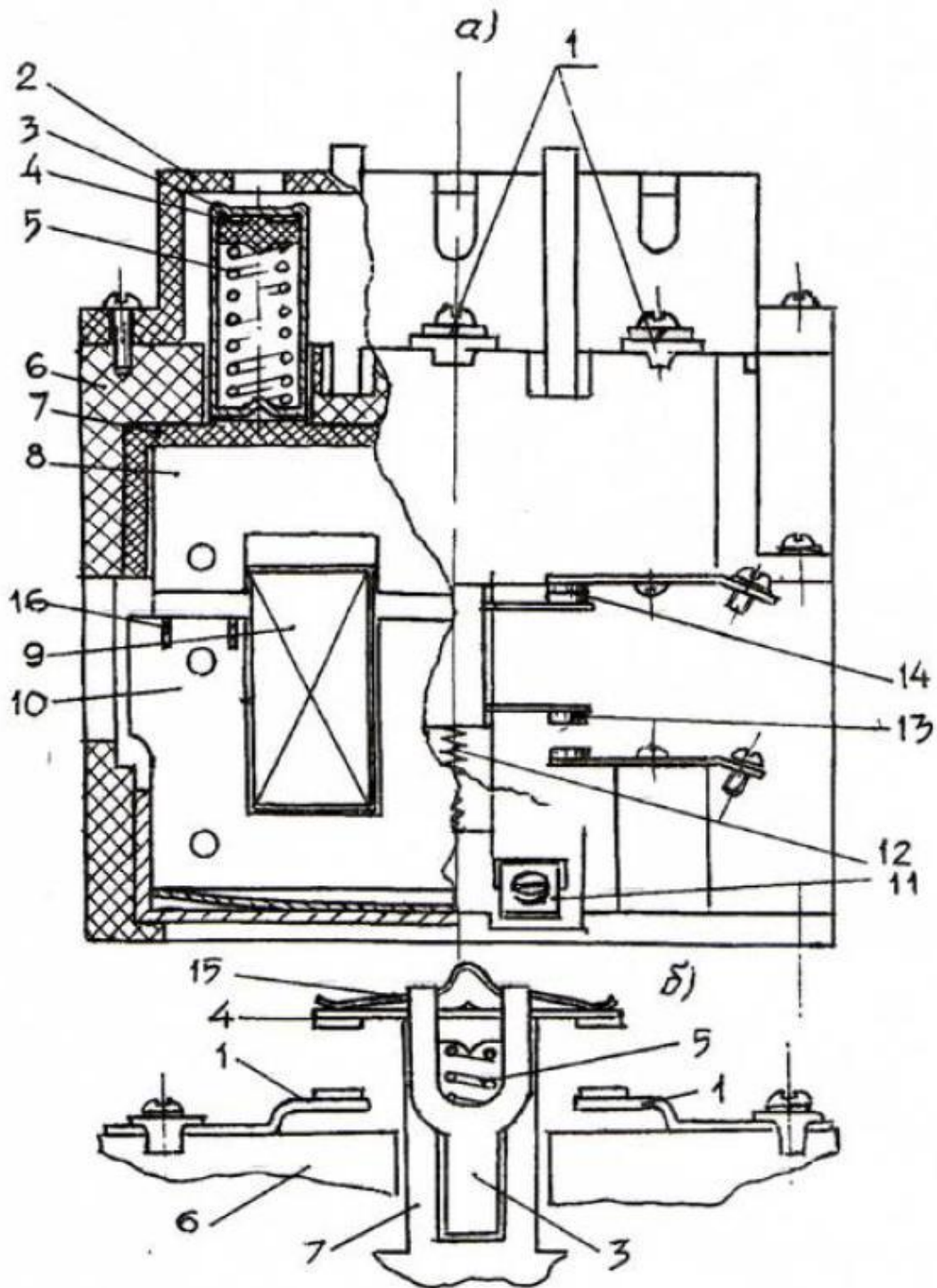


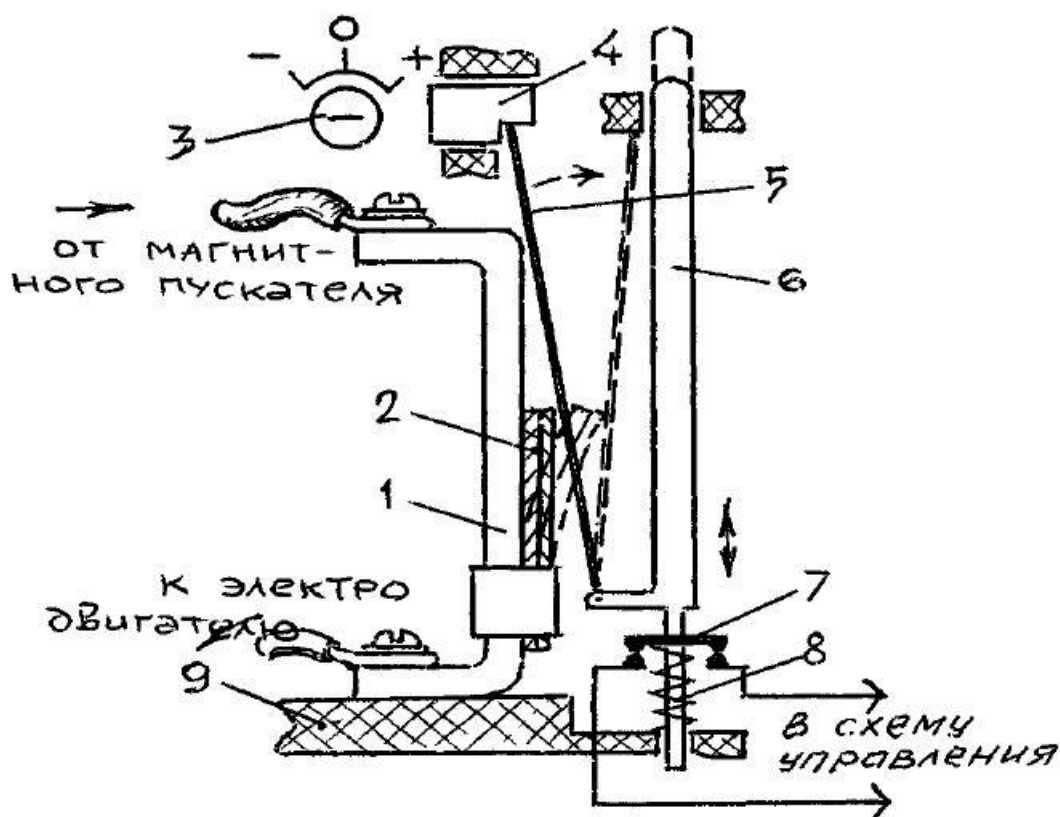
Рис. 4.1. Магнитный пускатель типа ПМЕ (а) и его силовой контакт (б): 1 – токопровод; 2 – крышка; 3 – серьга; 4 – контакт силовой мостиковый; 5, 12 – пружина; 6 – верхняя часть корпуса; 7 – подвижная траверса; 8 – якорь; 9 – катушка возбуждения; 10 – неподвижная часть электромагнита; 11 – токопровод катушки возбуждения; 13 – блок-контакт замыкающий; 14 – блок-контакт размыкающий; 15 – пружина листовая; 16 – короткозамкнутый виток

4.3. ТЕПЛОВЫЕ РЕЛЕ

В большинстве случаев магнитные пускатели снабжаются (комплекуются) тепловыми реле, осуществляющими тепловую защиту электродвигателя в случаях его перегрузки по моменту или обрыву одной из фаз питающего напряжения.

Защита осуществляется двумя биметаллическими тепловыми реле с последовательно соединенными в цепи управления размыкающими контактами.

Основным элементом теплового реле является биметаллическая пластинка, изготовленная из двух жестко скрепленных между собой пластинок из металлов с различными коэффициентами линейного теплового расширения. При нагреве биметаллическая пластинка изгибается в сторону металла с меньшим коэффициентом расширения. Нагрев осуществляется при прохождении тока электродвигателя через прикрепленную к ней шину силовой цепи 1, как это показано на рис. 4.2.



Все элементы реле укреплены на корпусе 9 из электроизоляционного материала. В нормальных условиях ток статора, проходя по шине 1, недостаточно нагревает укрепленную на ней биметаллическую пластину 2. При токах, превышающих номинальные, пластина нагревается сильнее и вследствие этого изгибается, как показано штриховой линией, отжимает защелку 5, а контакт 7 под действием пружины 8 размыкается, производя соответствующие переключения в схеме. Возврат реле в исходное положение производится нажатием кнопки 6 после охлаждения биметаллической пластинки (через 1-2 мин). Уставку теплового реле можно плавно изменять с помощью регулировочного винта с эксцентриком 3, перемещающим упор 4.

Тепловые реле достаточно инерционны и поэтому не могут обеспечить защиту электродвигателя от токов короткого замыкания. Вместе с тем они позволяют производить его отключение при обрыве одного из проводов питающей линии, т.к. в этом случае ток в двух неповрежденных фазах оказывается выше номинального. Этим объясняется включение теплового реле в две фазы силовой цепи электродвигателей переменного тока.

Для уменьшения влияния колебаний температуры окружающей среды в тепловых реле может быть применена температурная компенсация. Компенсатор представляет собой биметаллическую полоску, соединяющую основной биметаллический элемент с основанием реле. Коэффициенты линейного расширения и взаиморасположение обоих биметаллов подбираются таким образом, что при изменении температуры окружающей среды они изгибаются в разные стороны, и величина тока срабатывания не изменяется.

Для того чтобы тепловое реле срабатывало точно, необходимо совпадение тепловых характеристик электродвигателя и реле, т. е. равенство их постоянных нагрева и охлаждения. Добиться этого практически очень сложно по ряду причин: нагрев различных частей неодинаков, постоянные времена нагрева и охлаждения электродвигателей различны и изменяются при различных нагрузках и режимах работы. Кроме того, следует учитывать, что в конкретных условиях эксплуатации электродвигатель и тепловое реле размещаются в местах с разной температурой окружающей среды. Например, электродвигатель комбайна нахо-

дится в лаве, а тепловое реле в пускателе, установленном на штреке. Поэтому добиться хорошей защиты от перегрузки с помощью тепловых реле затруднительно.

Удовлетворительные результаты можно получить лишь для электродвигателей, работающих в продолжительном режиме работы.

Тепловые реле характеризуются номинальным напряжением и током. Номинальное напряжение $U_{\text{ном.р}}$ – наибольшее из номинальных напряжений сетей, в которых допускается применять данное реле. Номинальный ток реле $I_{\text{ном.р}}$ – наибольший ток, длительное протекание которого не вызывает срабатывания реле. Номинальный ток нагревателя $I_{\text{ном.нагр}}$ – наибольший ток, при длительном протекании которого через реле с данным нагревателем оно не срабатывает. Если реле имеет сменные нагреватели, то номинальный ток реле равен наибольшему из номинальных токов нагревателей, которые могут быть установлены в данном реле. Для реле с регулятором $I_{\text{ном.р}}$ и $I_{\text{ном.нагр}}$ соответствуют среднему (нулевому) положению регулятора. Номинальный ток уставки реле $I_{\text{ном.у}}$ – наибольший длительный ток, который при данной настройке реле не вызывает его срабатывания.

На рис. 4.3 приведена зависимость времени срабатывания реле $t_{\text{ср}}$ от кратности тока $I_{\text{нагр}}$, проходящего через реле, по отношению к $I_{\text{ном.нагр}}$. Кривая 1 является нижней границей времени $t_{\text{ср}}$ для реле, нагретого предварительно до рабочей температуры, кривая 2 – верхней границей времени $t_{\text{ср}}$ для холодного реле. Как видно, при увеличении тока выше величины $I_{\text{ном.нагр}}$ время срабатывания становится тем меньше, чем больше величина $I_{\text{нагр}}$.

Тепловое реле (сменный нагревательный элемент) выбирают исходя из условия $I_{\text{ном.р}} \geq I_{\text{ном.нагр}} \approx I_{\text{ном.дв}}$.

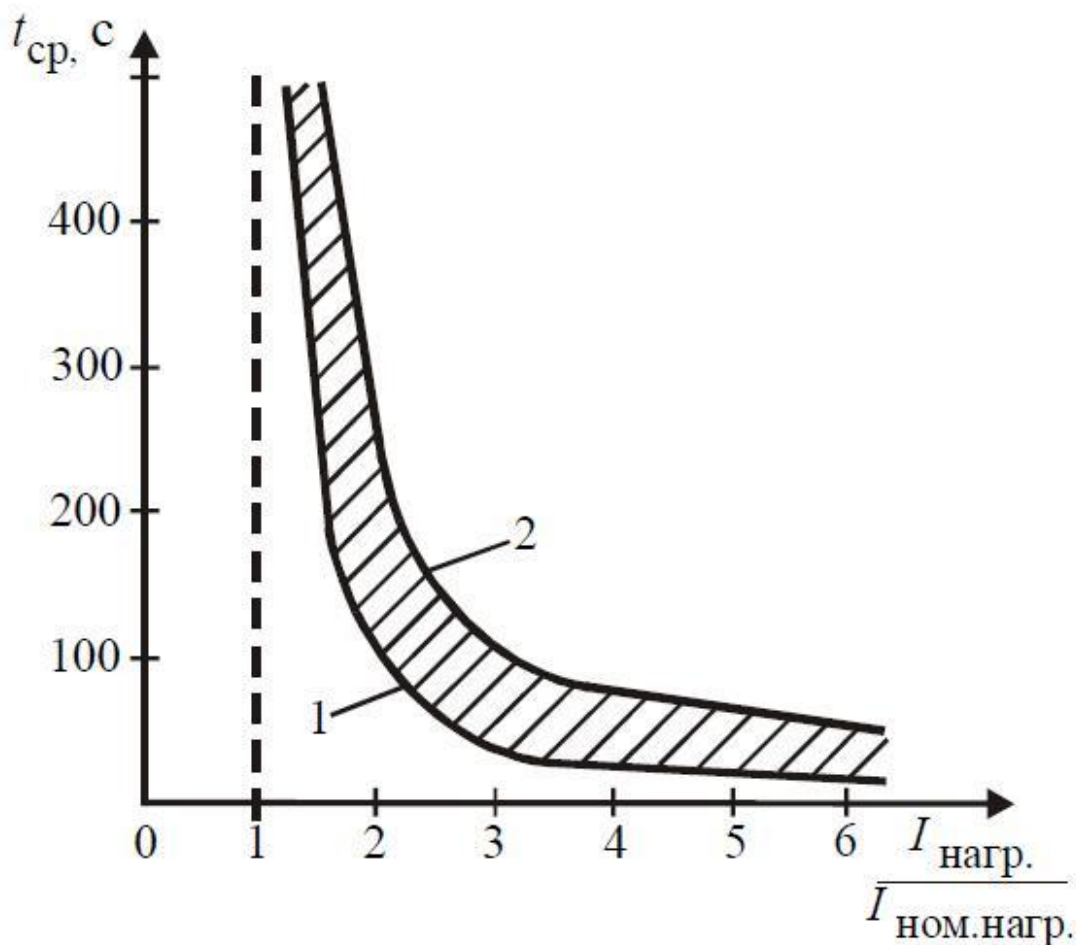


Рис. 4.3. Характеристика теплового реле

4.4. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Лабораторная работа по исследованию работы и характеристик выполняется на учебном стенде, электрическая принципиальная схема которого представлена на рис. 4.4.

