

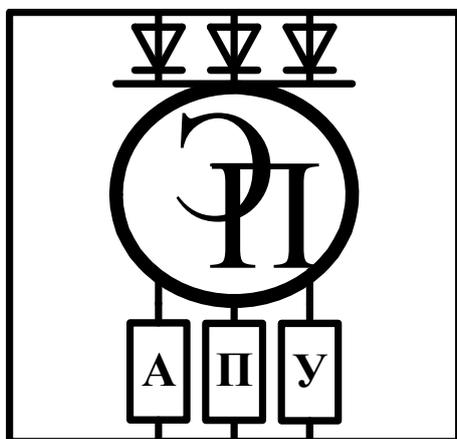
МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Электропривод и автоматизация
промышленных установок»

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ТИПОВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальности
1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы»
дневной и заочной форм обучения*

Часть 1



Могилев 2022

УДК 62-83
ББК 31.291
А22

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок» «27» сентября 2022 г., протокол № 2

Составитель ст. преподаватель Л. В. Жесткова

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. В. Болотов

В методических рекомендациях к лабораторным работам для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» даны задания к лабораторным работам по дисциплине «Автоматизированный электропривод типовых промышленных механизмов» и рекомендации по их выполнению.

Учебно-методическое издание

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ТИПОВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ

Часть 1

Ответственный за выпуск

С. М. Фурманов

Корректор

А. А. Подошевко

Компьютерная верстка

Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 99 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2022

Содержание

1 Изучение электрооборудования и электрических схем управления электроприводом конвейерных систем.....	4
2 Изучение схем автоматического управления поточно-транспортными системами	10
3 Изучение электрооборудования и электрических схем управления компрессорами.....	16
4 Изучение электрооборудования погружного насоса.....	27
5 Изучение типовых панелей управления электроприводами крановых механизмов.....	35
6 Изучение основных типовых функциональных узлов автоматизированного электропривода механизмов одноковшовых экскаваторов	42
7 Требования к оформлению отчётов по лабораторным работам	47
Список литературы	48

1 Изучение электрооборудования и электрических схем управления электроприводом конвейерных систем

Цель работы: ознакомиться с электрооборудованием установки непрерывного транспорта, изучить типовые узлы схем управления электроприводами конвейеров.

Порядок выполнения работы

1 Изучить схему подключения двигателей при согласованной работе нескольких конвейеров, типовые узлы схемы управления.

2 Изучить принципиальную схему управления конвейером с автоматическим адресованием.

3 Составить отчёт по работе.

Краткие теоретические сведения

К системам электропривода конвейеров, используемых в различных отраслях народного хозяйства, предъявляется ряд требований, связанных с автоматизацией производственных процессов. При автоматизации производственных процессов по условию технологического процесса возникает необходимость в согласованной работе конвейеров, транспортирующих груз. Такая необходимость возникает в поточном производстве, когда различные изделия после необходимых технологических операций на отдельных линиях должны встречаться на сборочном участке в строгом соответствии друг с другом, в частности, на предприятиях пищевой промышленности, машиностроительных заводах и т. д. Схема позволяет одновременно пускать и останавливать несколько конвейерных линий и регулировать их скорость движения.

В качестве примера на рисунке 1.1 приведена схема электропривода нескольких конвейеров, движущихся с одинаковой скоростью. Привод конвейеров осуществляется асинхронными двигателями М1 и М2. Число последних может быть увеличено при большем количестве конвейеров без принципиальных изменений схемы. Статорные обмотки двигателей конвейеров включаются в сеть переменного тока постоянной частоты f_1 . Роторные обмотки двигателей питаются от асинхронного преобразователя частоты АПЧ, который приводится во вращение асинхронным двигателем М3 через вариатор А1.

Статорные обмотки М3 и АПЧ подключаются также к сети переменного тока постоянной частоты f_1 . Для пуска двигателя М3 в роторной цепи предусмотрен пусковой реостат с тремя контакторами ускорения: К4, К5, К6.

Защита двигателей М1, М2, М3 от перегрузки осуществляется тепловыми реле КК1, КК2, КК3. Двигатели конвейеров в случае необходимости могут быть отключены от общей системы с помощью рубильников.

Скорость ротора АПЧ в рассматриваемой системе может изменяться вариатором А1. В некоторых установках применяется регулирование скорости АПЧ путём изменения сопротивлений в цепи ротора двигателя М3.

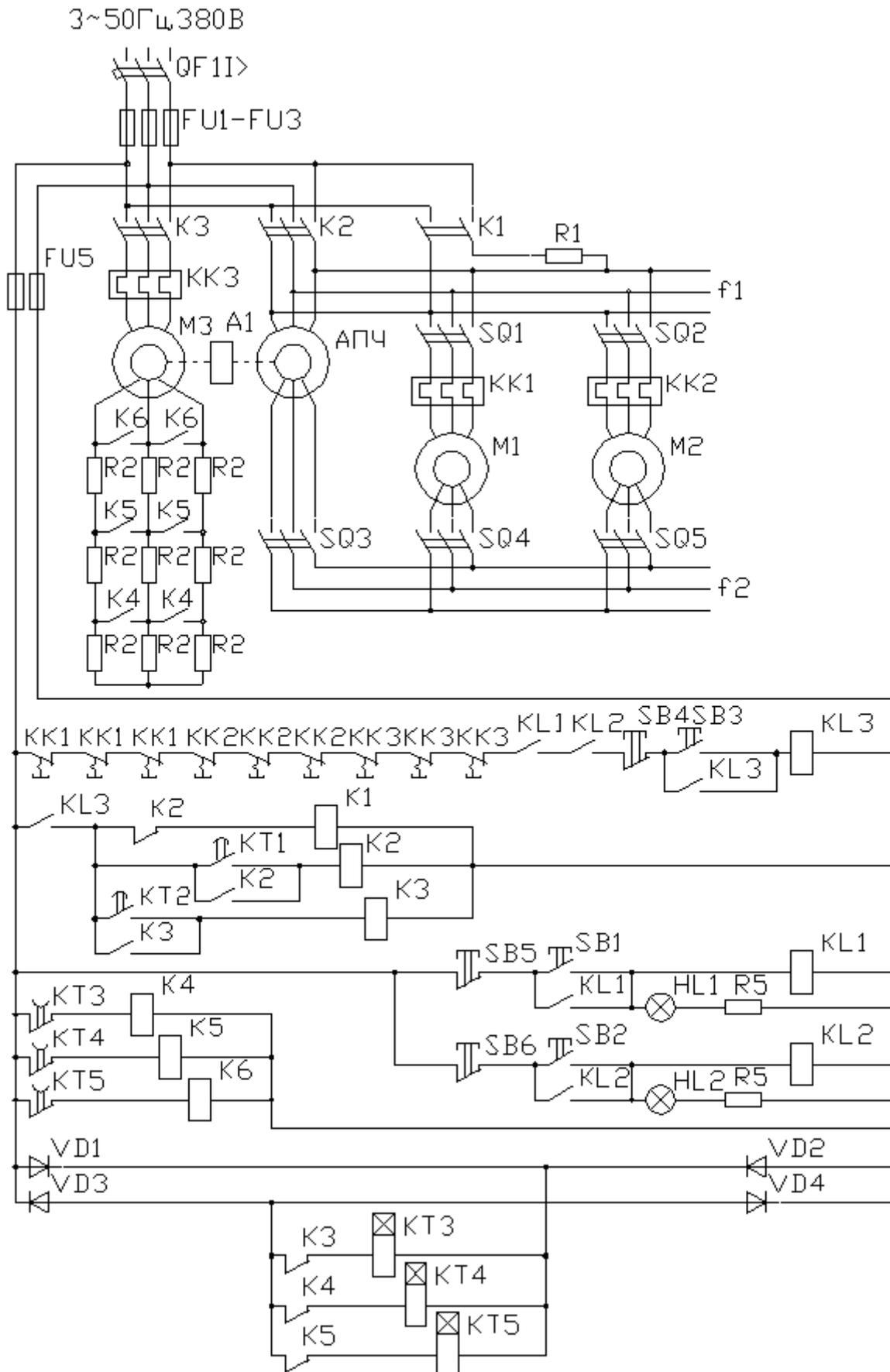


Рисунок 1.1 – Схема электропривода нескольких конвейеров

Двигатели М1, М2 в системе согласованного вращения, приведенной на рисунке 1.1, являются машинами двойного питания. Скорость их определяется выражением

$$\omega = \frac{2\pi \cdot (f_1 - f_2)}{p}.$$

Если двигатели конвейеров и АПЧ подключены к сети, причём АПЧ находится в неподвижном состоянии, то частоты статорной и роторной цепей двигателей равны, следовательно, двигатели будут находиться в состоянии покоя. После того, как ротор АПЧ начнёт вращаться, например в направлении вращения его поля, частота на его кольцах уменьшится, и скорость двигателей конвейеров будет пропорциональна разности частот $(f_1 - f_2)$. В случае вращения ротора АПЧ против направления вращения поля его статора скорость приводных двигателей определяется разностью частот $(f_2 - f_1)$, т. к. частота f_2 будет больше частоты f_1 .

При равных нагрузках двигатели конвейеров будут вращаться с одинаковыми скоростями, векторы ЭДС их роторов сдвинуты при этом на одинаковый угол относительно вектора ЭДС ротора АПЧ. Увеличение нагрузки на валу одного из двигателей приводит к возрастанию угла рассогласования между ЭДС его ротора и ЭДС ротора АПЧ, при этом увеличивается ток ротора двигателя, а следовательно, и его момент. Все двигатели в приведенной системе согласованного вращения будут работать с одинаковой скоростью, а роторы их будут сдвинуты в пространстве относительно ротора АПЧ на некоторые углы в соответствии с нагрузкой каждого конвейера.

Перед пуском двигателей конвейеров необходимо, чтобы операторы каждого конвейера нажали кнопки готовности SB1, SB2. При этом промежуточные реле KL1, KL2 замкнут свои контакты в цепи реле пуска KL3. При включении кнопки SB3 реле KL3 замкнёт свой контакт в цепи катушки линейного контактора К1, который, включившись, подаст питание на две фазы через ограничивающий резистор R1 к статорным обмоткам АПЧ и двигателей конвейеров М1, М2. Эта операция необходима для того, чтобы роторы машин заняли синфазное положение, что исключает возникновение больших бросков тока и выпадение машины из синхронизма при пуске.

С выдержкой времени, обеспечивающей поворот роторов двигателей и АПЧ в синфазное положение, сработает маятниковое реле времени КТ1, пристроенное к контактору К1. Контакт К2 при этом включится, а контактор К1 отключится. Частоты статорных и роторных цепей двигателей конвейеров будут одинаковыми, и двигатели останутся в неподвижном состоянии. Вслед за контактором К2 с выдержкой времени, создаваемой маятниковым реле КТ2, которое пристроено к К2, включится контактор К3, и начнётся пуск двигателя М3. Контроль за пуском М3 осуществляется по принципу независимой выдержки времени реле КТ3, КТ4, КТ5 и контакторами ускорения К4, К5, К6.