Питание учебного стенда осуществляется от сети переменного тока 220 В. Включение стенда производится с помощью выключателя QF1. Далее напряжение величиной 220 В поступает на понижающий трансформатор TV1, во вторичной цепи которого включен исследуемый магнитный пускатель типа ПМЕ-012М с тепловым реле ТТ-141УХЛ4.

На схеме контакты магнитного пускателя обозначены через К, а контакты теплового реле через КТ. Нагрузка в цепи теплового реле магнитного пускателя регулируется реостатом R, а ток измеряется амперметром РА, включенным в цепь выпрямительного моста на полупроводниковых диодах.

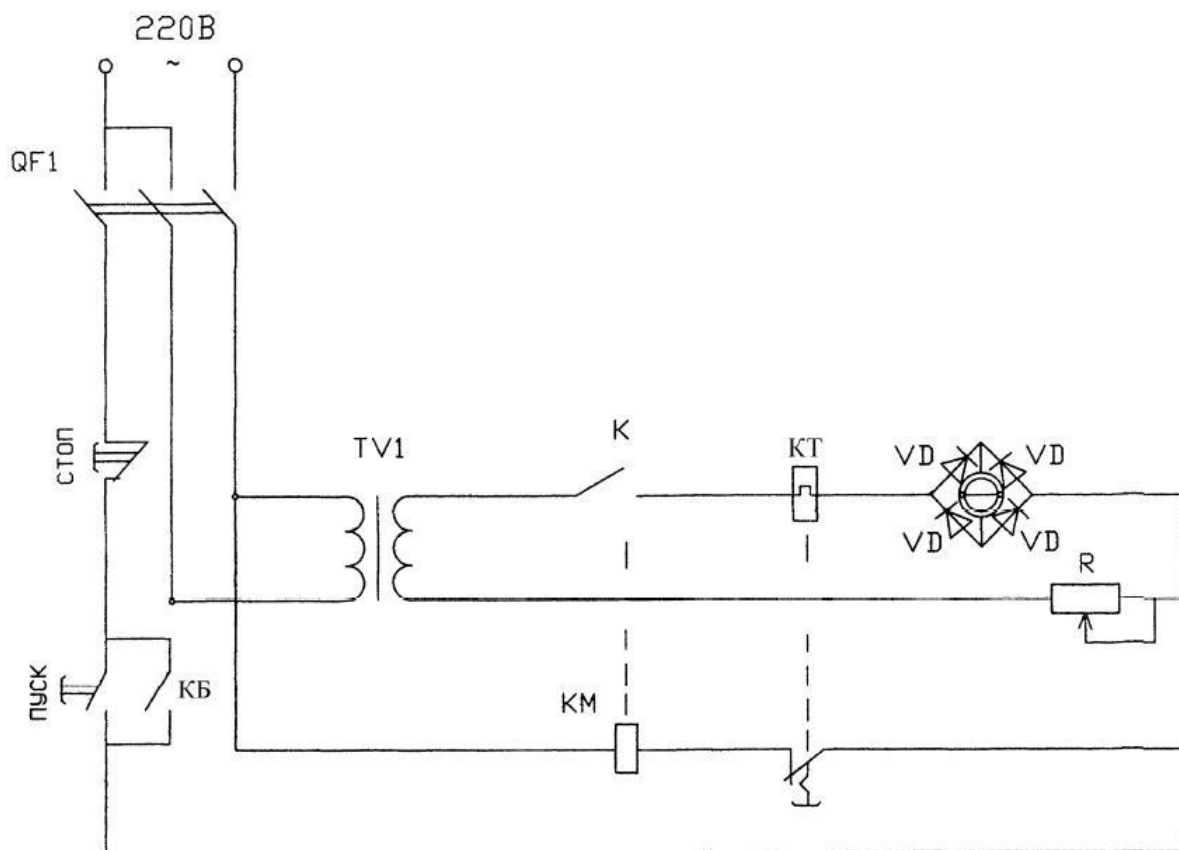


Рис. 4.4. Принципиальная электрическая схема стенда

Включение магнитного пускателя осуществляется путем подачи напряжения на катушку КМ. Для этого в схеме стенда стоит кнопочный щит BSH 222, который позволяет включать пускатель кнопкой «Пуск» и отключать его путем нажатия кнопки «Стоп». После включения пускателя кнопка «Пуск» блокируется замыкающим блок-контактом КБ.

С помощью секундомера определяется время срабатывания защитного устройства. Изменяя величину тока, получают время-токовую зависимость для теплового реле магнитного пускателя, отключая и далее после остывания биметаллической пластины, включая пускатель для каждого повторного измерения.

4.5. ЗАДАНИЕ

1. Изучить устройство и принцип действия магнитного пускателя, предложенного преподавателем.

2. Снять времятоковую характеристику теплового реле магнитного пускателя.
3. Результаты опытов записать в таблицу.
4. Построить зависимость $t_{cp} = f(I)$ для трех уставок тока.

4.6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Схема и описание лабораторного стенда.
3. Экспериментальные результаты.
4. Выводы о проделанной работе.

4.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните принцип действия магнитного пускателя.
2. Зачем на схеме используют размыкающие и замыкающие блок-контакты?
3. Объясните принцип действия теплового реле.
4. Какие виды защиты обеспечивает магнитный пускатель?
5. Каким образом магнитный пускатель можно использовать для дистанционного автоматического управления электроприводом?

4.8. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электрические и электронные аппараты. В 2 т. Т. 1. Электромеханические аппараты: учебник для студентов высш. учеб. заведений / [Е. Г. Акимов и др.]; под ред. А. Г. Годжелло, Ю. К. Розанова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 352 с.
2. Электрические и электронные аппараты. В 2 т. Т. 2. Силовые электронные аппараты: учебник для студентов высш. учеб. заведений / [А. П. Бурман и др.]; под ред. Ю. К. Розанова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 320 с.
3. Казаков, В. И. Электрические аппараты: учеб. пособие для студентов вузов. – М.: РадиоСофт, 2010. – 372 с.

Лабораторная работа №5

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучение принципа действия разных типов автоматических выключателей и исследование на лабораторном стенде времятоковой характеристики выключателя типа АЕ 20ХХ.

5.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Автоматическим выключателем (автоматом) называется электрический аппарат, предназначенный для автоматического размыкания цепей постоянного и переменного тока при нарушении нормального режима работы в них (перегрузки сверх допустимого предела, короткие замыкания, снижение или исчезновение напряжения), а также для нечастых замыканий, и размыканий тех же цепей при нормальных условиях работы.

В автоматических выключателях возникающая при размыкании электрической цепи дуга гасится в среде окружающего воздуха, и поэтому эти выключатели часто называют воздушными.

Автоматические выключатели выпускаются для цепей переменного и постоянного тока в одно-, двух-, трех- и четырехполюсном исполнении на номинальные токи от 6,3 до 6300 А.

Автоматические выключатели имеют реле прямого действия, называемые расцепителями, которые обеспечивают их отключение, которое может происходить без выдержки времени или с выдержкой. По собственному времени отключения $t_{c.o}$ (промежуток от момента, когда контролируемый параметр превысил установленное для него значение, до момента начала расхождения контактов) различают:

- нормальные выключатели ($t_{c.o} = 0,02 \dots 1$ с);
- выключатели с выдержкой времени (селективные);
- быстродействующие выключатели ($t_{c.o} < 0,005$ с).

Нормальные и селективные автоматические выключатели токоограничивающим действием не обладают. Быстродействующие выключатели обладают токоограничивающим действием,

так как отключают цепь до того, как ток в ней достигнет значения тока КЗ.

Селективные автоматические выключатели позволяют осуществить селективную защиту сетей путем установки автоматических выключателей с разными выдержками времени: наименьшей у потребителя и ступенчато возрастающей к источнику питания.

Автоматические выключатели изготавливают с ручным и двигательным приводом, в стационарном или выдвигном исполнении.

Основные элементы автоматического выключателя и их взаимодействие рассмотрим по принципиальной схеме (рис. 5.1).

Контактная система выключателей на большие токи – двухступенчатая, состоит из главных 11,5 и дугогасительных контактов 7. Главные контакты должны иметь малое переходное сопротивление, так как по ним проходит основной ток. Обычно это массивные медные контакты с серебряными накладками на неподвижных контактах и металлокерамическими накладками на подвижных контактах. Дугогасительные контакты замыкают и размыкают цепь, поэтому они должны быть устойчивы к возникающей дуге, поверхность этих контактов металлокерамическая.

При номинальных токах 630 А контактная система одноступенчатая, т.е. контакты выполняют роль главных и дугогасительных.

На рис. 5.1 выключатель показан в отключенном положении. Чтобы его включить, вращают рукоятку 2 или подают напряжение на электромагнитный привод 1 (YA). Возникающее усилие перемещает рычаги 3 вправо, при этом поворачивается несущая деталь 13, замыкаются сначала дугогасительные контакты 7 и создается цепь тока через эти контакты и гибкую связь 12, а затем главные контакты 5-11. После завершения операции выключатель удерживается во включенном положении защелкой 14 с зубцами 15 и пружиной 16.

Отключают выключатель рукояткой 2, приводом 1 или автоматически при срабатывании расцепителей.

Автоматические выключатели могут быть оборудованы одним или несколькими расцепителями.

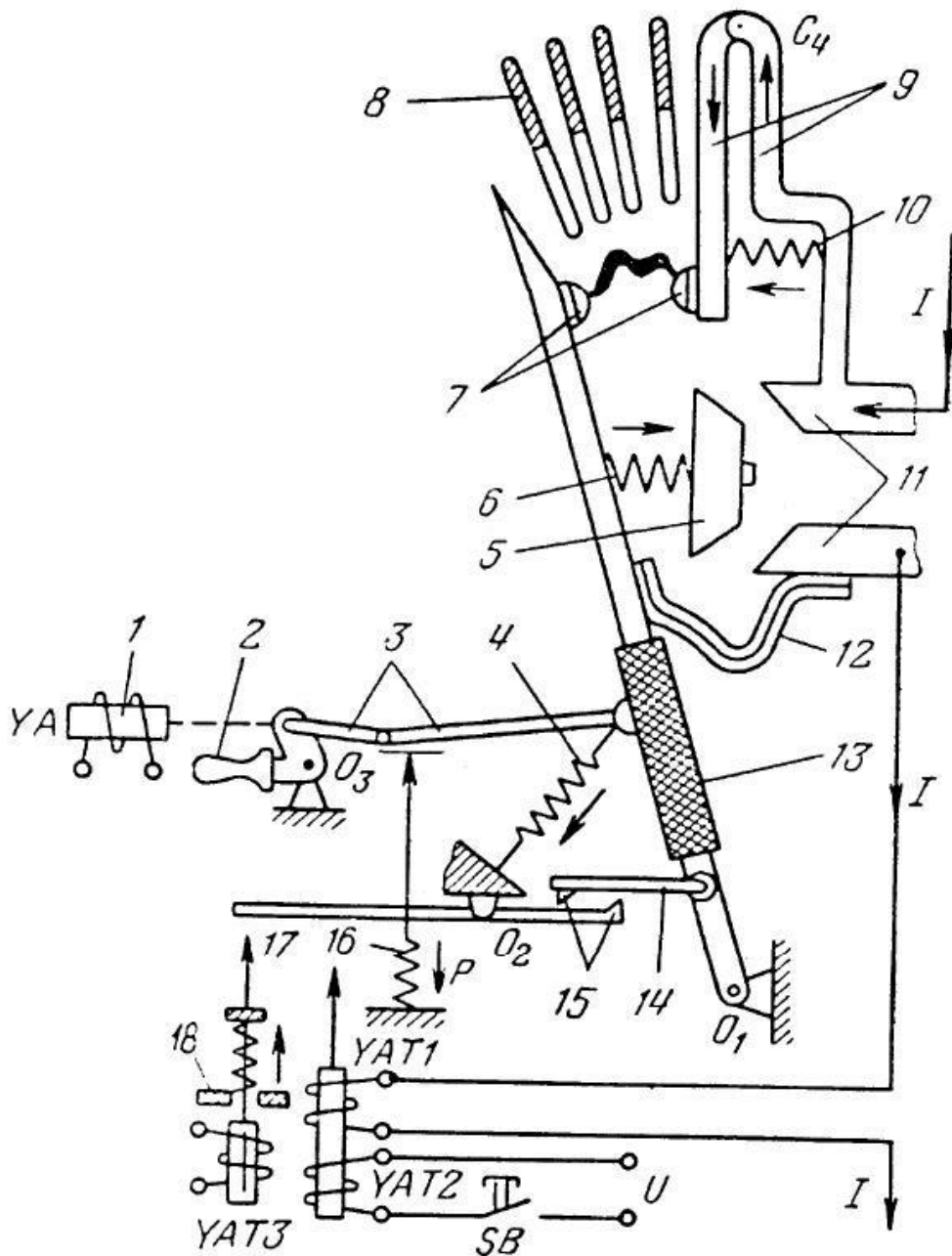


Рис. 5.1. Принципиальная схема автоматического выключателя

Максимальный расцепитель 17, который срабатывает при протекании по его обмотке YAT1 тока КЗ. Создается усилие, преодолевающее натяжение P пружины 16, рычаги 3 переходят вверх на мертвую точку, в результате чего автоматический выключатель отключается под действием отключающей пружины 4.

Независимый расцепитель YAT2 срабатывает если на обмотку YAT2 подать напряжение кнопкой SB, что позволяет производить дистанционное отключение выключателя. Минималь-

ный расцепитель 18 отключает автоматический выключатель при снижении или исчезновении напряжения и при этом осуществляется минимальная или нулевая защиты.

При отключении выключателя сначала размыкаются главные контакты и весь ток переходит на дугогасительные контакты. На главных контактах дуга не образуется.

Дугогасительные контакты 7 размыкаются, когда главные находятся на достаточном расстоянии. Между дугогасительными контактами образуется дуга, которая выдувается вверх в дугогасительную камеру 8, где и гасится.

Дугогасительные камеры выполняются со стальными пластинами (эффект деления длинной дуги на короткие) и лабиринтно-щелевыми (эффект гашения дуги в узкой щели).

Втягивание дуги в камеру осуществляется магнитным дутьем. Материал камеры должен обладать высокой дугоустойчивостью.

При протекании тока КЗ через включенный автоматический выключатель между контактами возникают значительные электродинамические силы, превышающие силы контактных пружин 6 и 10, которые могут оторвать один контакт от другого, а образовавшаяся дуга может сварить их. Чтобы избежать самопроизвольного отключения, применяют электродинамические компенсаторы в виде шинок 9, изогнутых петель. Токи в шинах 9 имеют разное направление, что создает электродинамическую силу, увеличивающую нажатие в контактах.

Рычаги 3 выполняют роль механизма свободного расцепления, который обеспечивает отключение автоматического выключателя в любой момент времени, в том числе при необходимости и в процессе включения. Если выключатель включается на существующее КЗ, то максимальный расцепитель 17 срабатывает и переводит рычаги 3 вверх за мертвую точку, нарушая связь привода 1 (или 2) с подвижной системой автоматического выключателя, который отключается пружиной 4, несмотря на то, что приводом будет передаваться усилие на включение. В реальных автоматических выключателях механизм свободного расцепления имеет более сложное устройство.

Номинальным током автоматического выключателя $I_{ном,а}$ называют наибольший ток, при протекании которого выключатель может длительно работать без повреждений.

Номинальным напряжением автоматического выключателя $U_{\text{ном,а}}$ называют напряжение, равное напряжению электрической сети, для работы в которой этот выключатель предназначен.

Номинальным током расцепителя $I_{\text{ном,рас}}$ называют ток, длительное протекание которого не вызывает срабатывание расцепителя. Током уставки расцепителя называют наименьший ток, при протекании которого расцепитель срабатывает.

Защитная характеристика автоматического выключателя приведена на рис. 5.2. Максимальные расцепители электромагнитного типа имеют обратную зависимость от тока выдержку времени при перегрузках (участок ab) и независимую выдержку времени при токах КЗ (участок cd).

Уставка по току регулируется в зоне перегрузки и в зоне КЗ (отсечка). Время срабатывания регулируется при $I_{\text{ном}}$, при 3-10 $I_{\text{ном}}$ и при токе КЗ.

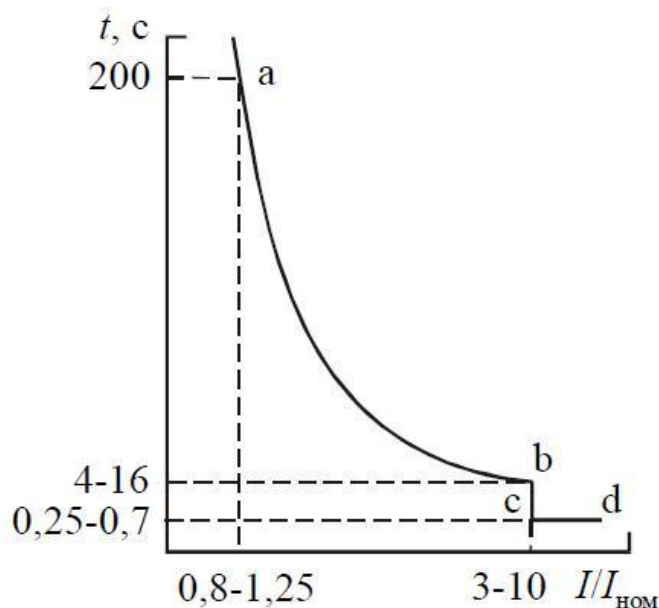
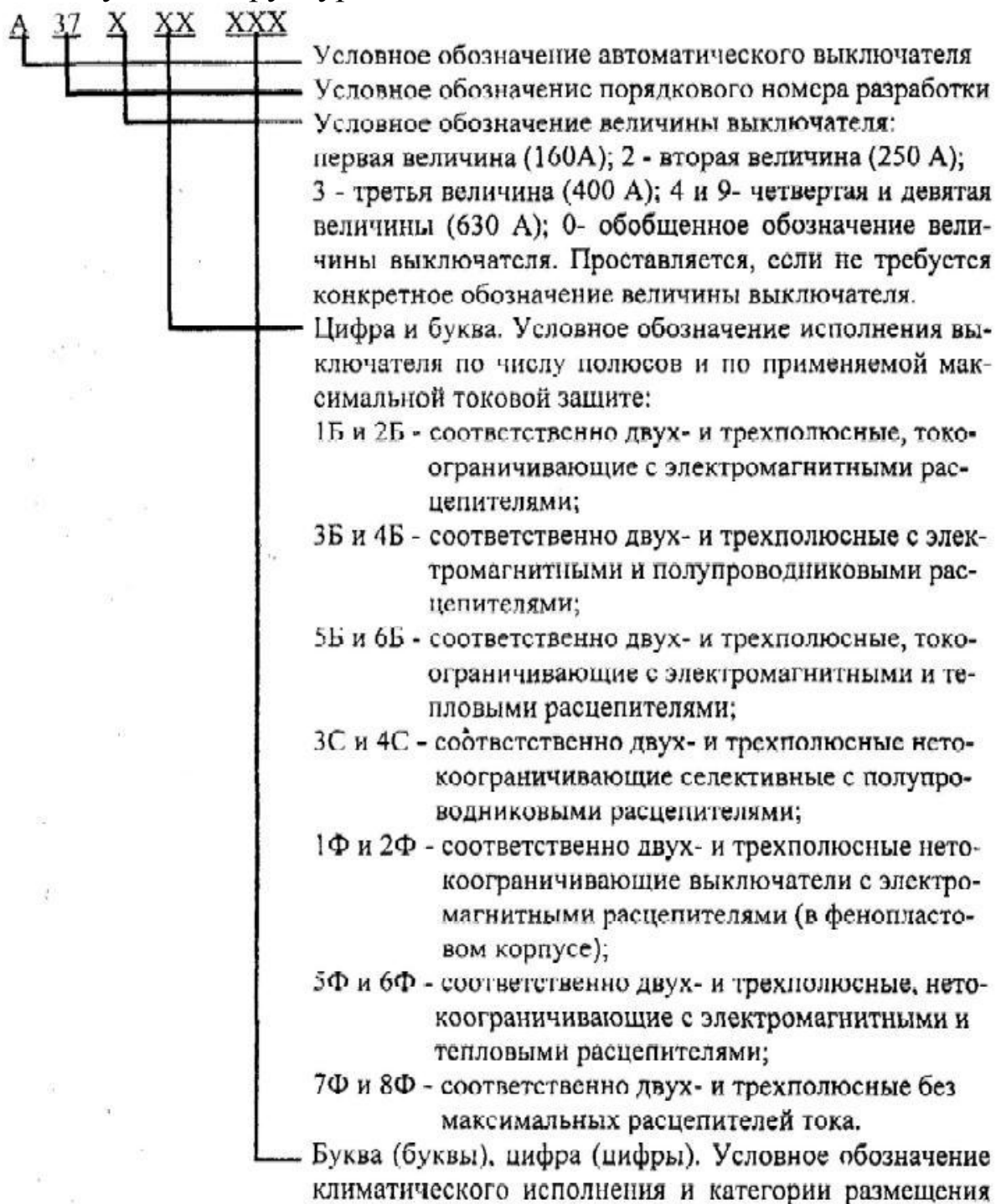


Рис. 5.2. Защитная характеристика автоматического выключателя

5.2. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ СЕРИИ А 3700

Серия выключателей А 3700 предназначена для проведения тока в нормальном режиме и отключения тока при коротких замыканиях, перегрузках и недопустимых снижениях напряжения,

а также для не частых (до трёх в час) оперативных включений и отключений электрических цепей и в зависимости от исполнения рассчитаны для эксплуатации в электроустановках с номинальным напряжением 440 В постоянного тока, до 660 В переменного тока частоты 50 и 60 Гц и до 380 В переменного тока частоты 400 Гц. Технические данные определяются величиной и исполнением выключателя, которые кодируются в условном обозначении со следующей структурой:



Автоматические выключатели серии А3700 на токи 160-630 А и напряжение переменного тока до 660 В, постоянного до 440 В выпускаются в пластмассовом корпусе с изолирующими перегородками между полюсами в двух исполнениях: А3700Б – токоограничивающие с электромагнитными расцепителями мгновенного действия и полупроводниковыми расцепителями; А3700С – селективные с полупроводниковыми расцепителями с регулируемой выдержкой времени.

Автоматические выключатели серии А3700 имеют одну пару контактов на полюс с металлокерамическими накладками.

Включение и отключение может производиться вручную рукояткой или электромеханическим приводом в виде отдельного блока, устанавливаемого над крышкой выключателя.

Автоматическое отключение при КЗ производится расцепителем мгновенного действия. Предельный ток отключения 60-110 кА.

Технические данные автоматических выключателей серии А3700 представлены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Технические данные автоматических выключателей серии А3700

Вид защиты	Тип автоматического выключателя	Номинальный ток, А	Регулируемый номинальный ток полупроводникового устройства защиты, А	Нерегулируемая уставка	
				Переменный ток, А	Постоянный ток, А
Токоограничивающая	А3710Б	160	20 – 40; 40 – 80; 80 – 160	1600	960
			Нет	400, 630, 1000, 1600	6000, 750, 960
	А3720Б	250	160 – 250	2500	1500
			Нет	1600, 2000, 2500	960, 1200, 1500
	А3730Б	400	160 – 250; 250 – 400	4000	2400
			Нет	2500, 3200,	2400

Вид защиты	Тип автоматического выключателя	Номинальный ток, А	Регулируемый номинальный ток полупроводникового устройства защиты, А	Нерегулируемая уставка	
				Переменный ток, А	Постоянный ток, А
	А3740Б	630	100, 250, 400 – 630	4000	3800
			Нет	4000, 5000, 6300	3800
Избирательная	А3730С	400	160 – 250; 250 – 400	Нет	Нет
	А3740С	630	250 – 400; 400 – 630	Нет	Нет

5.3. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ СЕРИИ АЕ 10XX И АЕ 20XX

Для защиты электрических цепей от перегрузок и КЗ применяются выключатели АЕ-1000, АЕ-2000, АК-63, А-63, АВ-45 и другие.

Автоматические выключатели серии АЕ-1000 выпускают однополюсными с тепловыми расцепителями на номинальные токи 6, 10, 16, 20, 25 А, с электромагнитными расцепителями с отключением без выдержки времени при токах более $18I_{ном,рас}$ и с комбинированными расцепителями. Основное назначение этих выключателей – защита осветительных сетей.

Серия одно-, двух- и трех полюсных автоматических выключателей АЕ-2000 на токи 25, 63, 100 А с расцепителями максимального тока 0,6 А, с добавочными расцепителями и вспомогательными контактами в разных исполнениях предназначена для применения в промышленности.

Технические данные по автоматическим выключателям серии АЕ представлены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Технические данные автоматических выключателей серии АЕ

Тип автоматического выключателя	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Вид расцепителя максимального тока		Номинальные токи расцепителя, А	Предельная отключающая способность, кА
			в зоне перегрузки	в зоне КЗ		
АЕ2030	110	25	Тепловой	Электромагнитный	0,6; 0,8; 1	2,5
	220				1,25; 1,6;	2
	220				2; 2,5; 3,2;	3
	380				4; 5;	
	500				6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	
АЕ2040	110	63			10; 12,5;	5
	220				16; 20; 25;	4
	220				32; 40; 50;	6
	500				63	5
АЕ2050	110	100			16; 20; 25;	12
	220				32; 40; 50;	4
	220				63; 80;	9
	380				100	6
	500					5

Выключатели серии АЕ 20ХХ общего назначения применяют в цепях напряжением до 660 В переменного тока частотой 50 или 400 Гц и до 220 В постоянного тока для защиты электрических цепей от перегрузок и токов КЗ, для защиты, пуска и остановки асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, а также для оперативных включений и отключений указанных цепей с частотой до 30 включений в час. Климатическое исполнение УЗ и ХЛ4.