По окончании процесса пуска системы некоторое изменение скорости двигателей конвейеров в зависимости от требований производственного процесса можно осуществлять путём изменения передаточного отношения вариатора А1. Отключение всей системы производится кнопками SB4, SB5, SB6.

Системы согласованного вращения, подобные приведенной выше, могут применяться и для многодвигательного привода конвейера. Все двигатели будут при этом иметь одинаковые скорости. При согласованном вращении двигателей на отдельных участках конвейера не должно возникать дополнительных натяжений тягового органа за счёт перераспределения нагрузок между двигателями.

Рассмотрим второй пример типового узла схемы управления конвейером. На рисунке 1.2 приведена схема управления конвейером с автоматическим адресованием.

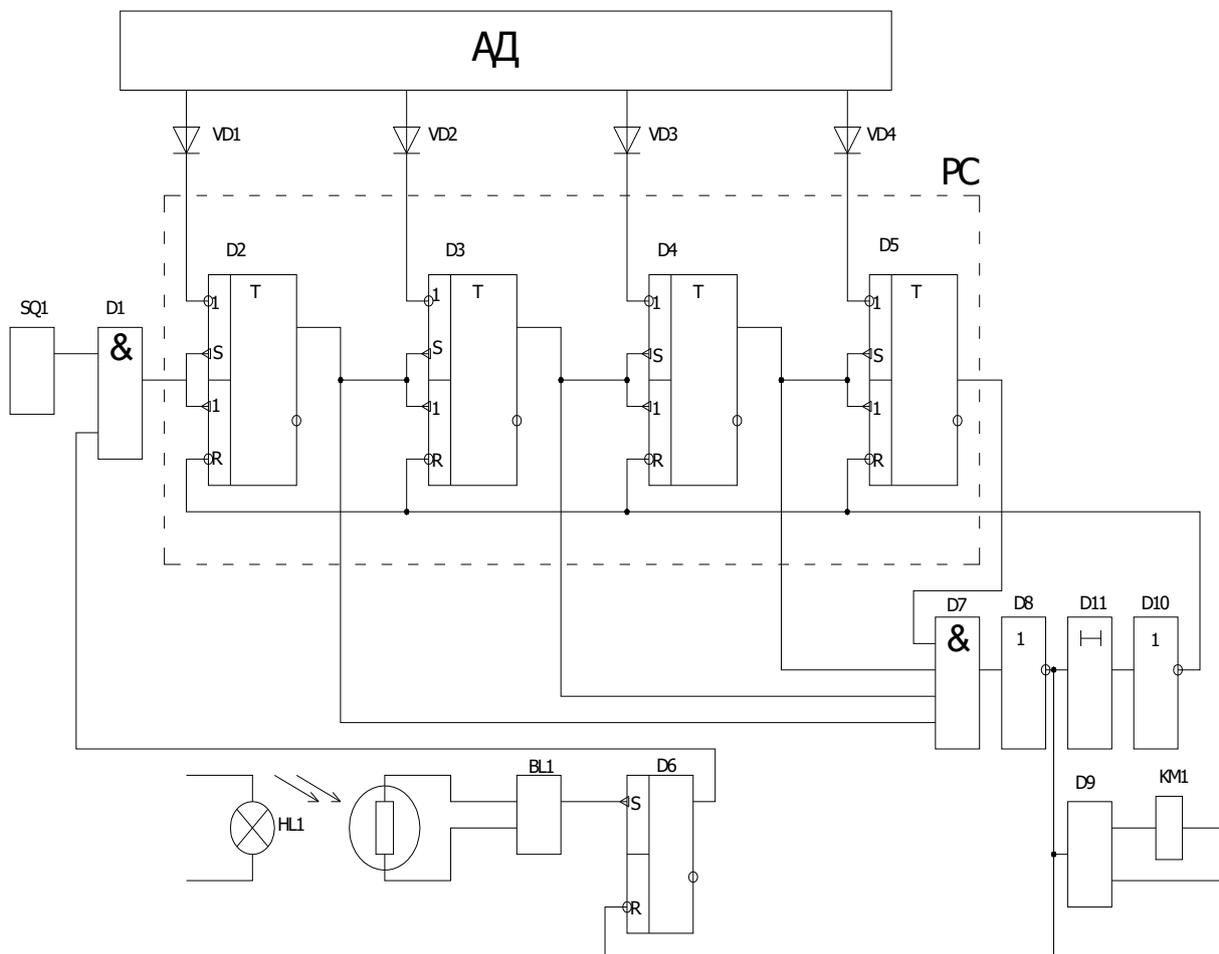


Рисунок 1.2 – Схема управления конвейером с автоматическим адресованием

Реализацию функции автоматического адресования изделий рассмотрим на примере схемы управления ленточными конвейерами. Отправка груза к рабочим местам производится по верхней ветви конвейера (в контейнерах или без контейнеров). Лента конвейера должна двигаться непрерывно, кроме крат-

ковременных остановок для съёма груза по прибытии к заданному адресу. В это время производится установка нового груза на конвейер.

Устройство управления работает следующим образом. Нижняя ветвь транспортной ленты, перемещаясь между подпружиненными измерительными валиками, приводит их во вращение. Один из измерительных валиков связан с флажком, который взаимодействует с бесконтактным датчиком импульсов SQ1. Один импульс соответствует расстоянию между соседними местами адресования.

Импульсы с выхода датчика SQ1 поступают на вход логического элемента D1. Через элемент D1 они не проходят, т. к. на его втором входе отсутствует разрешающий сигнал 1. Это исключает прохождение импульсов в счётчик РС при отсутствии груза на ленте.

При посылке груза адресователем АД производится задание адреса места доставки. С выхода адресователя АД на установочные входы триггеров D2...D5 счётчика РС поступает обратный двоичный код адреса. В таблице 1.1 приведены прямые и обратные двоичные коды адресов.

Таблица 1.1 – Прямой и обратный двоичные коды адресов

Номер адреса	Прямой код	Обратный код	Номер адреса	Прямой код	Обратный код
1	0001	1110	9	1001	0110
2	0010	1101	10	1010	0101
3	0011	1100	11	1011	0100
4	0100	1 011	12	1100	0011
5	0101	1010	13	1101	0010
6	0110	1001	14	1110	0001
7	0111	1000	15	1111	0000
8	1000	0111			

Например, при адресовании в место доставки, соответствующее пятому адресу, в триггеры счётчика РС от адресователя АД вносится обратный двоичный код адреса 1010. Двоичному числу 1010 в прямом коде соответствует десятичное число 10.

После выбора адреса оператор устанавливает груз на ленту конвейера. Груз в начале движения пересекает луч стартового фотореле BL1, которое срабатывает и переключает триггер управления D6 в положение счёта. В этом положении на выходе триггера, соединенного с входом элемента D1, появится сигнал 1.

Элемент D1 начинает пропускать импульсы от датчика SQ1 на вход первого триггера счётчика РС. Накапливающий счётчик выполняет в схеме управления роль сумматора. К введённому в счётчик двоичному числу 1010, соответствующему десятичному числу 10, при движении груза на ленте конвейера от старта до пятого места доставки добавляется пять импульсов. При

этом в счётчике будет находиться число 1111, соответствующее десятичному числу 15, которое фиксируется логическим элементом И.

С выхода логического элемента D7 сигнал поступает на логический элемент D8, который через усилитель D9 отключает магнитный пускатель KM1. Последний, в свою очередь, отключает привод конвейера. Груз останавливается у пятого места доставки. Сигнал с выхода логического элемента D8 переводит триггер управления D6 в положение, запрещающее счёт, при котором со второго входа логического элемента D1 снимается сигнал 1.

По истечении уставки времени $t = 3 \dots 5$ с элемента задержки D11, необходимого для съёма груза с ленты конвейера, сигнал с выхода элемента задержки через элемент D10 поступает на установочные входы триггеров счётчика РС, переводя их в положение 0. При этом с выхода логического элемента D7 снимается сигнал 1. Это приводит к включению через элемент D8 и усилитель D9 магнитного пускателя KM1, который включает привод ленты конвейера. Можно вновь производить адресование.

Адресователь АД состоит из адресных кнопок в соответствии с числом адресов и схемы дешифратора и осуществляет функции задания и кодирования адреса, заданного в десятичной системе счисления, в обратный двоичный код. Применение обратного двоичного кода взамен прямого позволяет избежать применения элементов И в количестве, равном числу адресов, для опознавания числа в счётчике РС, соответствующего исполнению данного адреса. Это возможно благодаря тому, что при применении обратного двоичного кода исполнение любого адреса происходит при состоянии счётчика 1111. Это условие можно записать в виде: $A + B = 1111$, где A – обратный двоичный код числа адреса; B – число импульсов, поступающих в счётчик при движении груза от старта до места доставки.

Достоинством рассмотренной схемы является отсутствие на трассе движения каких-либо электрических аппаратов, взаимодействующих с контейнерами или грузами, транспортируемыми лентой конвейера.

Контрольные вопросы

- 1 В чём особенности электрических схем управления электроприводами при согласованном движении нескольких конвейеров?
- 2 Как определяется скорость вращения электродвигателей в схеме согласованного вращения?
- 3 Какие операции необходимо выполнить, чтобы роторы электродвигателей заняли синфазное положение?
- 4 Составить циклограмму работы схемы, представленной на рисунке 1.1.
- 5 Какие защиты и блокировки предусмотрены в схеме на рисунке 1.1?
- 6 Как регулировать скорость двигателей конвейеров в схеме на рисунке 1.1? Нарисовать механические характеристики.
- 7 В какой функции обеспечивается пуск двигателя M3 на рисунке 1.1?
- 8 Пояснить процесс синхронизации при пуске двигателей M1, M2 (см. рисунок 1.1) и нарисовать векторную диаграмму.

9 Пояснить, как происходит автоматическое адресование изделий в схеме, представленной на рисунке 1.2.

10 Пояснить назначение и принцип работы датчика SQ1 (см. рисунок 1.2).

11 Пояснить назначение адресователя АД (см. рисунок 1.2).

12 Пояснить назначение счётчика РС (см. рисунок 1.2).

13 Пояснить назначение фотореле ВЛ1 (см. рисунок 1.2).

14 Пояснить пример обработки адресования в место доставки, соответствующее i -му номеру.

15 Пояснить назначение временной задержки в схеме на рисунке 1.2.

2 Изучение схем автоматического управления поточно-транспортными системами

Цель работы: изучить различные схемы управления электроприводами конвейеров поточно-транспортных систем (ПТС); приобрести навыки проектирования схем управления электроприводами установок непрерывного транспорта и типовых электрических блокировок.

Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с технологическим процессом и электрическими схемами ПТС, выяснить назначение отдельных элементов электрического оборудования.

2 Изучить схему автоматизированного управления и сигнализации ПТС.

3 Составить отчёт по выполненной работе.

Краткие теоретические сведения

С развитием комплексной автоматизации и механизации производственных процессов все большее значение приобретают ПТС. Основным транспортным оборудованием ПТС являются различного вида конвейеры, ленточные транспортёры малой и большой протяжённости, которые пропускают поток сыпучих материалов или грузов того или иного рода.

Системы автоматизированного управления ПТС проектируются таким образом, что пуск и остановка осуществляются посредством кнопочной станции, находящейся непосредственно у механизма, или с диспетчерского пульта. Управление может производиться в индивидуальном порядке – каждым электроприводом, группой электродвигателей или всей поточно-транспортной системой. При этом пуск и остановка должны, как правило, осуществляться с заданной временной последовательностью.

Недостаток схемы группового пуска состоит в том, что пуск всех двигателей конвейеров, входящих в ПТС, происходит почти одновременно. Это может привести к возникновению большого суммарного пускового тока, вследствие чего при маломощных трансформаторах подстанции в сети возникает значительное падение напряжения, и пуск двигателя затягивается. Этого

недостатка не имеют схемы пуска с принудительным интервалом во времени между включением двигателей и схемы с принудительным интервалом по времени при помощи реле скорости. Централизованный пуск электродвигателей транспортёров с принудительным интервалом времени при помощи реле скорости может быть проиллюстрирован примером линии ПТС, управление которой автоматизировано и может осуществляться дистанционно с пульта управления.

Схема электрическая принципиальная автоматизированного электропривода ПТС приведена на рисунках: рисунок 2.1 – схема управления ЭП ПТС, рисунок 2.2 – схема цепей сигнализации ПТС, рисунок 2.3 – силовая цепь ЭП пятого транспортёра.

Схема управления ЭП ПТС (см. рисунок 2.1) позволяет осуществить местный и централизованный режимы управления, выбираемые универсальным переключателем SA1. При выборе режима местного управления контакты 2–5 универсального переключателя отключают схему дистанционного управления, а контакт 1 универсального переключателя подаёт питание на реле местного управления K1, через замыкающие контакты которого подготавливаются пусковые цепи двигателей. Их пуск и остановка в этом случае производится кнопками SB2 «Пуск» и SB1 «Стоп» по месту. На рисунке 2.3 показаны цепи одного двигателя транспортёра (пятого).

При дистанционном управлении с пульта диспетчера замыкаются контакты 2 и 4 SA1 (Д2), при управлении с пульта линии транспортёров – контакты 3 и 5 (Д1).

Нажимая на кнопку SB1 или SB2, диспетчер подаёт командный импульс на пуск линии транспортёров. При этом получают питание реле пуска линии K2 и K3. Контакты K2 шунтируют пусковую кнопку, включают сирены предупредительной сигнализации, предупреждающие персонал о предстоящем пуске (на схеме не показаны) и подают питание на реле времени KT1. Реле времени KT1 с некоторой выдержкой своим контактом KT1.1 включает промежуточное реле управления K6 транспортёра, расположенного последним по направлению грузопотока в ПТС.

Реле K6 включает контактор KM5, который в свою очередь включает двигатель M5. После того, как двигатель достигает номинальной скорости, установленное на транспортёре реле скорости SR5 одним контактом зашунтирует контакт пускового реле K2, а другим включит промежуточное реле K7. Реле K7 подаёт питание на контактор KM4, который включит двигатель M4 четвёртого транспортёра. Аналогично происходит пуск третьего, второго и первого транспортёров.

Наличие реле скорости позволяет запустить последующий транспортёр только по достижении предыдущим номинальной скорости. После пуска первого транспортёра его реле скорости SR1 отключит катушки пусковых реле K2, K3, которые разомкнут свои контакты в цепях промежуточных реле K6...K10, что обеспечит своевременное отключение промежуточных реле как при отключении соответствующих им контакторов KM1...KM5, так и при

пробуксовке ленты транспортёра, когда снижается скорость ленты и отключается соответствующее реле скорости.