Выключатели АЕ 20 изготавливаются на номинальные токи 10 А (АЕ 2010), 16 А (АЕ 2020), 25 А (АЕ 2030), 63 А (АЕ 2040), 100 А (АЕ 2050) и 160 А (АЕ 2060).

Выключатели различают:

- по числу полюсов – однополюсные, двухполюсные, трехполюсные и четырехполюсные;

- по виду максимальных расцепителей тока – без расцепителей, с электромагнитным и тепловым (комбинированным) расцепителем;

- по виду дополнительных расцепителей – без дополнительных расцепителей, с независимым расцепителем, минимальным расцепителем напряжения, независимым и минимальным расцепителем.

Независимые расцепители изготавливаются на номинальные напряжения 24, 36, 110, 127, 220 и 380 В переменного тока частоты 50 или 400 Гц и на 24, 36, 110 и 220 В постоянного тока.

5.4. ВЫБОР АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

При выборе уставок тока срабатывания автоматических выключателей необходимо учитывать различия в характеристиках и погрешности в работе расцепителей выключателей. Существуют следующие требования к выбору автоматических выключателей:

– номинальное напряжение выключателя не должно быть ниже напряжения сети;

– отключающая способность должна быть рассчитана на максимальные токи КЗ, проходящие по защищаемому элементу;

– номинальный ток расцепителя должен быть не меньше наибольшего расчетного тока нагрузки, длительно протекающего по защищаемому элементу:

$$I_{ном.рас} \geq I_{р.мах};$$

– автоматический выключатель не должен отключаться в нормальном режиме работы защищаемого элемента, поэтому ток уставки замедленного срабатывания регулируемых расцепителей следует выбирать по условию:

$$I_{ном.рас} \geq (1.1 \dots 1.3) I_{р.мах} .$$

5.5. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Лабораторная работа выполняется на учебном стенде, электрическая принципиальная схема которого представлена на рис. 5.3.

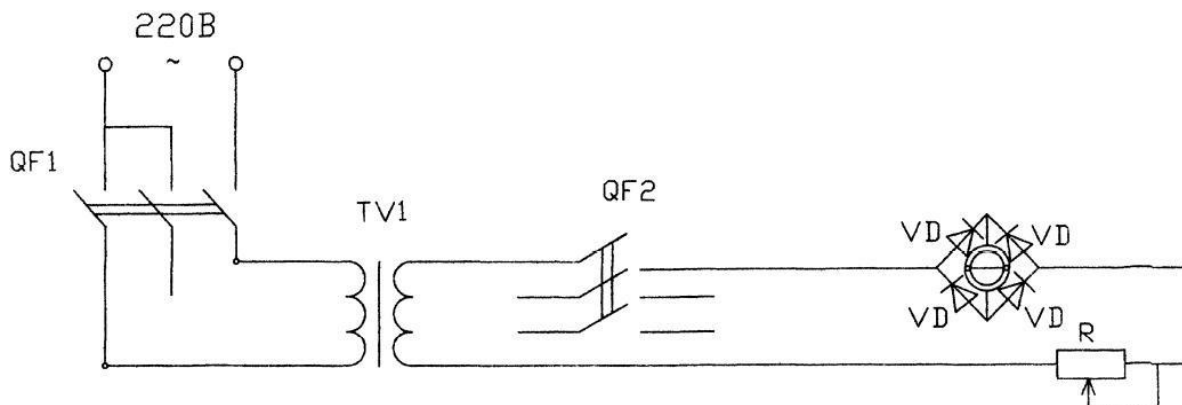


Рис. 5.3. Принципиальная электрическая схема стенда

Питание учебного стенда осуществляется от сети переменного тока 220 В. Включение стенда производится с помощью выключателя QF1. Далее напряжение величиной 220 В поступает на понижающий трансформатор TV1, во вторичной цепи которого включен исследуемый автоматический выключатель типа АЕ 20XX.

На схеме автоматический выключатель обозначен QF2. Нагрузка в цепи автоматического выключателя регулируется реостатом R1, а ток измеряется амперметром PA1, включенным в цепь выпрямительного моста на диодах VD1-VD4. С помощью секундомера определяется время срабатывания защитного устройства. Изменяя величину тока, получают времятоковую зависимость для автоматического выключателя (защитную характеристику).

5.6. ЗАДАНИЕ

1. Изучить устройство и принцип действия автоматического выключателя, предложенного преподавателем.
2. Снять времятоковую характеристику автоматического выключателя.

3. Результаты опытов записать в таблицу.
4. Построить зависимость $t_{cp} = f(I)$ для трех уставок тока.

5.7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Схема и описание лабораторного стенда.
3. Экспериментальные результаты.
4. Выводы о проделанной работе.

5.8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите назначение и основные требования, предъявляемые к автоматическим выключателям.
2. Изобразите схему возможной конструкции автомата и дайте пояснения его работы.
3. Поясните кодировку условных обозначений автоматических выключателей серии А 3700.
5. Рассмотрите конструкцию автоматических выключателей и отдельных узлов. Поясните принцип работы.
6. Назовите основные технические данные автоматов серии АЕ 20ХХ.

5.9. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электрические и электронные аппараты. В 2 т. Т. 1. Электромеханические аппараты: учебник для студентов высш. учеб. заведений / [Е. Г. Акимов и др.]; под ред. А. Г. Годжелло, Ю. К. Розанова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 352 с.
2. Электрические и электронные аппараты. В 2 т. Т. 2. Силовые электронные аппараты: учебник для студентов высш. учеб. заведений / [А. П. Бурман и др.]; под ред. Ю. К. Розанова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 320 с.
3. Казаков, В. И. Электрические аппараты: учеб. пособие для студентов вузов. – М.: РадиоСофт, 2010. – 372 с.

Лабораторная работа №6

ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕЛЕ КОНТРОЛЯ И ЗАЩИТЫ ТРЕХФАЗНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Исследование работы электронных реле контроля и защиты трехфазного электрооборудования.

6.1. БЛОК РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ

Блок релейной защиты микропроцессорный (БРЗМ1) предназначен для:

- защиты от междуфазных коротких замыканий в электродвигателе, его вводах и питающем кабеле;
- предупреждения повреждения электродвигателя при недопустимо высоком уровне несимметрии фазных токов;
- защиты от перегрузки (затянувшиеся пуски, перегрузка рабочего механизма и др.).

Технические характеристики защиты от перегрузки:

- защита имеет интегрально-зависимую характеристику срабатывания, максимально приближенную к перегрузочной характеристике электродвигателя;
- защита имитирует охлаждение электродвигателя после устранения перегрузки с постоянной времени, соответствующей постоянной времени охлаждения работающего электродвигателя, а после отключения электродвигателя вследствие перегрузки – с постоянной времени остановленного электродвигателя;
- при повторных пусках и периодических перегрузках учитывает накопленный ранее тепловой импульс;
- имеет возможность программного изменения характеристики срабатывания в зависимости от параметров электродвигателя, изменения тока срабатывания, постоянной времени охлаждения;
- уставка на срабатывание защиты отстраивается от номинального тока электродвигателя и задается в процентах от номинального тока;

- тепловой импульс индицируется в виде целых чисел: 0 – соответствует температуре обмотки в номинальном режиме работы электродвигателя; 100 – соответствует предельной температуре нагрева.

Технические характеристики защиты от несимметрии фазных токов и витковых замыканий:

- защита действует по единому алгоритму, не идентифицируя отдельно режим виткового замыкания и режим несимметричной перегрузки;

- имеет уставку на срабатывание, отстроенную от допустимого для электродвигателя уровня несимметрии токов в длительном режиме работы;

- имеет выдержку времени, отстроенную от максимальной выдержки времени защит от несимметричных коротких замыканий в прилегающей сети;

- уровень несимметрии токов фаз вычисляется как разница между максимальным и минимальным значением сигнала, пропорционального току фазы, приводится к номинальному току при токе электродвигателя меньше или равным номинальному и к максимальному току – при токе электродвигателя больше номинального.

Время обновления информации по контролируемым параметрам тока не превышает 25 мс.

Выход устройства – контактный (типа «сухой контакт»). Коммутационная способность контактов – 2500 ВА в цепях переменного тока, максимальное коммутируемое напряжение – 400 В. Количество коммутаций – не менее 200000.

Односекундная термическая устойчивость устройства по входным токовым цепям не менее 30 – кратного номинального тока электродвигателя. Задание уставок защит – в процентах от номинальных величин. Дискретность задания уставок – 1%. Выдержки времени на срабатывание защит задаются в миллисекундах.

Для программирования защиты и задания (изменения) уставок предусмотрен последовательный канал RS-232.

Состояние основных функциональных узлов отображается на лицевой панели устройства с помощью светодиодов: «контроль», «отсечка», «несимметрия», «перегрузка».

При снятии питания с устройства программа и заданные уставки сохраняются.

Режим работы устройства – непрерывный.

Устройство устойчиво к воздействию температуры окружающего воздуха от плюс 0 до плюс 40 °С и атмосферного давления от 84 до 106,7 кПа (630–800 мм Нг).

Средняя наработка на отказ устройства в нормальных условиях эксплуатации составляет 25000 ч.

Нормальными условиями эксплуатации являются:

- температура окружающего воздуха (20±2) °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80% (при $t = 20$ °С);

- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

Сопротивление изоляции всех независимых цепей переменного тока относительно корпуса и между собой в обесточенном состоянии защиты при температуре окружающей среды 20±5 °С – не менее 10 МОм.

Изоляция всех электрически не связанных частей относительно корпуса и между собой выдерживает в течении 1 мин без пробоя или перекрытия по поверхности испытательное напряжение 1500 В переменного тока частотой 50 Гц.

Питание устройства – от сети переменного тока 220 В, допустимое отклонение напряжения от 100 до 240 В, частота сети 47–63 Гц.

Потребляемая мощность по цепи оперативного питания – не более 7 Вт.

Диапазон номинальных токов – 160, 250, 400 А.

Устройство является восстанавливаемым, ремонтируемым, многофункциональным.

Масса устройства (без датчиков тока) не более 0,4 кг.

Корпус устройства имеет степень защиты IP-40, крепление – утопленное.

Конструктивно блок БРЗМ1 выполнен в корпусе Uninorm из технической пластмассы. Передняя крышка – прозрачная, на которой нанесены обозначения светодиодов. В задней крышке просверлены отверстия, обеспечивающие доступ к клеммникам.

Трансформатор тока состоит из тороидального сердечника с намотанной на него обмоткой, помещенной в корпус, установленного на кабельном вводе в месте подключения к автоматическому выключателю. При этом каждая жила кабеля пропускается через окно сердечника соответствующего трансформатора. Трансформаторы тока для номинальных первичных токов более 100 А выполняются в одном габарите со следующими параметрами:

- сечение стали – 1 см²;
- внутренний диаметр сердечника – 55 мм;
- число витков обмотки – 8000;
- диаметр провода – 0,14 мм.

Внешний вид и габаритные размеры трансформатора приведены на рис. 6.1.

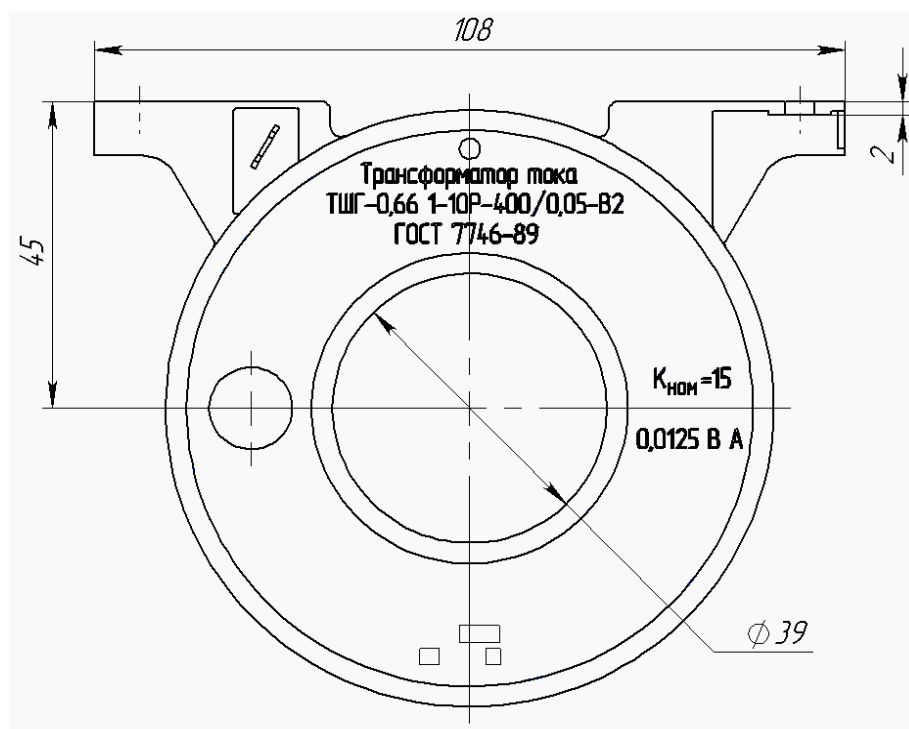


Рис. 6.1. Габаритные размеры трансформатора тока

На рис. 6.2 приведена структурная схема блока БРЗМ1.

В состав блока БРЗМ1 входят датчики тока ДТА, ДТВ, ДТС, предназначенные для гальванического разделения от первичных токовых цепей и снижения уровня токов до требуемых значений по условию минимизации мощности выпрямительных мостов VS₁-VS₃, нагрузочных резисторов R_{Н1}, R_{Н2}, R_{Н3}.