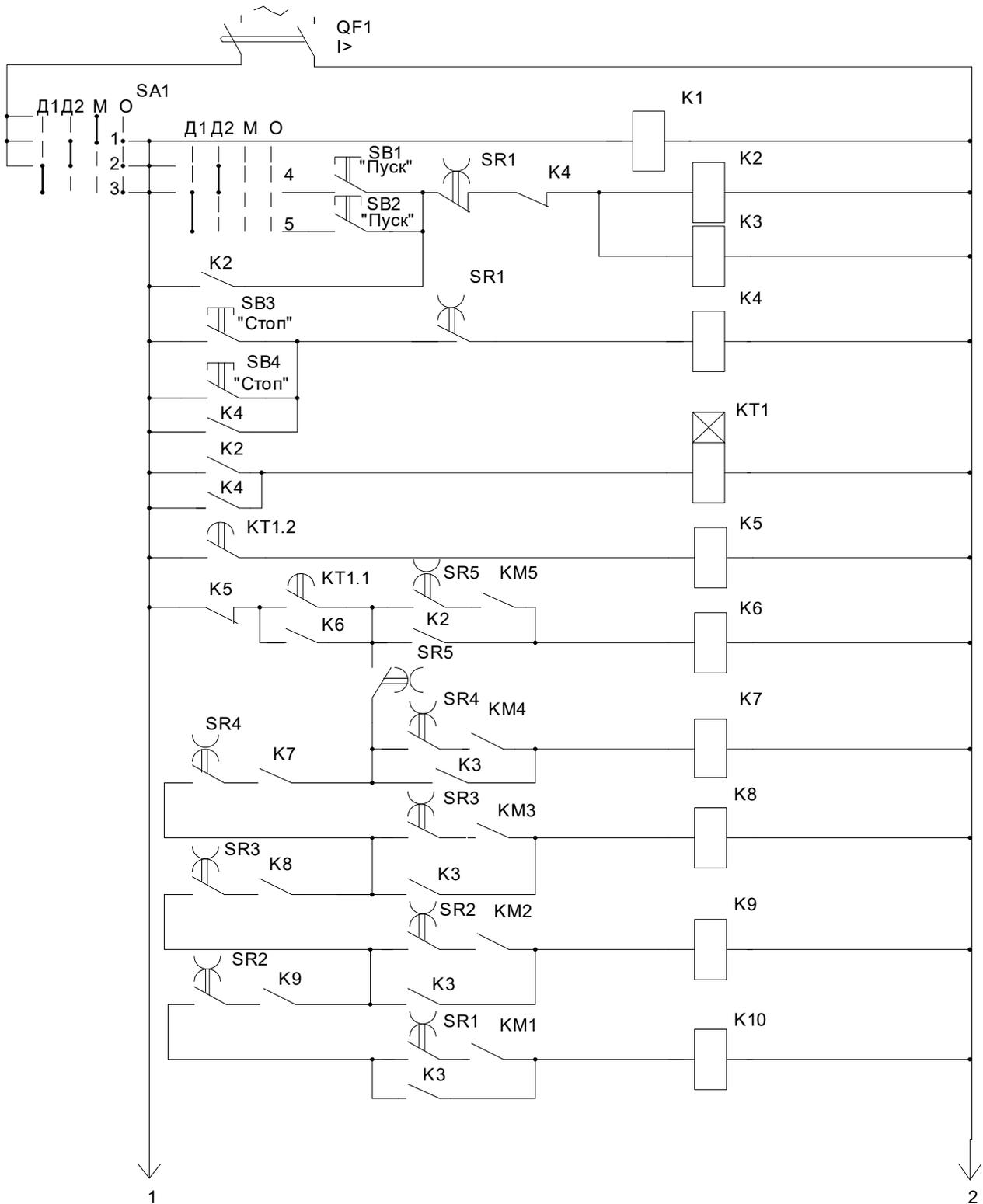


Рисунок 2.1 – Схема управления ЭП ПТС

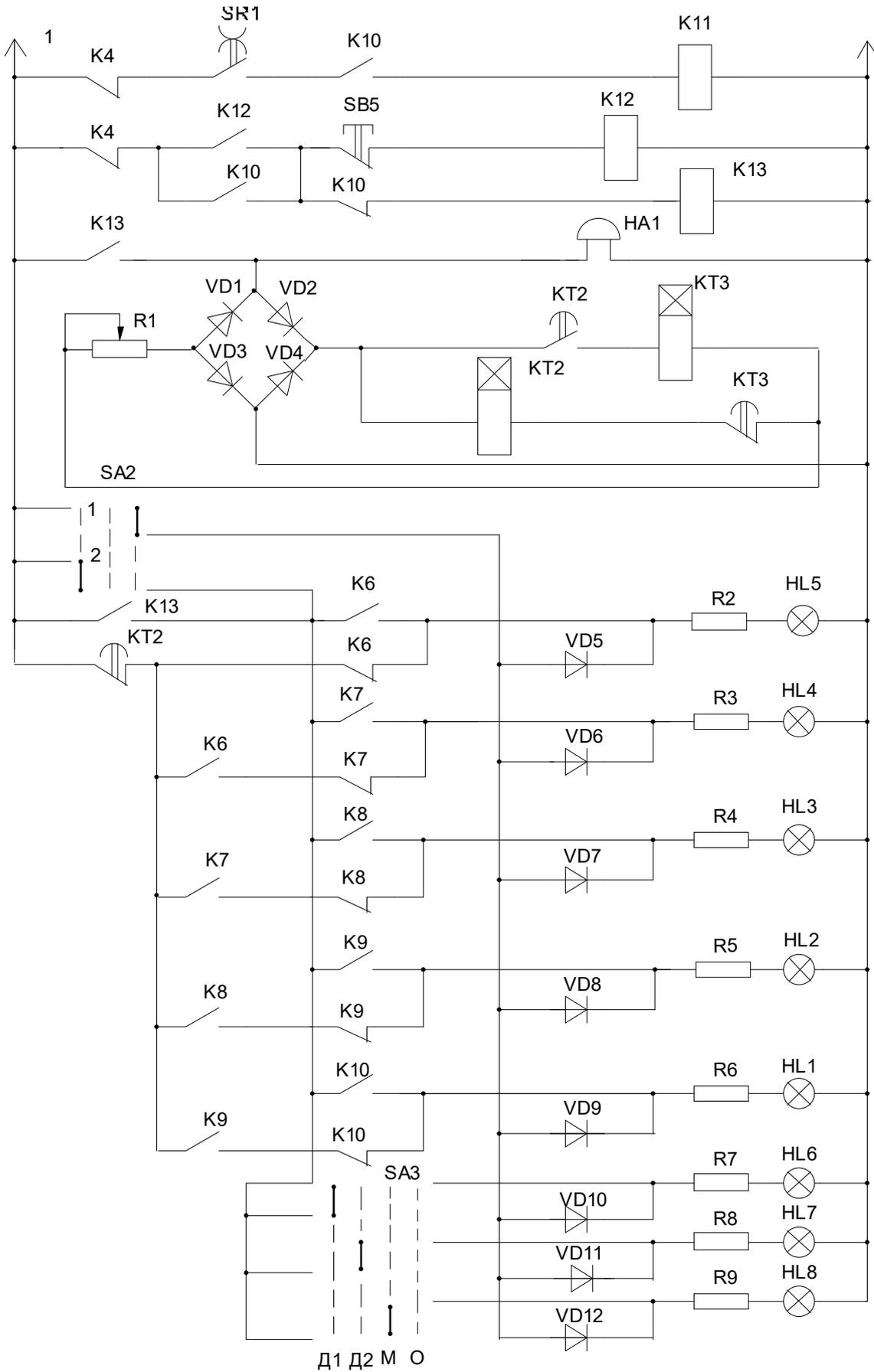


Рисунок 2.2 – Схема цепей сигнализации ПТС

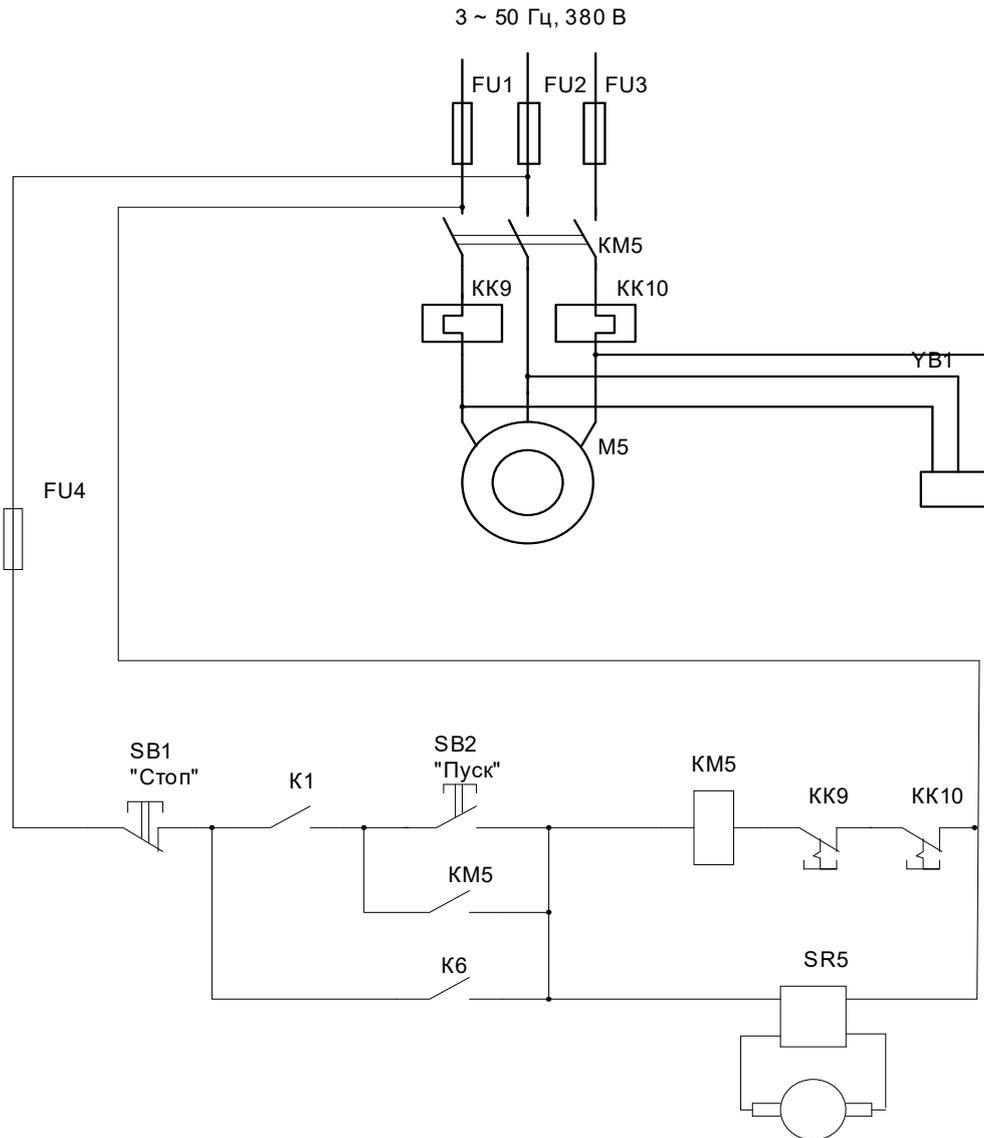


Рисунок 2.3 – Силовая цепь ЭП пятого транспортёра

Контакты реле скорости SR1 и промежуточного реле K10 подают питание на катушку промежуточного реле K11, которое обеспечивает подключение бункера, подающего груз на первый транспортёр.

Остановка ПТС производится в направлении, совпадающем с движением грузопотока. Схема строится таким образом, чтобы избежать остановки транспортёра до его полной разгрузки. Эти условия реализуются в рассматриваемой схеме следующим образом. Диспетчер, нажимая на кнопку остановки SB3 или SB4, подаёт питание на катушку промежуточного реле K4, контакты которого шунтируют кнопки остановки, включают реле времени KT1 и отключают реле блокировки пуска питателя K11. Последнее отключает питатель, подающий материал на первый транспортёр, прекращая этим подачу груза (см. рисунок 2.2).

С выдержкой времени, достаточной для полной разгрузки всех транспортёров, реле времени своим контактом KT1.2 подаёт питание на реле остановки линии K5, которое отключает K6...K10, а те в свою очередь отклю-

чают контакторы КМ1...КМ5 соответствующих приводных двигателей одновременно.

Схемой также предусмотрена возможность дистанционной аварийной остановки без предварительной разгрузки линии. Для этого необходимо повернуть переключатель SA1 в нейтральное положение 0. Остановка любого двигателя возможна также при помощи кнопок «Стоп», установленных вдоль линии, например SB1 (см. рисунок 2.3).

Эффективность дистанционного управления во многом зависит от полноты информации о состоянии и работе механизмов, которой располагает диспетчер. На рисунке 2.2 изображена схема, обеспечивающая сигнализацию режимов работы при помощи световых табло: HL6 – управление диспетчером линией транспортёров, HL7 – управление производственным циклом, HL8 – местный режим управления, а также сигнализация работы транспортеров лампами HL1...HL5. Кроме световой сигнализации, схемой предусмотрена аварийная сигнализация звонком HA1. Перед пуском линии диспетчер проверяет исправность сигнальных ламп HL1...HL5 и табло HL6...HL8, включая SA2 в положение 1.

Затем SA2 устанавливают в положение «Работа», замыкая контакт 2. По мере пуска двигателей загораются соответствующие лампы HL5...HL1 и продолжают гореть на протяжении всего времени работы транспортёра. Лампы питаются по цепи: контакт 2 переключателя SA2, контакт соответствующего промежуточного реле, добавочное сопротивление Rд. Диспетчер может отключить сигнальные лампы. Для этого достаточно повернуть переключатель SA2 в нейтральное положение, но аварийная сигнализация при этом сохраняется через контакт K13.

При аварийном отключении какого-либо транспортёра отключаются все транспортёры, предшествующие аварийному по движению грузопотока, и, следовательно, отключается и первый транспортёр, расположенный в начале линии. При этом промежуточное реле K10 включает реле аварийной сигнализации K13, которое включает звонок HA1, и импульсный датчик, импульсы из двух реле времени KT2 и KT3. Реле KT2 питается через выпрямительный мост VD1...VD4 и контакт реле KT3. Контакт KT2 подаёт питание на шину аварийной сигнализации, вследствие чего лампы аварийно отключённых конвейеров мигают с небольшой частотой.

В случае остановки, например, третьего транспортёра в соответствии с существующей схемой блокировочных цепей отключаются предыдущие первый и второй транспортёры, остальные продолжают работать. При этом лампа остановившегося транспортёра HL3 получит прерывистое питание и начнет мигать. Лампы HL1 и HL2 погаснут, лампы HL4 и HL5 будут гореть ровно.

Диспетчер может отключить аварийный сигнал с помощью кнопки SB5, контакты которой разрывают цепь катушки сигнального блокировочного реле K12.

Контрольные вопросы

- 1 Какие требования предъявляются к электроприводу ПТС?
- 2 Какова очерёдность пуска транспортёра ПТС?
- 3 Какие способы управления применяются в ПТС?
- 4 Какая сигнализация должна быть предусмотрена в схеме управления ПТС?
- 5 Составить циклограмму работы схемы, представленной на рисунке 2.1.
- 6 Составить схемы алгоритмов пуска и отключения ПТС
- 7 Составить алгоритм работы схемы управления ПТС.
- 8 Перечислить основные типовые узлы схемы управления ПТС.

3 Изучение электрооборудования и электрических схем управления компрессорами

Цель работы: изучить типовые схемы управления электроприводами компрессоров.

Порядок выполнения работы

- 1 Выяснить назначение отдельных элементов технологического и электрического оборудования.
- 2 Изучить типовые схемы управления электроприводами компрессоров.
- 3 Составить отчёт по выполненной работе.

Краткие теоретические сведения

Компрессорами называются воздуходувные машины, предназначенные для сжатия или подачи воздуха или какого-либо газа под давлением. Сжатый воздух широко используется на промышленных предприятиях для пневматических молотов, пневмоинструмента, в устройствах пневмоавтоматики.

Компрессорные установки применяются, как правило, для выполнения определённого технологического процесса. В процессе работы могут изменяться следующие величины: температура, давление, расход воздуха и другие параметры. Для сохранения их постоянства компрессорные установки оборудуются чувствительными приборами (датчиками), реагирующими на изменение параметров и посылающих соответствующие сигналы в виде импульсов в систему управления компрессорами. Компрессорные установки представляют собой сложное устройство, как правило, работающее в автоматическом режиме.

Ниже приведены типовые схемные решения автоматизированного электропривода компрессоров.

3.1 Схема автоматизированного электропривода компрессора с синхронным двигателем и тиристорным преобразователем

Типовая схема управления электроприводом компрессора с синхронным двигателем и тиристорным преобразователем показана на рисунках 3.1 и 3.2.

Схема управления предусматривает автоматическое включение и отключение компрессора в зависимости от суточного графика расхода сжатого воздуха и давления в воздушной магистрали. Кроме автоматического, предусмотрено ручное управление двигателем. Схема управления обеспечивает автоматическое регулирование тока возбуждения синхронного двигателя (СД) таким образом, чтобы коэффициент мощности поддерживался постоянным. При снижении питающего напряжения для повышения перегрузочной способности предусматривается увеличение тока возбуждения двигателя. На рисунке 3.1 приведена схема основных цепей СД М1, обмотка статора которого получает питание от сети переменного тока напряжением 6 кВ. Масляный выключатель Q1 в цепи статора включается электромагнитом Y1 и отключается электромагнитом Y2. Схема подключения аппаратов управления и защиты представлена на рисунке 3.2.

Обмотка возбуждения двигателя через выпрямительный мост UZ1 наглухо подключена к бесконтактному генератору переменного тока G2, установленному на валу СД. Диоды моста закреплены на якоре двигателя и исключают необходимость применения щёточного контакта. Регулируется ток возбуждения СД изменением выпрямленного напряжения тиристорного преобразователя (ТП) UZ2 цепи возбуждения генератора переменного тока.

Питание к ТП подводится от сети 380 В через согласующий трансформатор TV2. Изменение напряжения ТП производится системой импульсно-фазового управления (СИФУ), на вход которой поступает суммирующий сигнал управления от промежуточного магнитного усилителя (ПМУ). Ограничение перенапряжения в цепи обмотки возбуждения в начальный период пуска двигателя осуществляется вспомогательным тиристором VS1, встречно-включенным относительно диодов моста UZ1. Под действием наводимой ЭДС скольжения открывается стабилитрон VD1, управляющий тиристором VS1. При этом ТП заперт благодаря разомкнутому контакту реле скорости K1 в цепи управления ТП. При достижении двигателем подсинхронной скорости снижается ЭДС в обмотке возбуждения и закрывается тиристор VS1. Реле скорости K1, включаясь, позволяет осуществить возбуждение двигателя.

При снижении напряжения на статоре двигателя для сохранения перегрузочной способности автоматически изменяется ток возбуждения при помощи блока форсировки (БФ), вход которого соединён со вторичной обмоткой трансформатора напряжения TV1. При нормальном напряжении сети сигнал на выходе БФ равен нулю. С уменьшением напряжения сигнал резко возрастает и вызывает увеличение тока в обмотке возбуждения возбудителя. Обратная связь по углу φ между током и напряжением статорной цепи обеспечивает поддержание постоянным коэффициента мощности двигателя. Такая связь осуществляется датчиком угла, схема которого приведена на рисунке 3.3, а.

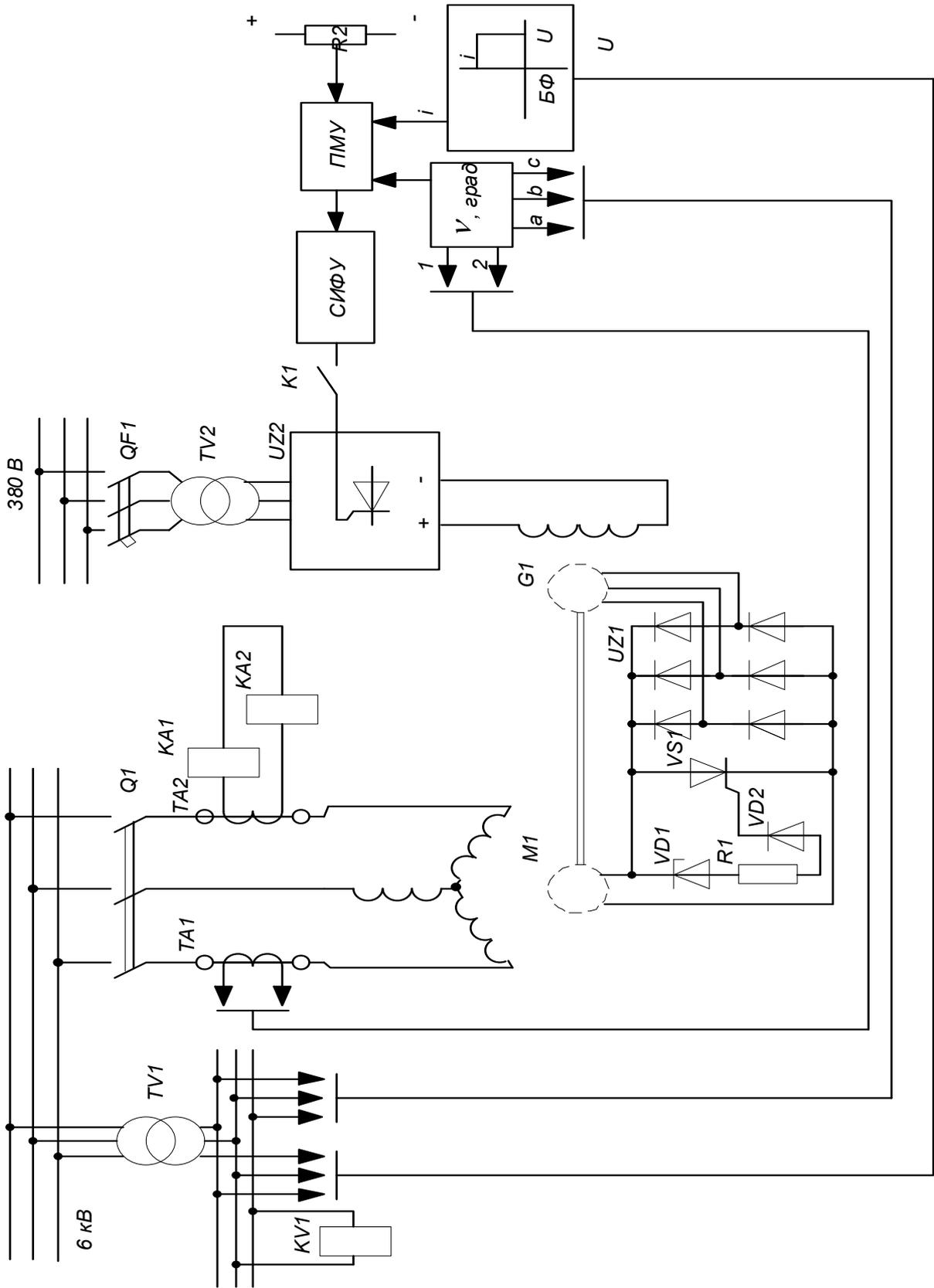


Рисунок 3.1 – Схема основных цепей синхронного двигателя

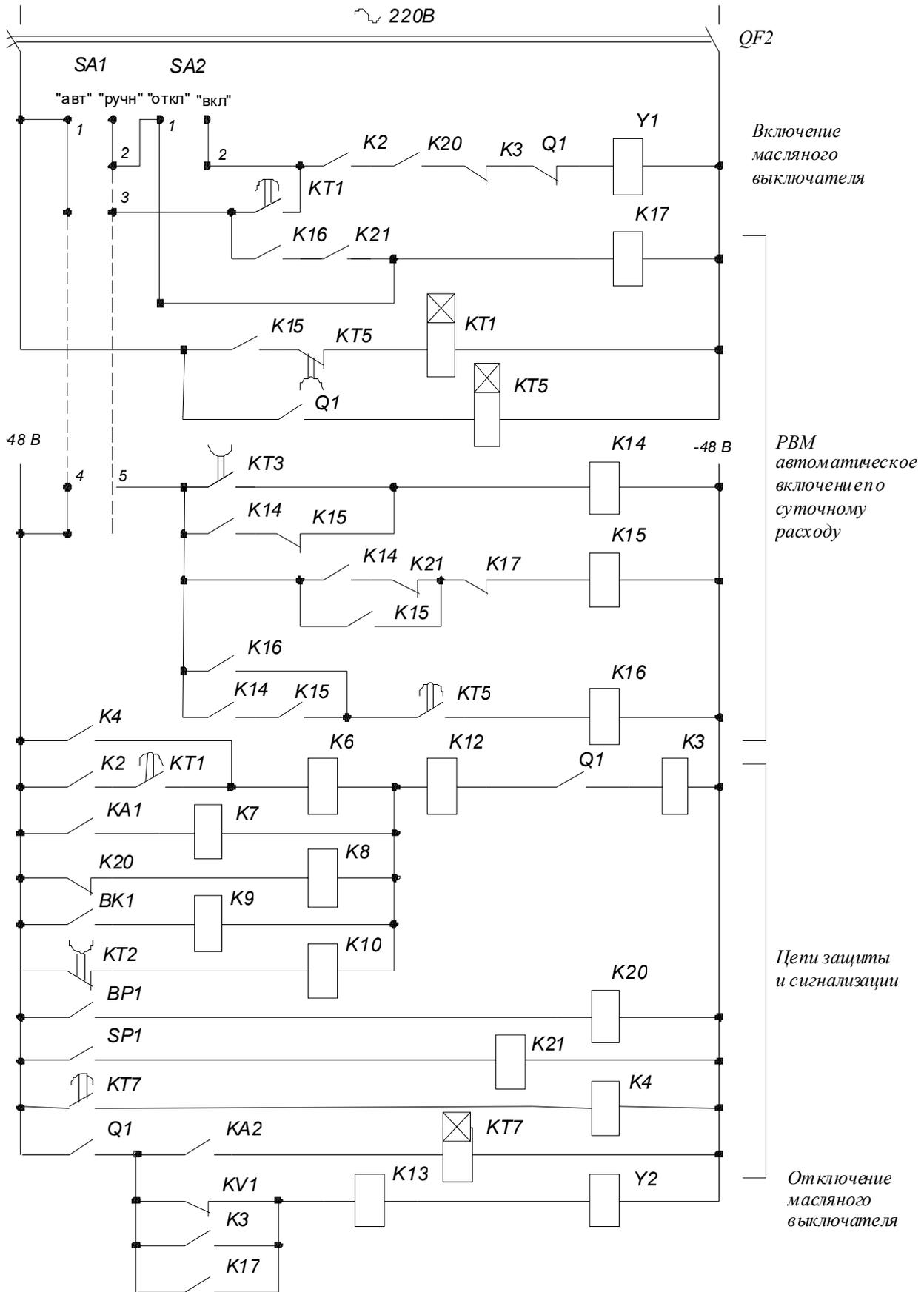


Рисунок 3.2 – Схема подключения аппаратов управления и защиты

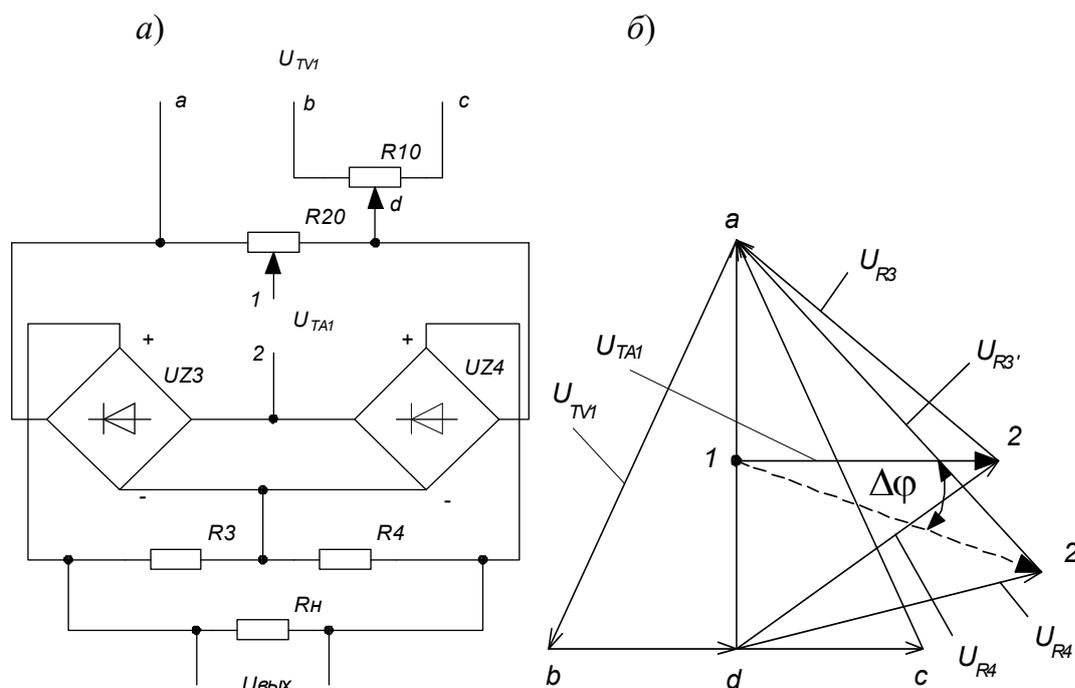


Рисунок 3.3 – Датчик угла

К зажимам a , b , c подводится напряжение от трансформатора $TV1$ (см. рисунок 3.1), а зажимы 1 , 2 соединены со вторичной обмоткой трансформатора тока $TA1$. Под действием напряжений U_{TV1} , U_{TA1} по цепи балластных резисторов $R3$ и $R4$ протекает выпрямленный диодными мостами $UZ3$ и $UZ4$ ток. Напряжение на выходе датчика $U_{вых}$ равно алгебраической сумме напряжений на балластных резисторах и, как следует из диаграммы (см. рисунок 3.3, б), пропорционально векторной сумме напряжений U_{TV1} и U_{TA1} и зависит от взаимного расположения векторов напряжения и тока цепи статора синхронного двигателя.