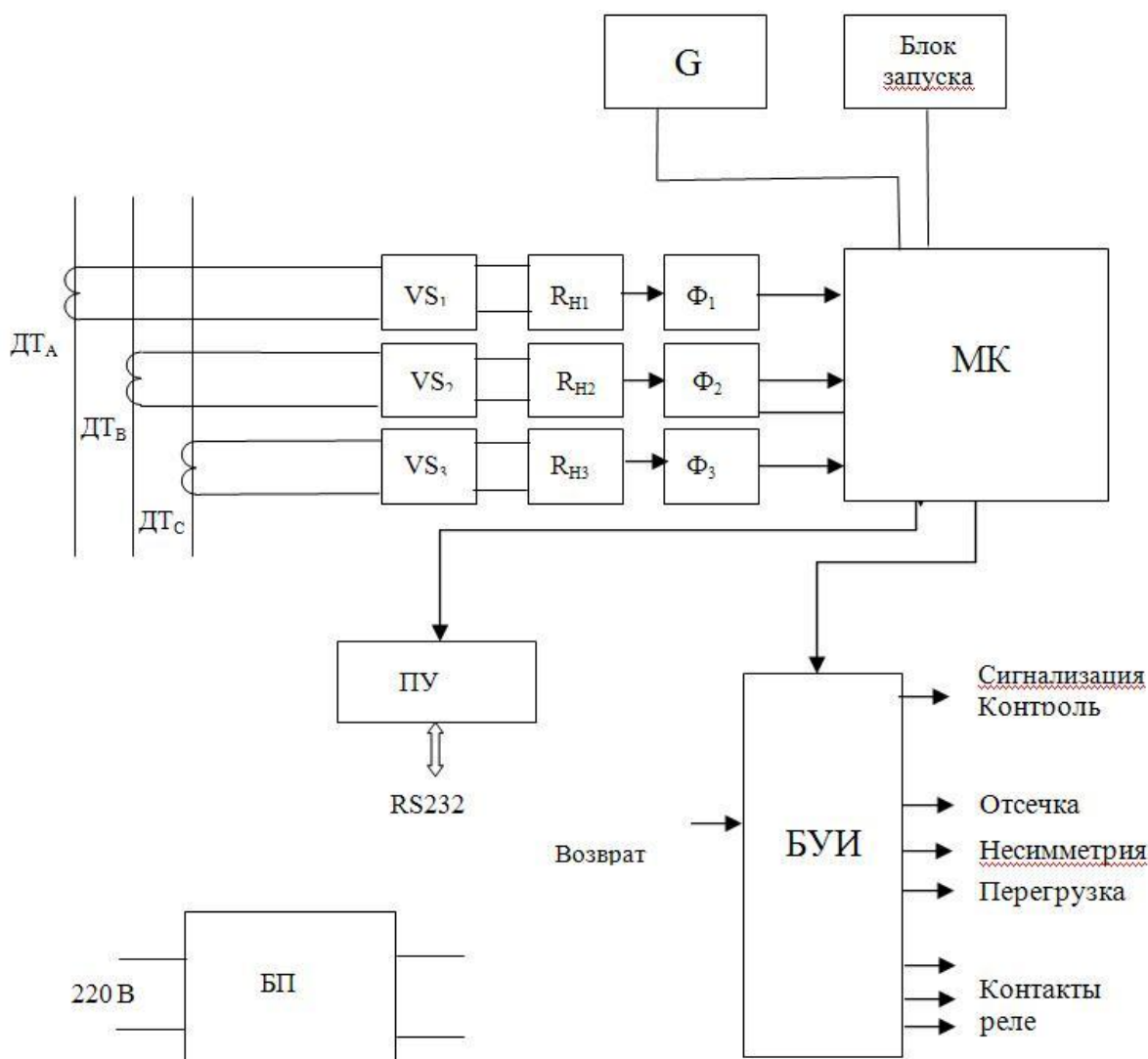


Рис. 6.2. Структурная схема блока БРЗМ1

Напряжения с нагрузочных резисторов, пропорциональные токам фаз, через высокочастотные фильтры Φ_1 - Φ_3 подаются на входы встроенного в микроконтроллер (МК) аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

Поскольку АЦП является восьмиразрядным восьмиканальным, а для оцифровки требуется три канала, то для расширения динамического диапазона по токовым входам используется два канала АЦП по каждой фазе (точный, работающий в диапазоне $(0-2)I_{ном}$, и грубый, работающий при кратностях тока более двух). Для обеспечения функционирования микроконтроллера предусмотрен блок запуска, выдающий на МК запускающий им-

пульс при превышении питающего напряжения выше 4,2 В, и генератор (G) тактовой частоты 8 МГц.

Блок управления и сигнализации обеспечивает управление светодиодной индикацией об исправности контроллера («Контроль»), о срабатывании защит («Отсечка», «Несимметрия», «Перегрузка») и управление тремя выходными реле защиты и сигнализации. Возврат защиты осуществляется встроенным под лицевой панелью герконом.

Для программирования контроллера, изменения уставок предусмотрен порт RS-232, требуемый уровень сигналов для которого обеспечивается преобразователем уровня (ПУ). Импульсный блок питания обеспечивает устройство стабилизированным напряжением 5 В.

Микропроцессорные устройства защиты поставляются настроенными на номинальные токи контакторов ($I_{\text{кн}}$) – 160 А, 250 А и 400 А. Для таких номинальных токов устанавливаются датчики тока первого габарита с коэффициентом трансформации $K_{\text{дт}}=8000$.

Тогда вторичные номинальные токи, поступающие на вход защиты, соответственно будут равны:

$$I_{2\text{н}} = I_{\text{кн}} / K_{\text{дт}} = 160 / 8000 = 20 \text{ мА};$$

$$I_{2\text{н}} = I_{\text{кн}} / K_{\text{дт}} = 250 / 8000 = 31,3 \text{ мА};$$

$$I_{2\text{н}} = I_{\text{кн}} / K_{\text{дт}} = 400 / 8000 = 50 \text{ мА}.$$

На вход АЦП поступает напряжение, снимаемое с нагрузочного резистора.

Для контактора с номинальным током 160 А значение сопротивления 10 Ом, для контактора с номинальным током 250 А – 7,67 Ом, для контактора с номинальным током 400 А – 5 Ом.

При этом номинальному току электродвигателя будет соответствовать число 100. Если от контактора получает питание электродвигатель, то в качестве расчетного для защиты следует взять номинальный ток электродвигателя. Для этого в параметры защиты вводится еще один коэффициент $K_1 = I_{\text{н}} / I_{\text{кн}}$, равный отношению номинального тока электродвигателя к номинальному току контактора.

Ток срабатывания отсечки задается в процентах от номинального тока контактора $I_{\text{отс}} = 1,3 \times K_{\text{п}} \times 100 [\%]$.

Защита от перегрузки предназначена для предотвращения недопустимых термических воздействий на изоляцию электродвигателя. Контроль теплового состояния изоляции может быть осуществлен непосредственно путем встраивания чувствительных полупроводниковых терморезисторов в характерных точках обмотки фаз и косвенно – с использованием информации об уровне и длительности тока перегрузки.

В предлагаемой защите используется косвенный контроль температуры, основанный на математическом моделировании теплового состояния электродвигателя. В качестве величины, отображающей количество тепла, выделяемого в электродвигателе в единицу времени, используется квадрат максимального из трех фаз выпрямленного значения тока. Кроме того, при наложении на режим перегрузки несимметричного режима в электродвигателе дополнительно выделяется определенное количество тепла (в частности – в роторе) от токов обратной последовательности. Для упрощения алгоритма защиты от перегрузки эта составляющая не учитывается, поскольку предусмотрена отдельная защита от несимметричных режимов.

В электродвигателях, работающих в тяжелых условиях пуска, подверженных частым перегрузкам по технологическим причинам, тепловое состояние будет определяться не только степенью перегрузки и ее длительностью, но и предшествующим тепловым состоянием. Поэтому характеристика срабатывания защиты является интегрально зависимой от тока, учитывает предшествующее перегрузке тепловое состояние, процесс остывания обмоток в нормальном режиме работы и при его отключении от сети.

В последнем режиме постоянная времени охлаждения электродвигателя принимается в два раза больше, чем при работающем электродвигателе из-за прекращения вентиляции. Поэтому для более точного учета перегрузочной способности электродвигателя коэффициент интегрирования КИ должен быть легко изменяемым и определяться тепловой характеристикой электродвигателя, приводимой изготовителем.

6.2. РЕЛЕ КОНТРОЛЯ И ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Реле контроля и защиты (РКЗ) предназначено для установки в цепях питания трехфазных электроустановок переменного тока (электродвигателей, трансформаторов и других ответственных агрегатов) с целью повышения их надежности и увеличения срока службы.

Реле осуществляет контроль рабочих токов обслуживаемой электроустановки и при выявлении аварийных режимов работы отключает ее. Отключение происходит в следующих аварийных ситуациях:

- при перегрузке по току недопустимой продолжительности;
- при недогрузке (холостом ходе) электроустановки;
- при обрыве любой фазы;
- при перекосе фаз по току.

Реле позволяет осуществлять автоматическое отключение или циклический режим работы электроустановки с целью экономии ее ресурса.

Реле изготавливается в исполнении УХЛ категории 3 по ГОСТ 15150 и предназначено для работы при температуре окружающей среды от -40 до $+40$ °С при относительной влажности до 95 %. Реле предназначено для работы совместно с пультом индикации ЯЮКЛ. 411711.000 (входит в комплект поставки по требованию заказчика).

Технические характеристики:

- Пределы контролируемых токов в каждой из трех фаз электроустановок:

РКЗ-25.1 – 2...25 А;

РКЗ-25.25 – 5...50 А;

РКЗ-250.1 – 40...250 А;

РКЗ-250.2 – 40...500 А;

РКЗ-250.3 – 90... 900 А.

- Время задержки срабатывания защитного отключения регулируется в пределах от 3 до 250 с.

- Время задержки срабатывания защитного отключения при пуске электроустановки регулируется в пределах от 3 до 250 с.

- Время задержки срабатывания защитного отключения при обрыве фазы фиксировано и составляет $3 \pm 0,2$ с.

Реле сохраняет в памяти значения контролируемых токов и режимных уставок в момент защитного отключения, а также сохраняет информацию о причине аварии.

Реле регистрирует и сохраняет в памяти неограниченное время информацию о количестве и причинах аварийных отключений. Максимальное число регистрируемых аварийных отключений – не менее 255.

Реле имеет режим автоматического сброса защиты через заданный интервал времени, регулируемый в пределах от 1 до 255 минут.

Реле имеет режим автоматического отключения электроустановки через заданный интервал времени, регулируемый в пределах от 1 до 255 минут.

Реле коммутирует электрическую цепь переменного тока от 0,03 до 1,5 А при напряжении до 380 В и рассчитано на управление магнитными пускателями и контакторами от 0 до VI величины.

Питание реле осуществляется от одной фазы сети переменного тока с нулевым проводом напряжением 220 В частотой 50 Гц. Реле сохраняет работоспособность при снижении питающего напряжения до 160 В продолжительностью не более 5 с. Мощность, потребляемая реле от сети, не более 10 ВА.

Внешний вид и габаритные размеры блока РКЗ и пульта управления (ПУ) приведены на рис. 6.3.

На рис. 6.3 обозначено: 1 – вывод «Питание», 2 – вывод «Контактор», 3 – вывод «Нейтраль», 4 – индикатор «Работа», 5, 6, 7, 8 – индикаторы типа аварии, 9 – ИК-приемник, 10 – ИК-излучатель, 11, 12, 13 – датчики тока, 14 – клеммы контакта сигнализации (разъем X1), 15, 17 – ИК-излучатели пульта, 16 – ИК-приемник пульта, 18 – дисплей, 19 – кнопка «Питание», 20 – кнопка «Выбор параметров», 21, 22 – кнопки «Выбор страницы».

При подключенной нагрузке реле обеспечивает выдачу сигналов о работоспособном состоянии в виде прерывистого светового сигнала индикатора «РАБОТА». При возникновении проблемной ситуации производится прерывистая индикация причины проблемы, соответствующим типу аварии индикатором. Ин-

дикация аварийного режима с одновременным размыканием цепи выводов управляющего ключа (выводы 1, 2) реле отображается непрерывным свечением соответствующих типу аварии индикаторов. Индикация режима «СТОП» (режим с отключенной нагрузкой) и режима «ПЕРЕРЫВ» (запрограммированное отключение) осуществляется непрерывным свечением индикатора «РАБОТА».