Автоматический и ручной режим работы определяются положением универсального переключателя $SA1$ (см. рисунок 3.2). При ручном управлении команда на включение масляного выключателя $Q1$ подаётся переключателем $SA2$. Пуск синхронного двигателя должен производиться вхолостую при открытых пусковой и рабочей воздушных задвижках компрессора, что фиксируется замкнутым состоянием контактов промежуточного реле $K2$. По окончании пуска задвижки закрываются, и компрессор подключается к воздухохранику. Возможность пуска двигателя ставится в зависимость от исправности системы смазки компрессора и его температуры, что контролируется датчиками давления масла $BP1$ и температуры $BK1$. При нормальном давлении масла и допустимой температуре контакты $BP1$ и $BK1$ в цепи катушки реле защиты $K3$ разомкнуты. В цепь катушки защитного реле введены контакты реле максимального тока двигателя $KA1$, контакты реле контроля охлаждающей компрессор воды $KT2$ и реле контроля пуска $K4$, замыкающего свои контакты в случае затянувшегося пуска двигателя. Реле $K3$ замыкает свой контакт в цепи отключающего электромагнита $Y2$ в том случае, когда создаётся цепь питания

катушки К3 через соответствующие контакты защитных реле. Сигнальные реле К6...К13 служат для определения причины отключения двигателя.

Двигатель компрессора может быть включен автоматически с диспетчерского пункта часовым механизмом, импульсный контакт КТЗ которого при положении SA1 в позиции «АВТ» включает промежуточное реле К14. При снижении давления в воздушной магистрали контакт реле давления воздуха SP1 через промежуточное реле К15 включает реле автоматического включения КТ1, которое подводит питание к включающему электромагниту Y1 масляного выключателя. Масляный выключатель Q1 включает двигатель М1. После включения реле К15 теряет питание катушка К14. При последующем включении контакта часового механизма КТЗ образуется цепь питания катушки реле автоматического отключения К16. Однако сигнал на отключение масляного выключателя подаётся только после того, как давление в магистрали будет равно давлению, при котором реле SP1 находится во включенном состоянии и обеспечивает цепь включения катушки промежуточного реле отключения К17.

3.2 Схема автоматизированного электропривода компрессора ВПЗ-20/9 4ХЛ4

Схема электрическая принципиальная компрессора ВПЗ-20/9 4ХЛ4 приведена на рисунках 3.4 и 3.5, на рисунке 3.4 представлена схема основных цепей компрессора, на рисунке 3.5 – схема управления.

Схема электроавтоматики компрессора, предназначенная для управления работой компрессора, обеспечения контроля за основными параметрами и защиты компрессора при отклонении контролируемых параметров от допустимых значений, выполняет следующие функции:

- управление пуском и остановкой двигателя компрессора;
- автоматическую разгрузку компрессора при его пуске и остановке;
- автоматическую продувку (удаление конденсата) теплообменника;
- автоматическое ступенчатое регулирование производительности;
- автоматическую остановку компрессора при отклонении от допустимых значений следующих параметров:
 - а) давления и температуры воздуха на каждой ступени сжатия;
 - б) давления масла в системе смазки;
 - в) протока охлаждающей воды;
 - г) напряжения возбуждения приводного двигателя компрессора;
- световую и звуковую сигнализацию;
- независимое управление разгрузкой компрессора тумблерами.

Элементы схемы электроавтоматики питаются от сети переменного тока 220 В через автоматический выключатель QF1, осуществляющий защиту от коротких замыканий (рисунок 3.6).

При включении выключателя QF1 на панели щита управления загорается лампа HL9, сигнализирующая о наличии напряжения в цепях схемы, и включается вентиль соленоидный Y2, осуществляющий разгрузку компрессора.

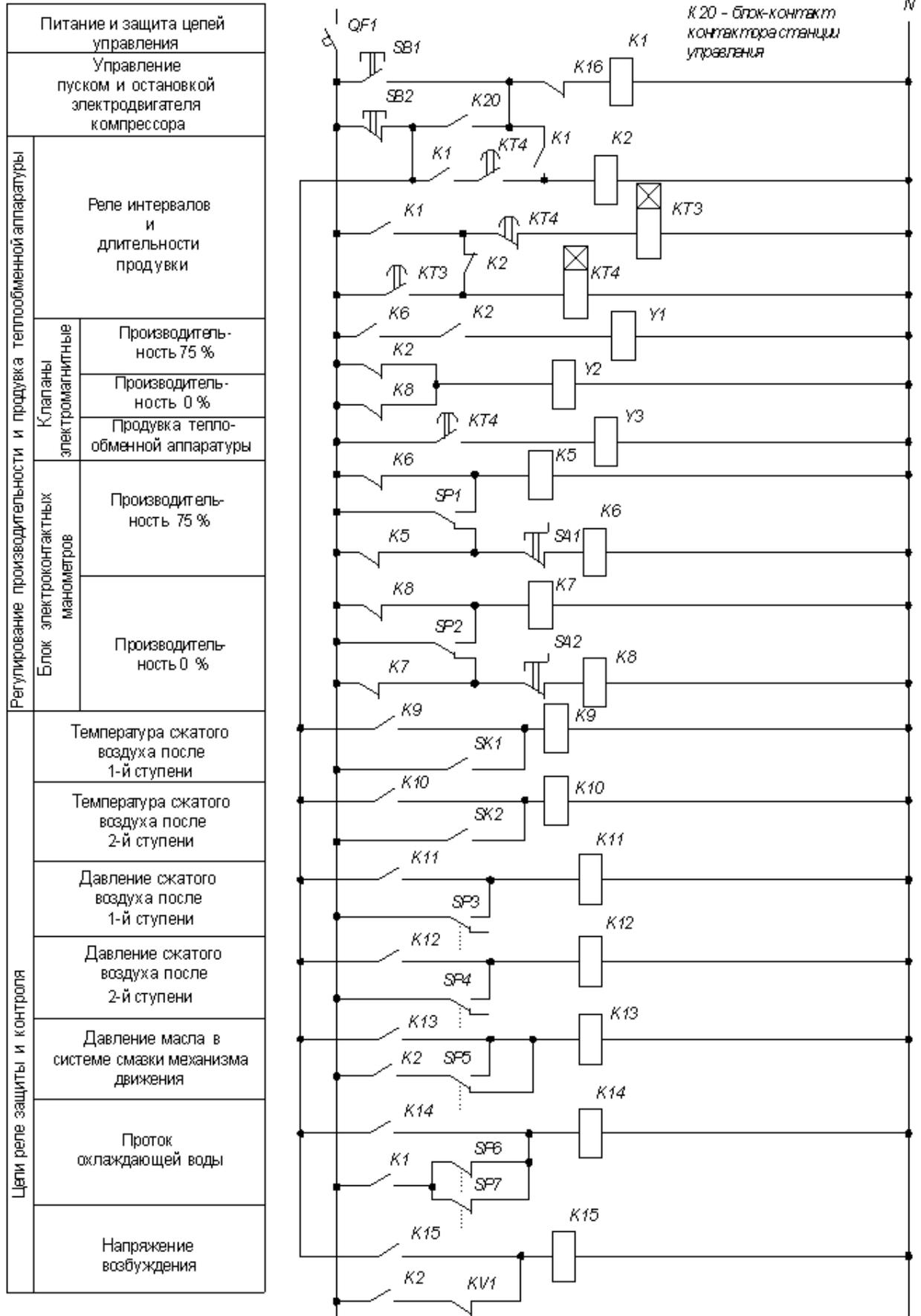


Рисунок 3.5 – Схема управления

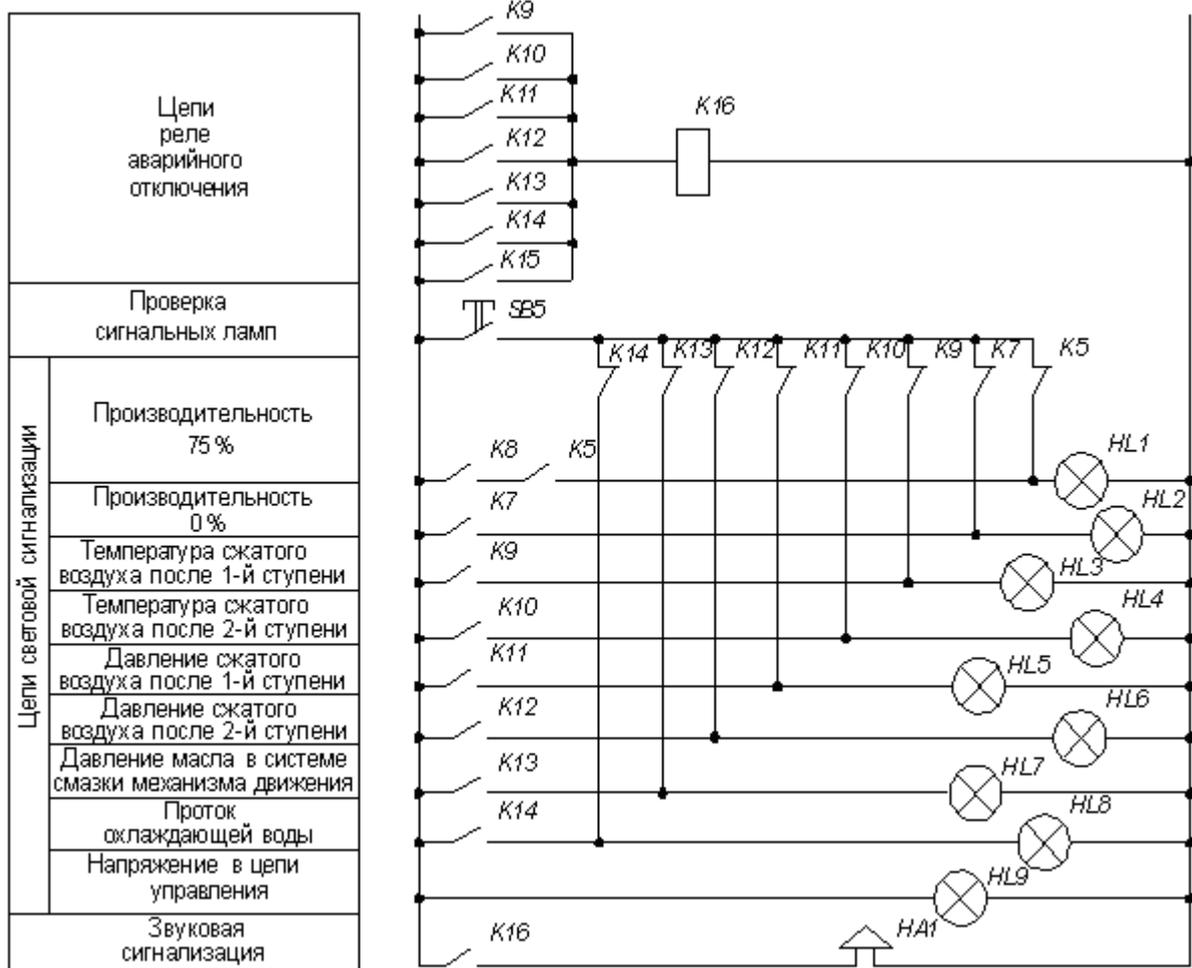


Рисунок 3.6 – Схема управления (продолжение)

Пуск двигателя возможен при наличии протока охлаждающей воды в системе охлаждения компрессора и концевой холодильника.