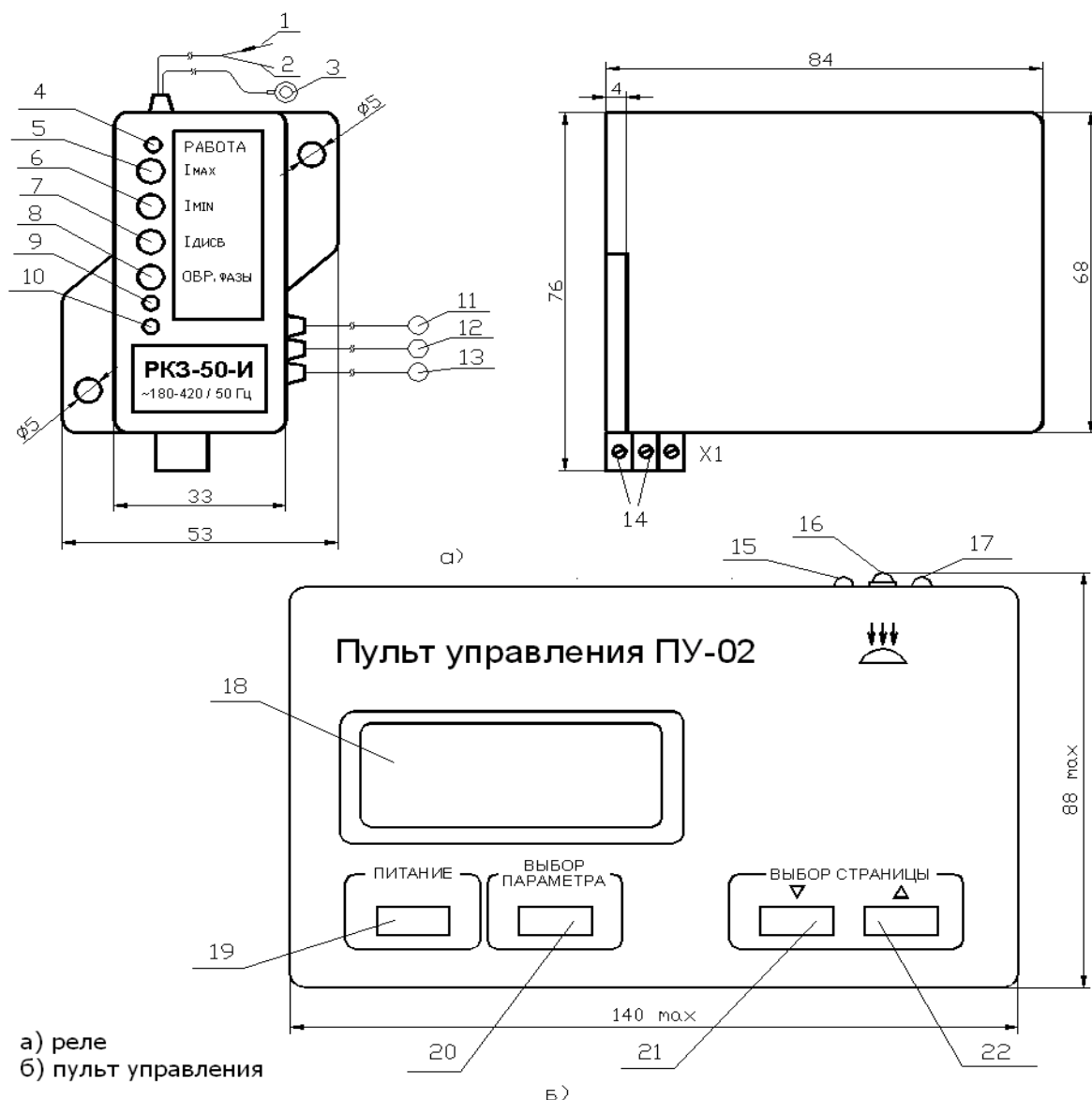


Рис. 6.3. Внешний вид и габаритные размеры блоков РКЗ и ПУ-02

Реле оборудовано гальванически изолированным контактом аварийной сигнализации, винтовые клеммы которого (14) распо-

ложены на боковой панели реле. Контакт нормально разомкнут и замыкается при аварийном отключении.

Контакт аварийной сигнализации предназначен для включения последовательно в цепь маломощной нагрузки, например, электромагнитного реле с максимальным током катушки не более 0,1А при напряжении 220 или 380 В, управляющего своими контактами устройством сигнализации.

Питание реле обеспечивается наличием переменного сетевого напряжения между выводами (1,3) реле.

Пульт управления (рис. 3б) с автономным питанием обеспечивает дистанционное считывание информации с реле и ее отображение на экране цифрового дисплея (18), а также используется для программирования реле. Реле и пульт обмениваются информацией по оптическому инфракрасному (ИК) каналу связи, который обеспечивается инфракрасными излучателями (10, 15, 17) и приемниками (9, 16). Дальность связи находится в пределах от 5 до 20 см.

При аварийном отключении реле регистрирует в памяти значения контролируемых токов на момент аварийного отключения и сохраняет их до тех пор, пока не произведен сброс защиты.

Реле имеет в своем составе четыре счетчика, в которых фиксируется число аварийных отключений в зависимости от характера аварийных ситуаций. Состояние счетчиков аварий сохраняется в памяти реле неограниченное время, в том числе, и при отключении сетевого питания.

Сброс счетчиков возможен только подачей специальной команды с пульта управления.

Деблокировка защиты и возврат реле в исходное состояние при необходимости осуществляется снятием напряжения сетевого питания с реле на время 2 – 3 с.

Подключение устройства производится в соответствии со схемой, приведенной на рис. 6.4.

При включении напряжения сетевого питания электроустановки реле РКЗ готово к работе. Включение установки осуществляется кнопкой «Пуск», а выключение – кнопкой «Стоп».

Считывание информации с реле осуществляется с помощью пульта управления (ПУ) в следующем порядке:

Нажмите и удерживайте кнопку «ПИТАНИЕ» на ПУ. На дисплее появится сообщение: ПУЛЬТ 02 М. Если изображение не появляется или оно недостаточно контрастно, то это свидетельствует о чрезмерном разряде элементов питания ПУ и их необходимо заменить.

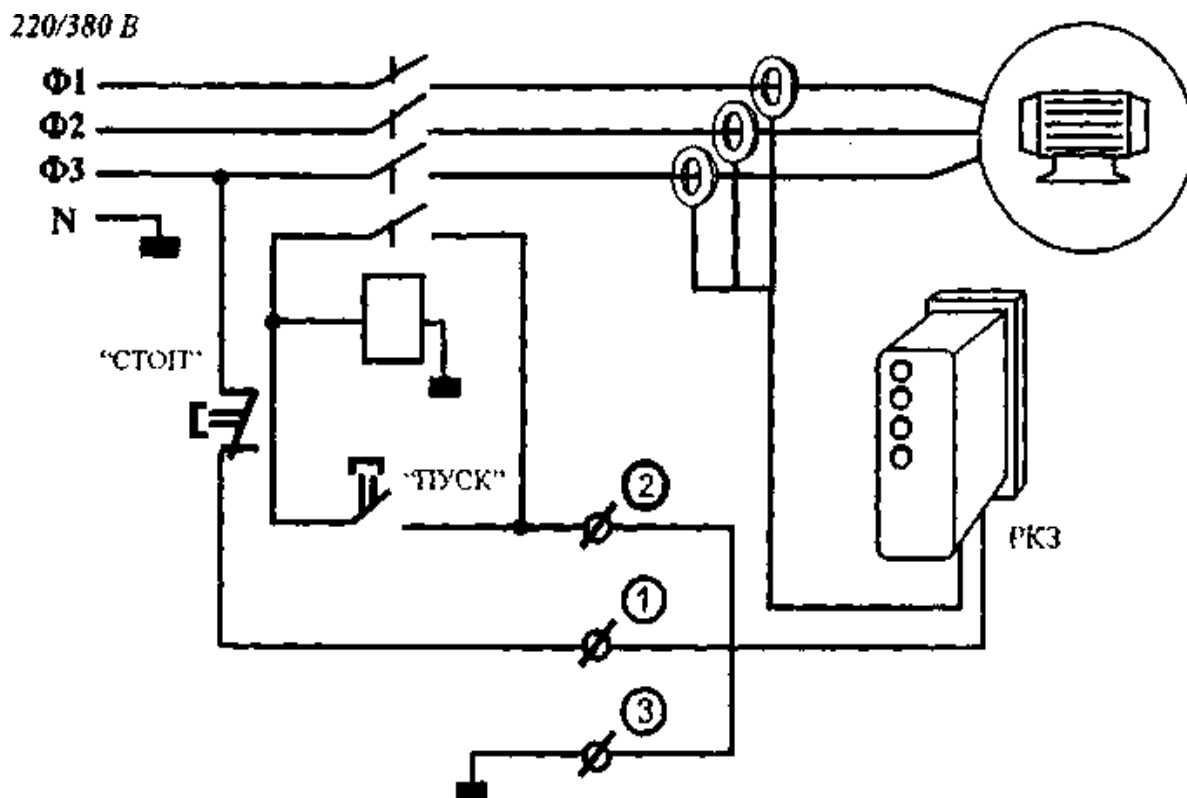


Рис. 6.4. Схема включения реле контроля и защиты в систему управления электродвигателем

Поднесите ПУ к реле на расстояние 5-30 см, совместив ось ИК-излучателя реле и ИК-приемника ПУ. Появится знак «*» в правом верхнем углу ПУ – информация считана.

Отображаемая информация размещается на пяти страницах дисплея, последовательное переключение которых осуществляется с помощью кнопок «ВЫБОР СТРАНИЦЫ» в прямом или обратном порядке.

На странице № 1 дисплея отображается:

- Текущее состояние электроустановки: «СТОП» (отключено); «РАБОТА» (режим в норме); «АВАРИЯ» (произошло аварийное отключение) или «ПЕРЕРЫВ» (отключено по программе).

- В режиме «АВАРИЯ» указывается причина аварийного отключения: отключение в результате обрыва фазы; перегрузка по току; недогрузка по току; превышение допустимого дисбаланса; состояние таймера, показывающего остаток времени в минутах и секундах до автоматического сброса защиты.

На странице № 2 дисплея отображаются:

- В режимах «СТОП» или «РАБОТА» – текущие значения фазных токов и дисбаланса токов электроустановки в единицах ампер.

- В режиме «АВАРИЯ» – значения фазных токов и дисбаланса токов электроустановки в момент времени, предшествующий аварийному отключению.

На странице № 3 отображаются значения уставок защиты по току перегрузки, недогрузки и дисбалансу токов в единицах ампер.

На странице № 4 отображаются установленные значения времени задержки срабатывания защитного отключения в секундах и времени до автоматического сброса защиты в единицах минут.

На странице № 5 отображаются значения четырех счетчиков аварийных отключений, условно обозначенных символами:

-О – число отключений по обрыву фазы;

-П – число отключений по перегрузке;

-Н – число отключений по недогрузке;

-Д – число отключений по превышению дисбаланса.

Программирование реле заключается в установке требуемых значений режимных уставок и временных задержек на отключение и сброс защиты. Могут быть установлены следующие параметры:

- порог срабатывания защиты по току перегрузки, А;

- порог срабатывания защиты по току недогрузки, А.

Если функция отключения по недогрузке не используется, то следует установить значение параметров:

- порог срабатывания защиты по дисбалансу токов, А;

- время задержки срабатывания защитного отключения при аварии и пуске, секунды;

- время в минутах до автоматического сброса защиты;

- время в минутах до автоматического отключения электроустановки.

Порядок программирования реле РКЗ следующий:

Произведите считывание информации с реле. Последовательным нажатием кнопки «ВЫБОР ПАРАМЕТРА» на ПУ выберите параметр, который необходимо изменить. С помощью кнопок «ВЫБОР СТРАНИЦЫ» установите требуемые значения параметра (отображается в правом нижнем углу индикатора). Произведите запись измененного значения параметра в реле, для чего поднести ПУ к реле на расстояние 5–15 см, совместив ось ИК-излучателя ПУ и ИК-приемника реле. Запись будет закончена когда значение параметра, отображаемое в левом нижнем углу индикатора, совпадет с установленным. Отпустите кнопку «ПИТАНИЕ», при необходимости повторите эту операцию для изменения других параметров.

Сброс (обнуление) счетчиков аварийных отключений устройства при необходимости производится в следующем порядке:

Нажмите кнопку «ВЫБОР ПАРАМЕТРА» на ПУ и, удерживая ее, нажмите затем кнопку «ПИТАНИЕ». На дисплее в первой строке появятся условные обозначения счетчиков аварий (символы О, П, Н, Д). Удерживая кнопку «ПИТАНИЕ», поднесите ПУ к устройству на расстояние 5-15 сантиметров, совместив ось ИК-излучателя ПУ и ИК-приемника реле. Дождитесь, пока все счетчики во второй строке дисплея не обнулятся, после чего отпустите кнопку «ПИТАНИЕ».

6.3. РЕЛЕ КОНТРОЛЯ, ДИАГНОСТИКИ И ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Реле контроля, диагностики и защиты электроустановок (РКД) предназначены для установки в цепях питания трехфазных электроустановок напряжением 0,4 кВ (электродвигателей, трансформаторов и другого электрооборудования) с целью повышения надежности их работы и увеличения срока службы. Реле выдает сигнал о наступлении аварийного события в соответствии с заданными параметрами в виде разомкнутого контакта реле и светового сигнала при наступлении одного из следующих событий:

- короткого замыкания;

- длительной перегрузки по току (функция максимально-токовой защиты с токовременной зависимостью);
- превышении текущим током номинального значения на заданную величину (функция максимально-токовой защиты без токовременной зависимости);
- перекосе фаз по току;
- обрыве фазы (фаз);
- холостом ходе электроустановки;
- превышении напряжением заданного значения;
- снижении напряжения ниже заданного значения;
- перекосе фаз по напряжению.

Реле обеспечивает защиту по трем или двум произвольно выбранным фазам и любую, по выбору пользователя, комбинацию видов защит, а также ввод параметров с помощью сервисной программы, установленной на персональном компьютере, или с помощью внешнего пульта настройки и индикации. Реле обеспечивает фиксацию во внутренней энергонезависимой памяти параметров аварийного события:

- вид аварийного события;
- дату и время его возникновения;
- значения фазных токов и напряжений в момент аварийного отключения электроустановки.

Реле РКД имеет возможности просмотра аварийных параметров с помощью внешнего пульта настройки и индикации или с помощью сервисной программы, установленной на персональном компьютере.

Диапазоны токов, контролируемых реле при использовании датчиков тока производства ОАО «НИИПП» приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Типономинал	Контролируемые токи
РКД-5	0.3 – 60 А
РКД-25	1.5 – 300 А
РКД-50	4 – 600 А
РКД-250	15 – 2500 А
РКД-500	20 – 4000 А
РКД-900	40 – 6000 А

Реле обеспечивает заданное количество (от 1 до 99) повторных включений электроустановки через заданное время сброса защиты с последующей блокировкой автоматического сброса защиты.

В реле РКД предусмотрен прием двух дискретных сигналов в виде сухого контакта. Реле обеспечивает обмен информацией с персональным компьютером по локальной сети интерфейса RS-485 и непосредственно – по интерфейсу RS-232.

Измерительная часть реле построена по принципу цифровой обработки входных аналоговых сигналов и осуществляет измерение среднеквадратичных значений фазных токов по каждой фазе. Температура обмоток рассчитывается по измеренным величинам фазных токов и введенным паспортным данным электроустановки.

При возникновении аварийной ситуации, соответствующей по параметрам одному из выбранных видов защиты, реле производит отключение пускателя электроустановки, включает красный светодиод и производит запись параметров аварии в энерго-независимую память.

Конструктивно реле состоит из нескольких узлов:

- корпус;
- базовая плата;
- плата индикации;
- лицевая панель;
- разъем последовательного интерфейса;
- клеммные колодки.

Корпус предназначен для размещения элементов конструкции реле и защиты от внешних воздействий.

Базовая плата осуществляет функции измерения и управления устройством.

Плата индикации предназначена для индикации питания реле, обмена по локальной сети и аварийной ситуации.

Лицевая панель предназначена для нанесения обозначений защиты платы индикации от внешних воздействий и для ввода команды сброса аварийной ситуации.

Разъем последовательного интерфейса предназначен для подключения к реле внешнего пульта управления и индикации или персонального компьютера.

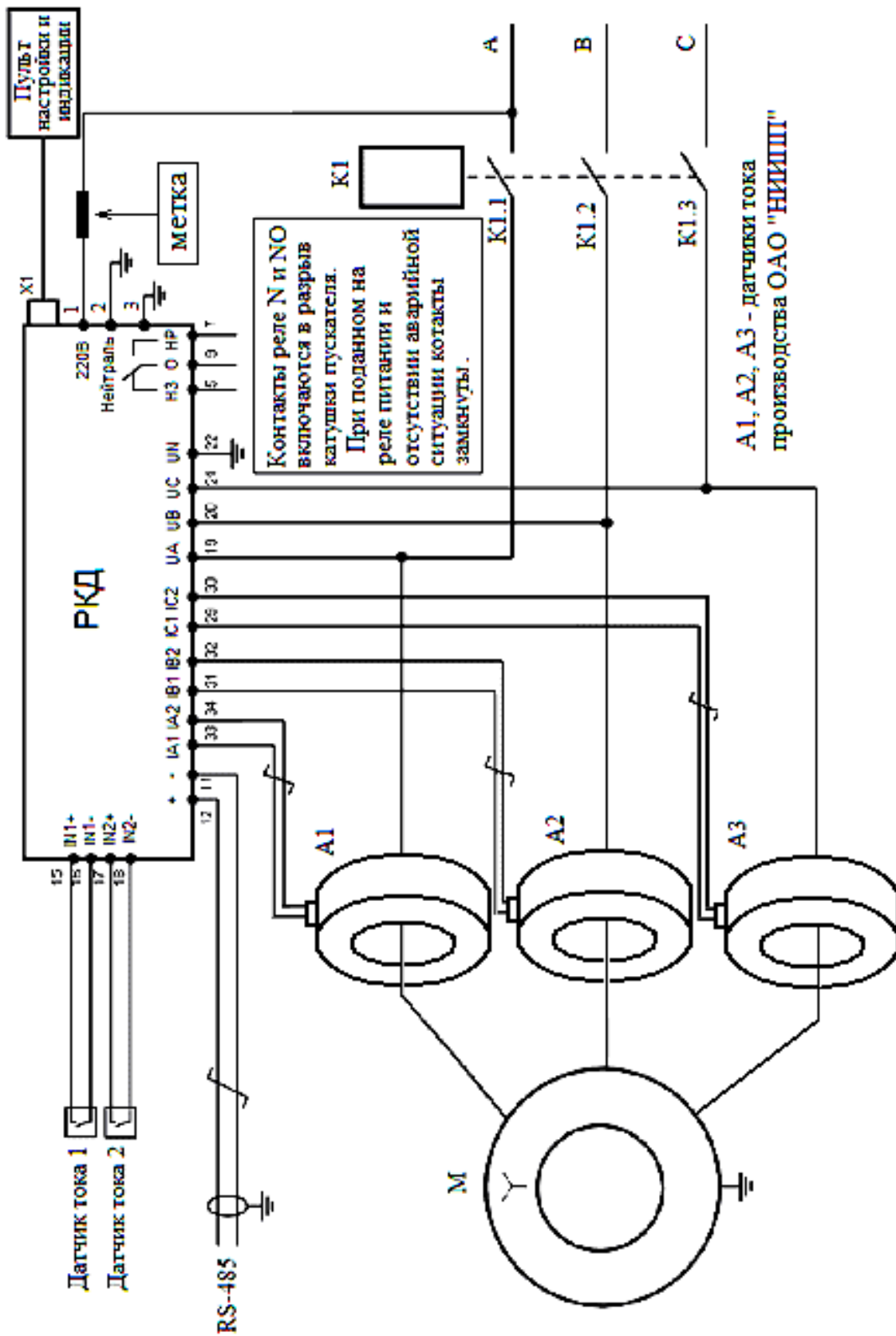


Рис.6. 5. Схема подключения реле РКД к двигателю

Клеммные колодки предназначены для подключения цепей питания, измерительных и силовых цепей.

Реле сохраняет работоспособность в следующих климатических условиях:

- предельное нижнее рабочее значение температуры $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- предельное верхнее рабочее значение температуры $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность воздуха 98 % при температуре $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Запрещается:

- закрывать вентиляционные отверстия в корпусе реле;
- применение датчиков тока других производителей;
- включение в цепь коммутирующего реле нагрузки с током, превышающим 5 А;
- удерживать длительное время (более двух секунд) в нажатом положении кнопку «Сброс аварии» на лицевой панели реле.

Подключение реле РКД к двигателю осуществляется по схеме, приведенной на рис. 6.5. Через разъем X1 к реле подключается компьютер или пульт настройки и индикации. Питание реле от сети переменного тока происходит через выводы 1 и 2, причем провод от вывода 1 помечен меткой и должен быть подключен к фазе А. Через контакты N и NO подключается катушка контактора или магнитного пускателя.

6.4. ЭЛЕКТРОННЫЙ КОНТРОЛЛЕР ТОКА

Электронный контроллер тока (ЭКТ) предназначен для установки в цепях питания трехфазных электроустановок (ЭУ) напряжением 0,2–0,4 кВ (электродвигателей, трансформаторов и другого электрооборудования) с целью повышения надёжности их работы и увеличения срока службы.

Контроллер выдаёт сигнал о наступлении аварийного события в соответствии с заданными параметрами в виде разомкнутого/замкнутого контакта электронного ключа и светового сигнала индикатора «АВАРИЯ» при наступлении одного из следующих событий:

- коротком замыкании;
- холостом ходе ЭУ («сухом ходе»);

- превышении тока ЭУ выше номинального;
- превышении тока ЭУ выше максимально допустимого;
- обрыве одной или двух фаз;
- перекосе фаз по току;
- низком сопротивлении изоляции.

Контроллер ЭКТ предназначен для работы совместно с пультом управления ПУ-05. Один пульт может обслуживать любое количество контроллеров. Контроллер, подключенный по интерфейсу RS-232 или RS-485, обеспечивает ввод и просмотр параметров с помощью сервисной программы, установленной на персональном компьютере.

Контроллер ЭКТ обеспечивает непрерывный режим работы или возможность включения нагрузки по заданной программе журнала заданий. В журнале заданий имеется возможность занесения двадцати записей о расписании включений и отключений ЭУ. Каждая запись характеризуется начальной и конечной датой исполнения суточных циклов. Суточный цикл представляет собой промежуток времени суток, в течение которого ЭУ включена.

Контроллер ЭКТ обеспечивает фиксацию во внутренней энергонезависимой памяти параметров аварийного события, представляющих собой вид, дату и время возникновения, значения фазных токов на момент аварийного отключения ЭУ, а также возможность их просмотра с помощью внешнего пульта управления ПУ-05 или с помощью сервисной программы на персональном компьютере.

Контроллер тока ЭКТ обеспечивает сохранение появившегося на выходе сигнала в виде разомкнутого или замкнутого электронного ключа до тех пор, пока авария не сброшена кнопкой S, кнопкой «СТОП», или при помощи функции запуска сервисной программы персонального компьютера.

Контроллер ЭКТ обеспечивает выдачу сигналов о работоспособном состоянии в виде непрерывного светового сигнала индикатора «РАБОТА», о проблемах в работе ЭУ – в виде мигающего сигнала индикатора «АВАРИЯ» и сохраняет информацию о введенных уставках, данных в журнале заданий, а также данных протокола последних 80 аварийных событий во внутренней энергонезависимой памяти.

Контроллер поддерживает два интерфейса связи с персональным компьютером – RS-232 и RS-485, предоставляя, тем самым, возможность подключения к персональному компьютеру как одного контроллера, так и целой сети контроллеров из 32 штук на витой паре общей протяжённостью до 1,2 км.

Внешний вид контроллера ЭКТ приведен на рис. 6.6.

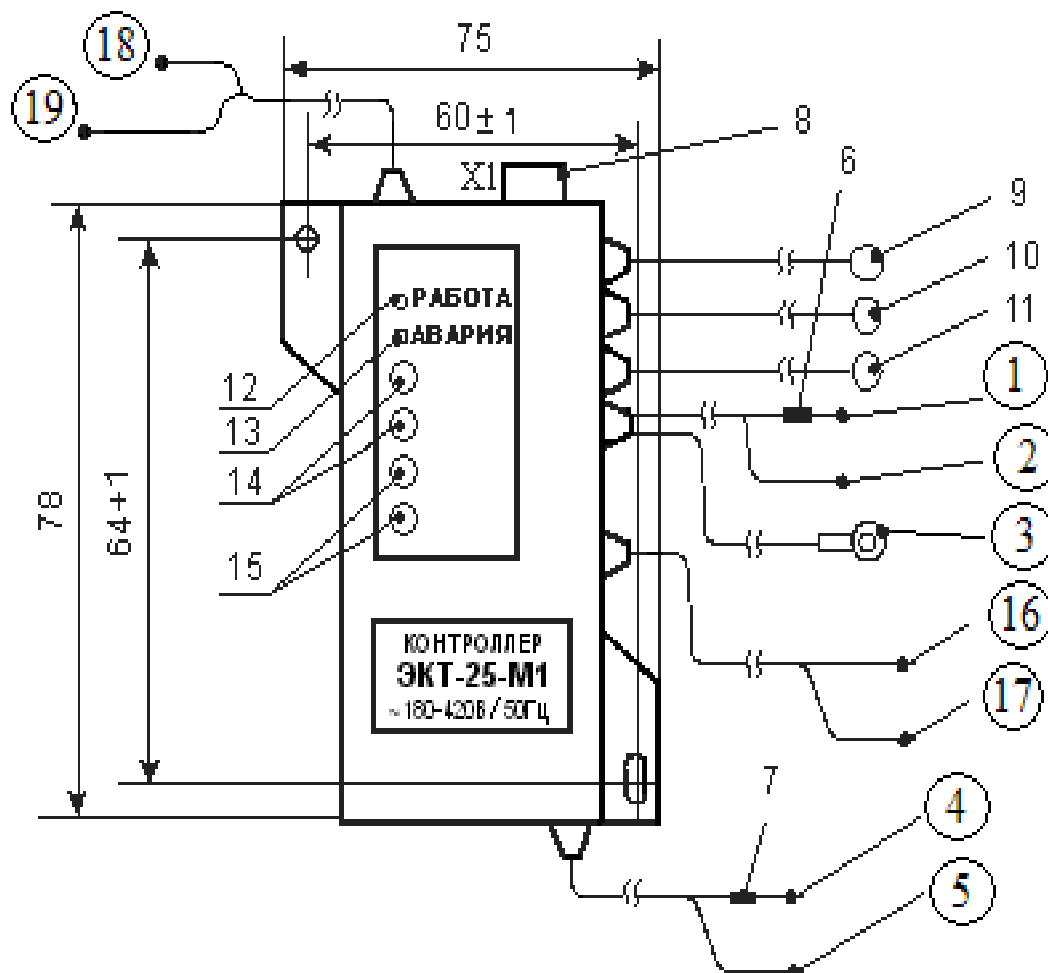


Рис. 6.6. Внешний вид контроллера ЭКТ

На рис. 6.6 обозначено: 1 – вывод 1 «Питание»; 2 – вывод 2 «Контактор»; 3 – вывод 3 «Нейтраль»; 4 – вывод 4 «Датчик Риз.»; 5 – вывод 5 «Нейтраль»; 6, 7 – метки: 6- черная, 7 – красная; 8 – X1 разъем интерфейса RS-232 / RS-485; 9, 10, 11 – датчики тока; 12 – индикатор «Работа»; 13 – индикатор «Авария»; 14 – ИК-излучатели; 15 – ИК-приемники; 16, 17 – дискретный вход; 18, 19 – управляющий контакт.

Управляющий контакт контроллера ЭКТ коммутирует цепь переменного и постоянного тока до 10 А напряжением до 240 В, что позволяет управлять электроагрегатами и пускателями как переменного, так и постоянного тока.

На рис. 6.7 приведена характеристика защитного отключения электронного контроллера тока, а на рис. 6.8 – пусковая характеристика электродвигателя.