При нажатии на кнопку SB1 включится реле K1 и своими контактами замкнёт цепь катушки контактора панели управления двигателем компрессора. После включения контактора кнопка SB1 блокируется и реле K1 становится на питание по цепи N–K1–K16–K20–SB2–A. Таким образом, двигатель компрессора включен.

Одновременно реле K1 включит реле времени KT3 и KT4 и подготовит цепь включения реле K2. Включившись, реле KT4 включает клапан Y3 продувки теплообменника аппаратуры, и по истечении выдержки времени включится реле K2.

Задержка в срабатывании реле K2 обеспечивает достижение номинальных значений давления масла, напряжение возбуждения и работу компрессора без нагрузки при пуске. Обычно выдержка времени реле KT4 не превышает 15...20 с. После включения реле K2 включится клапан Y1, а клапан Y3 и вентиль Y2 отключатся, прекращая тем самым продувку не нагружая компрессор.

Остановка компрессора производится кнопкой SB2. При нажатии на кнопку SB2 пусковое реле K1, K2 и, следовательно, двигатель компрессора отключаются, соленоидный вентиль Y2 включается, разгружая компрессор.

Для автоматического регулирования производительности компрессора используются датчики давления SP1 и SP2. Датчиками давления системы регулирования являются электроконтактные манометры.

Исполнительные аппараты (клапан дополнительного объёма цилиндра первой ступени компрессора и разгрузочный вентиль соленоидный Y2 на линии разгрузки) управляются соответственно трёхходовым электромагнитным клапаном Y1 и элементами схемы. При работе компрессора с номинальной производительностью клапан Y1 включен, а вентиль Y2 выключен.

В отключенном состоянии клапана Y1 производительность компрессора снижается до 75 % номинальной, а при включенном вентиле Y2 компрессор переходит на холостой ход.

Взаимодействие элементов схемы в режиме регулирования производительности происходит в следующем порядке.

Когда давление воздуха в воздухоборнике достигает максимальной величины установки манометра SP1, включится реле K5 и разорвёт цепь питания реле K6.

Реле K6 отключит клапан Y1. В отключенном состоянии клапана Y1 его золотник перекроет подачу воздуха из воздухоборника к клапану дополнительного объёма и сообщит его с атмосферой.

Под давлением воздуха в цилиндре клапан дополнительного объёма откроется и к рабочему объёму цилиндра подключится дополнительный объём, что приведёт к снижению производительности компрессора до 75 % номинальной величины.

Если давление в воздухоборнике продолжает увеличиваться (уменьшилось или прекратилось потребление сжатого воздуха) и достигает максимальной величины установки манометра SP2, то включится реле K7, которое отключит реле K8 и включит вентиль Y2 на линии разгрузки компрессора, что приведет к переходу компрессора на холостой ход.

Увеличение потребления сжатого воздуха вызовет обратные действия датчиков, управляющего клапана и исполнительных устройств системы регулирования производительности.

Снижение производительности компрессора до 75 % или перевод его на холостой ход могут быть осуществлены независимо от давления в воздухоборнике при помощи тумблеров SA1 и SA2.

Цепи защиты, контроля и сигнализации обеспечивают нормальную работу компрессора (см. рисунок 3.6). Цепи защиты компрессора по давлению и температуре сжатого воздуха после каждой ступени, давлению масла в системе смазки механизма движения по структуре аналогичны, поэтому описываются на примере защиты по температуре воздуха после первой ступени сжатия.

Если в процессе работы компрессора температура воздуха после первой ступени сжатия превысит допустимое значение, то замкнутся контакты термометра SK1 и включится реле K9. Реле K9 становится на самопитание, включит реле аварийного отключения K16 и лампу HL3 «Температура воздуха после первой ступени». Одновременно подаётся и звуковой сигнал с HA1.

Размыкающие контакты реле К16 отключат пусковое реле К1, что приведет к остановке компрессора.

Световой и звуковой сигналы снимаются кнопкой SB2 «Стоп. Снятие сигнала».

Цепь защиты двигателя компрессора от асинхронного режима работает следующим образом (см. рисунок 3.6).

В начальный момент пуска компрессора напряжение возбуждения двигателя компрессора ниже номинального, поэтому для блокировки цепи защиты двигателя от асинхронного режима на время пуска контакты реле KV1 включены последовательно с контактами реле К2, замыкающимися с выдержкой времени через реле времени КТ4. Если в процессе работы компрессора напряжение возбуждения исчезнет или станет меньше допустимого значения, то реле напряжения KV1 отключится и своими контактами включит реле К15, последнее включит реле аварийного отключения К16 и компрессор остановится. Одновременно включится сигнальная сирена HA1.

Снятие звукового сигнала производится кнопкой SB2 «Стоп. Снятие сигнала».

Работа цепи защиты компрессора при недостаточном протоке охлаждающей воды или полном прекращении ее протока заключается в следующем. При нормальном протоке воды контакты реле протока SP6 и SP7 разомкнуты. Если проток воды станет меньше допустимого значения, то произойдет замыкание этих контактов, что приведет к включению реле К15 и К16 и отключению реле К1. Компрессор останавливается, подается световой и звуковой сигналы.

Периодическая автоматическая продувка теплообменной аппаратуры осуществляется клапаном электромагнитным Y3, управляемым реле времени КТ3 и КТ4.

По окончании пускового периода (момент включения реле К2) включится реле КТ3, обеспечивающее периодичность продувки, и своими контактами через заданный промежуток времени включит реле КТ4, обеспечивающее длительность продувки. Включившись, реле КТ4 своими контактами с выдержкой времени 15...20 с отключит реле КТ4, прекращая продувку. В дальнейшем периодичность работы цепей продувки повторяется.

Контрольные вопросы

- 1 Какие приборы контроля и сигнализации используются в компрессорных установках?
- 2 Составить циклограмму работы схемы, представленной на рисунках 3.1 и 3.2, при автоматическом управлении.
- 3 Составить циклограмму работы схемы, представленной на рисунках 3.1 и 3.2, при ручном управлении.
- 4 Пояснить возможные случаи отключения компрессорной установки, представленной на рисунках 3.1 и 3.2.
- 5 Пояснить назначение основных элементов схемы, представленной на рисунках 3.1 и 3.2.

- 6 Перечислить основные типовые узлы схемы управления компрессоров.
- 7 Пояснить назначение, устройство, принцип работы датчика угла (см. рисунок 3.3).
- 8 Как обеспечивается контроль напряжения питающей сети?
- 9 Защиты и блокировки, предусмотренные в схеме управления электропривода компрессора.
- 10 Пояснить работу цепей защиты, контроля и сигнализации (см. рисунки 3.5 и 3.6).
- 11 Назначение элементов схемы, представленной на рисунках 3.5 и 3.6.
- 12 Пояснить работу цепей регулирования производительности (см. рисунки 3.5 и 3.6).
- 13 Составить циклограмму пуска (см. рисунки 3.5 и 3.6).
- 14 Составить циклограмму для режима продувки (см. рисунок 3.5).

4 Изучение электрооборудования погружного насоса

Цель работы: изучить устройство автоматизированного электропривода погружной насосной установки, которая используется при подаче воды из скважин в баки водонапорных башен или в другие резервуары.

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с технологическим процессом и электрическими схемами насосных установок. Выяснить назначение отдельных элементов электрического оборудования.
- 2 Изучить схему электрическую принципиальную системы автоматического управления насосным агрегатом типа ШЭТ 5801.
- 3 Составить отчёт по выполненной работе.

Краткие теоретические сведения

Насосные установки предназначены для транспортировки жидкости. Автоматизация насосных установок позволяет высвободить значительное количество обслуживающего персонала от круглосуточных дежурств. Насосные установки относительно легко поддаются автоматизации, которую целесообразно проводить как при проектировании новых установок, так и при реконструкции старых. Очевидно, что при решении вопроса автоматизации должны быть предусмотрены аппараты, которые могли бы дать сигнал об изменении режима работы и произвести соответствующее переключение в схеме управления без участия обслуживающего персонала.

На автоматизацию возлагаются также защитные функции при аварийных ситуациях. Для решения указанных задач применяются различные средства автоматики, среди которых имеется ряд устройств, специфичных для данной

Автоматическое управление осуществляется в зависимости от уровня воды в баке водонапорной башни. В этом режиме работы замкнуты контакты выключателя SA1. При отсутствии воды в баке контакты датчиков нижнего и верхнего уровней SL2 и SL1 разомкнуты. Поэтому на входе элемента D6 напряжение отсутствует (сигнал 0), а на его выходе имеется сигнал 1. Этот сигнал подается на усилитель мощности D7, который включает реле K1. Последнее замыкает свой контакт в цепи катушки контактора KM1, контактами которого включается двигатель M1, и вода поступает в водонапорную башню. При достижении нижнего уровня замыкается контакт датчика SL2, однако он не производит никаких переключений в схеме, т. к. в это время разомкнут последовательно включенный с ним контактор реле K1.

При достижении верхнего уровня замыкается контакт SL1 и на вход элемента D6 от источника напряжения поступает сигнал 1, который отключает реле K1 и контактор KM1. Двигатель останавливается, и поступление воды в бак прекращается. При снижении уровня воды контактор SL1 снова замыкается, однако на входе элемента D6 по-прежнему остается сигнал 1, который подается от источника напряжения U через замкнутые контакты SL2 и K1. Поэтому двигатель насоса не включается. Двигатель включается лишь тогда, когда уровень воды станет ниже установки датчика SL2. При этом контакт SL2 разомкнется, на вход D6 поступит сигнал 0, и цикл работы насоса повторится.

Дистанционное управление позволяет диспетчеру, находящемуся на значительном удалении от скважины, включать и отключать насос вне зависимости от его работы в автоматическом режиме управления. Оно осуществляется при подаче команд от устройств телемеханики на исполнительное реле включения K2 и отключения K3. Если диспетчеру необходимо отключить работающий насос, то по команде телемеханического устройства включается реле K3, контакт которого подает сигнал 1 на вход элемента D6. Включение насоса осуществляется при подаче диспетчером команды, включающей реле K2. Размыкающий контакт последнего подает на вход элемента D6 сигнал 0 (контакты SA1 при этом замкнуты).