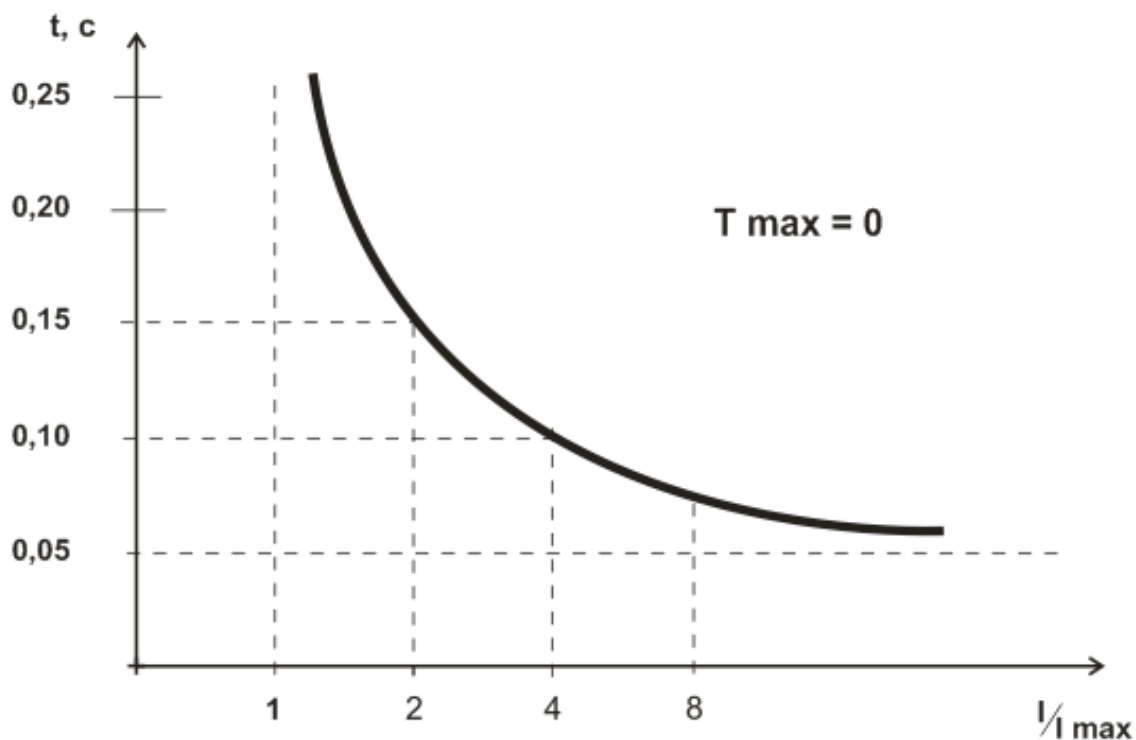


Рис. 6.7. Характеристика защитного отключения контроллера

Контроллер и пульт обмениваются информацией по оптическому инфракрасному (ИК) каналу связи, который обеспечивается инфракрасными излучателями и приемниками контроллера и инфракрасным приёмо-передатчиком пульта управления ПУ-05. Дальность связи находится в пределах от 5 до 20 см.

Внешний вид пульта управления ПУ-05 приведен на рис. 6.9.

На рис. 6.9 обозначено: 1 – кнопка «Питание»; 2 – кнопка «Выбор параметра»; 3, 4 – кнопки «Выбор страницы»; 5 – дисплей; 6 – ИК – приёмо-передатчик.

На рис. 6.10 приведена схема подключения электронного контроллера ЭКТ в цепь управления электродвигателя через контактор переменного тока.

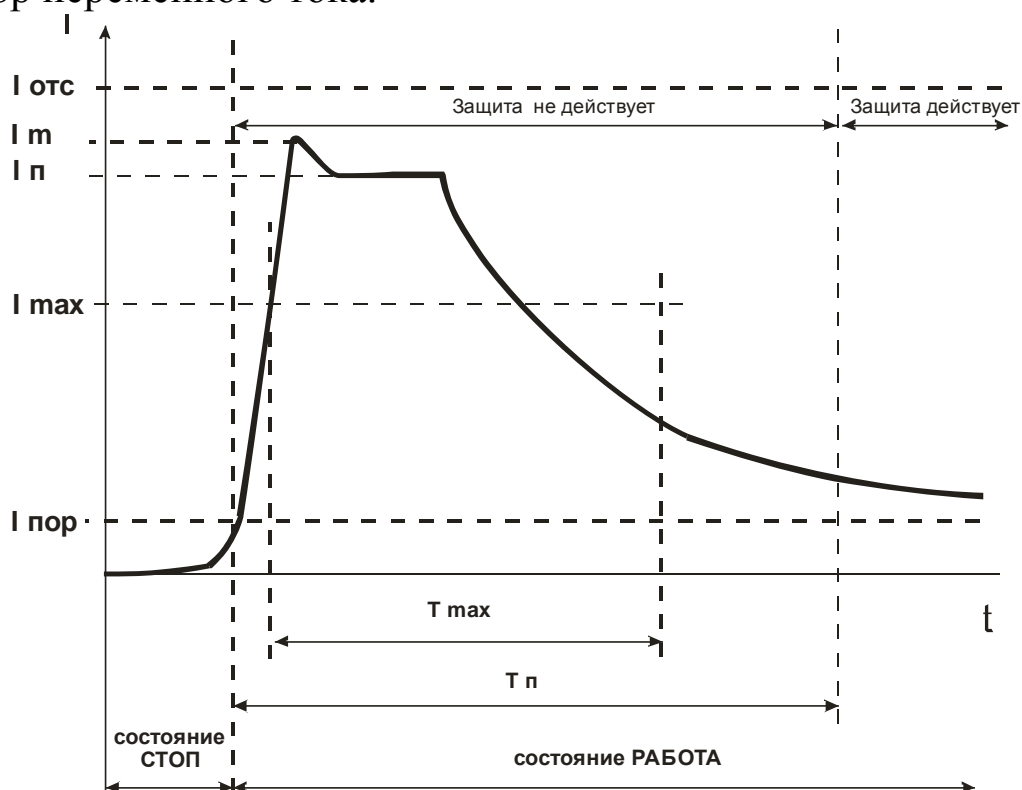


Рис. 6.8. Пусковая характеристика электродвигателя

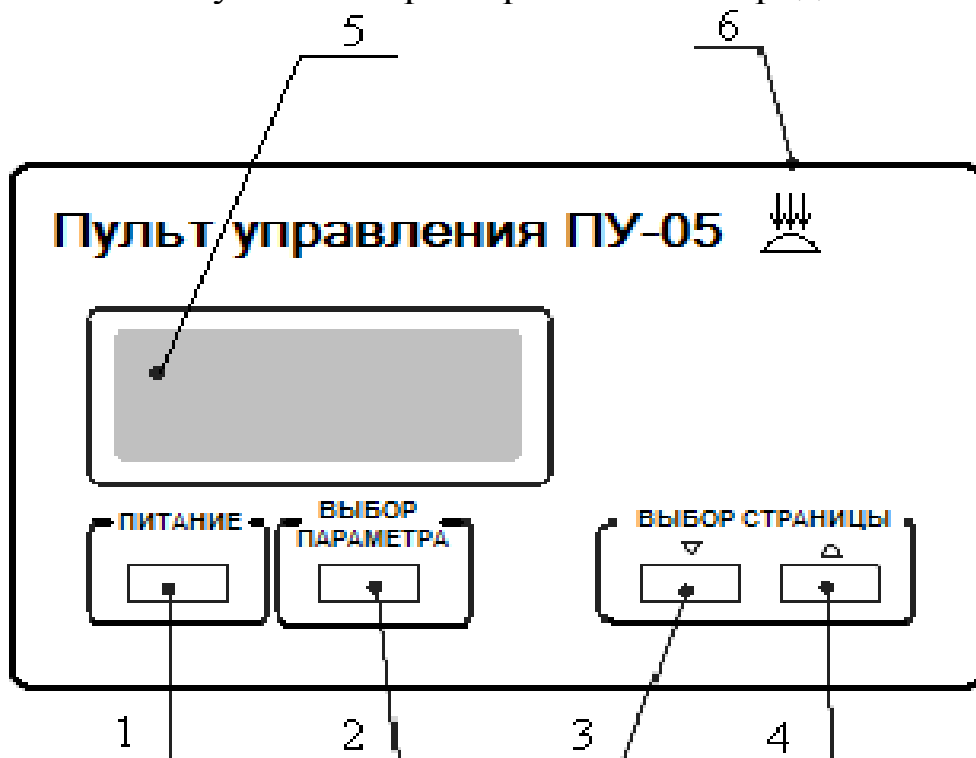


Рис. 6.9. Внешний вид пульта управления ЭКТ

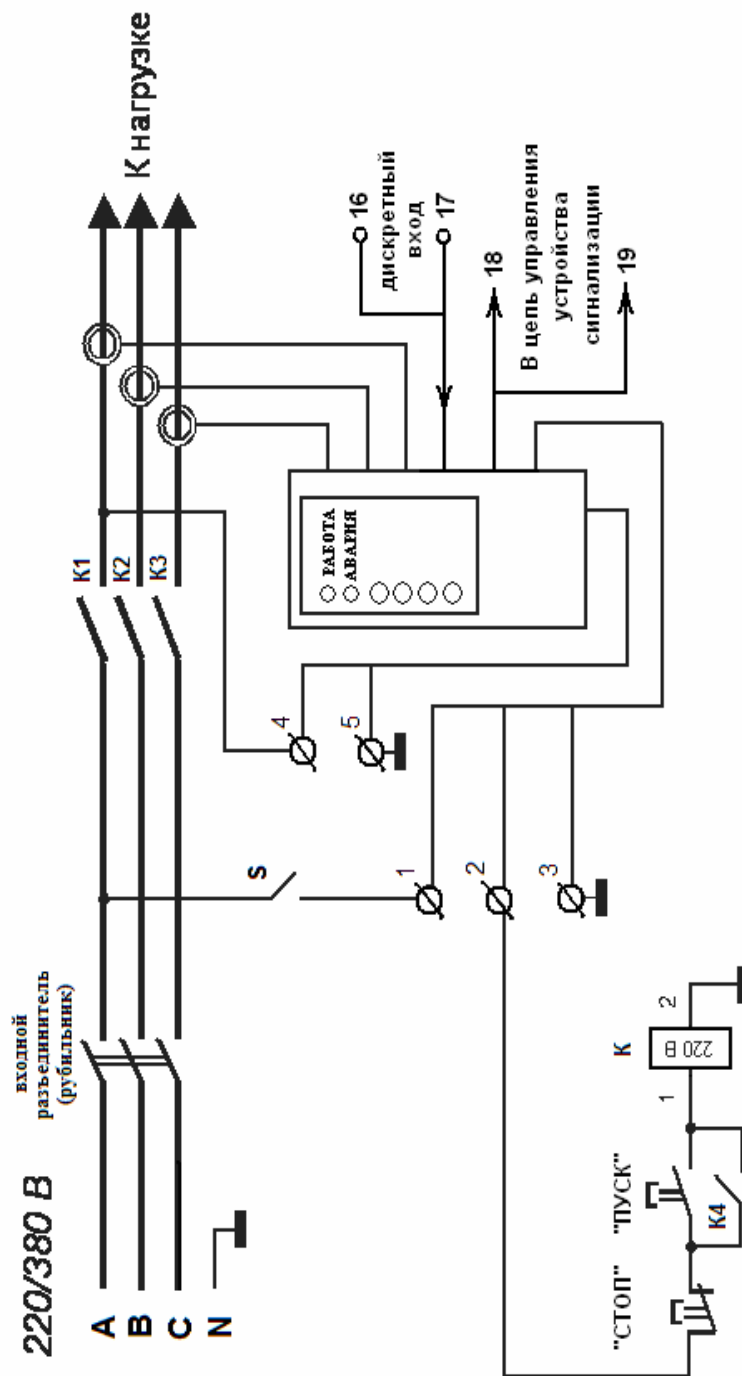


Рис. 6.10. Схема подключения контроллера тока ЭКТ к двигателю

6.5. ЗАДАНИЕ

1. Ознакомиться с устройством лабораторного стенда.
2. Включить питание стенда и произвести настройку режимов работы заданного реле.
3. Получить результаты аварийных режимов работы электроустановок.
4. Исследовать работу реле РКД в режиме диагностики.

5. Исследовать работу контроллера ЭКТ по графику журнала заданий.

6.6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Краткие сведения об исследуемом электронном реле.
2. Функциональную схему лабораторного стенда.
3. Результаты исследования аварийных режимов работы электроустановок.
4. Результаты исследования работы реле РКД в режиме диагностики обмоток электродвигателя.
5. Результаты исследования работы контроллера ЭКТ по графику журнала заданий.

6.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего служат нагрузочные резисторы $R_{н1}$, $R_{н2}$, $R_{н3}$, показанные на рис. 6.2?
2. При каких аварийных ситуациях происходит отключение электроустановки при помощи реле контроля и защиты РКЗ?
3. Для чего реле контроля и защиты РКЗ производит отключение при недогрузке (холостом ходе) электроустановки?
4. При наступлении каких событий реле контроля, диагностики и защиты РКД срабатывает?
5. При наступлении каких событий электронный контроллер тока ЭКТ срабатывает?
6. Объясните для чего необходимо отключать действие защиты с помощью электронного контроллера тока ЭКТ на некоторое время при пуске электродвигателя?

6.8. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электрические и электронные аппараты. В 2 т. Т. 1. Электромеханические аппараты: учебник для студентов высш. учеб. заведений / [Е. Г. Акимов и др.]; под ред. А. Г. Годжелло, Ю. К. Розанова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 352 с.

2. Электрические и электронные аппараты. В 2 т. Т. 2. Силовые электронные аппараты: учебник для студентов высш. учеб. заведений / [А. П. Бурман и др.]; под ред. Ю. К. Розанова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 320 с.

3. Казаков, В. И. Электрические аппараты: учеб. пособие для студентов вузов. – М.: РадиоСофт, 2010. – 372 с.