Для местного управления насосом необходимо разомкнуть контакты выключателя SA1. При этом на входе элемента D6 будет постоянно присутствовать сигнал 0, а на выходе – сигнал 1. Поэтому на выходе усилителя D7 постоянно имеется напряжение, которое включает и отключает катушку реле K1 в зависимости от положения контактов выключателя местного управления SA2.

Схема предусматривает отключение двигателя насоса при перегрузке, при работе двигателя на двух фазах, при коротких замыканиях. Тогда ток в фазах статора двигателя увеличивается, что приводит к увеличению постоянного напряжения на выходе выпрямителя VD1...VD6, подключенного к выходным обмоткам трансформатора тока TA1, TA2, TA3. Это напряжение подается на релейный элемент D1, который преобразует непрерывный сигнал в дискретный, необходимый для управления схемой логики. Сигнал с выхода элемента D1 поступает на вход (нижний) элемента временной задержки D2. Последний имеет характеристику с обратной зависимостью выдержки времени

от тока в цепи статора двигателя. Непрерывный сигнал, пропорциональный току статора, подается на другой вход (верхний) элемента D2. При превышении тока уставки, которая регулируется резистором R1, срабатывает релейный элемент, и сигнал 1 с выдержкой времени, обратно пропорциональной току, подается на вход элемента D3. Элементы D3 и D4 образуют элемент «память», поэтому сигнал о срабатывании защиты запоминается и подается с выхода D4 на вход элементов D5 и D6. Первый из них включает сигнальную лампу HL1, а второй отключает реле K1 и соответственно двигатель.

Для стирания «памяти» перед пуском двигателя надо нажать кнопку SB3, через замкнутые контакты которой подается сигнал 1 на вход элемента D4.

Лабораторная установка представляет собой стенд, на котором установлена станция управления бесконтактного типа ШЭТ 5801.

Общий вид станции управления приведен на рисунке 4.2.

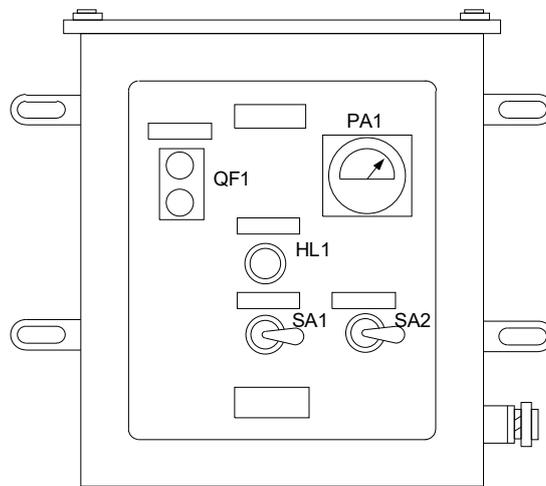


Рисунок 4.2 – Общий вид станции управления

Станция управления выполнена в виде шкафа навесного типа. Внутри шкафа смонтирована пусковая и защитная аппаратура (силовая часть, блок логики). На дверь шкафа выведены сигнальная лампа аварийного отключения, приборы и аппаратура управления. Блок логики соединяется с силовыми цепями станции управления с помощью перемычек, с цепями управления с помощью штепсельного разъёма. Ввод кабелей питания и проводов связи предусмотрен через прокладки в нижней крышке.

Датчик уровней воды (рисунок 4.3) состоит из контактов верхнего и нижнего уровней, закрепленных на складывающемся стержне и панели зажимов, закрытых кожухом. Питание датчика уровней воды осуществляется со станции управления.

Блок логики представляет собой устройство с бесконтактными логическими элементами. Внутри него находятся также блок питания логических элементов и согласующие трансформаторы, со вторичных обмоток которых снимается пропорциональное току главной цепи напряжение, которое в свою очередь подаётся на логические элементы.

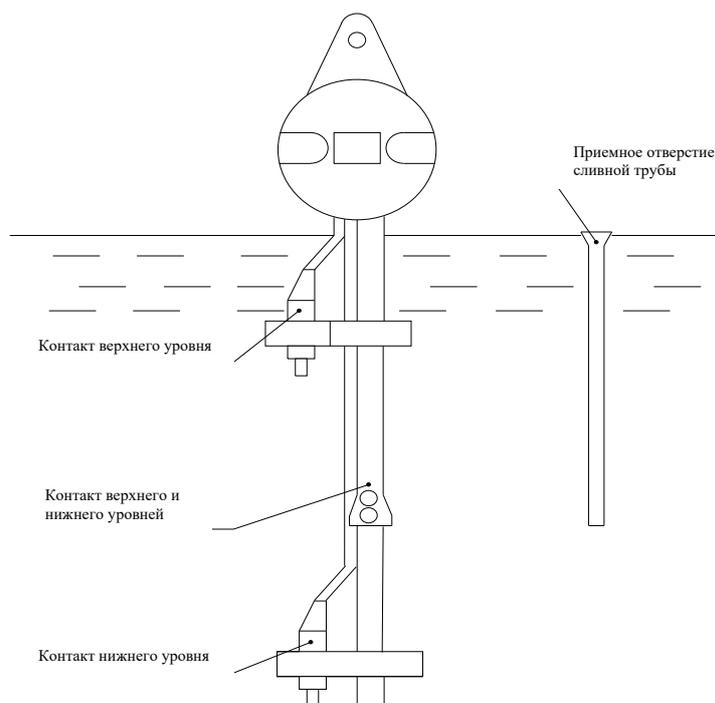


Рисунок 4.3 – Датчик уровней воды

Электрическая схема насосной установки приведена на рисунке 4.4. Приводной электродвигатель М1, конструктивно выполненный совместно с насосом, устанавливается в скважине и питается по кабельной линии от силовой сети переменного тока 3~50 Гц, 380 В. Схема автоматического управления (БЛ) построена на логических элементах. Схемой управления предусмотрены три режима работы двигателя: с местным, автоматическим и дистанционным управлением. Режим работы задаётся с помощью переключателей SA1, SA2 и перемычкой «П».

Принципиальная схема станции управления типа ШЭТ 5801 приведена на рисунке 4.5.

Для включения станции управления в работу необходимо включить автоматический выключатель QF1.

Автоматическое управление электронасосом осуществляется в зависимости от уровня воды в баке водонапорной башни или резервуаре. Для этого тумблер SA1 «режим управления» должен быть установлен в положение А «автоматический». Тумблер SA2 «местное управление» может находиться в любом положении, перемычка «П» должна закорачивать клеммы 36 и 40. При отсутствии воды в баке водонапорной башни контакты нижнего и верхнего уровней воды SL2 и SL1 разомкнуты, и сигнал 0 поступает в блок логики, который формирует сигнал на включение электронасоса, поступающий на выходное реле включения магнитного пускателя KM1. Электронасос включается, и вода поступает в водонапорную башню. При достижении водой контакта верхнего уровня в блок логики поступает сигнал на отключение электронасоса. Электронасос отключается. Сигнал на включение насоса в блоке логики вновь формируется при снижении уровня воды ниже датчика нижнего уровня. Цикл работы повторяется.

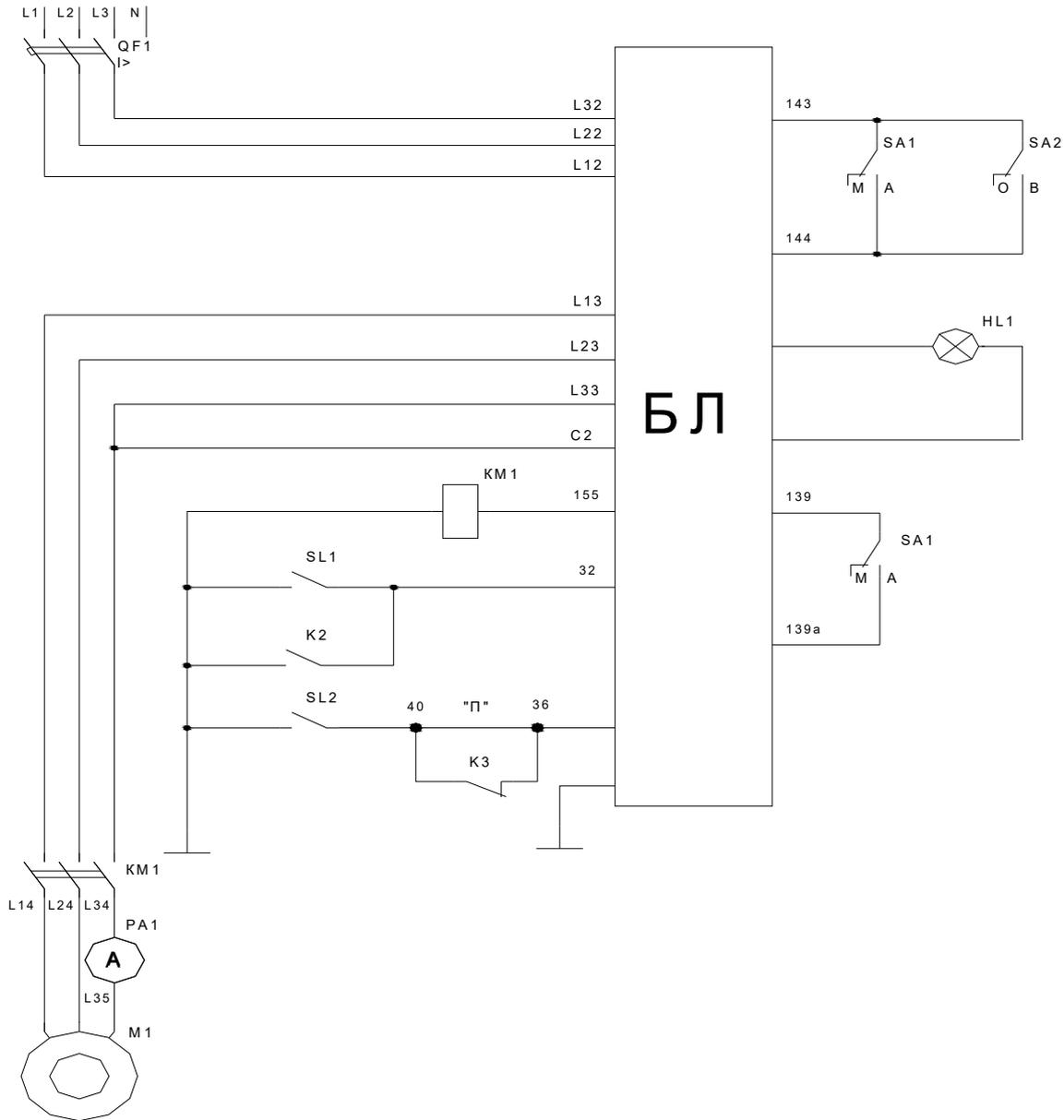


Рисунок 4.4 – Схема электрическая принципиальная насосной установки

При местном управлении тумблер SA1 «режим управления» должен быть установлен в положении М «местное», а включение и отключение насоса осуществляется с помощью тумблера SA2 со станции управления.

Телемеханическое управление обеспечивается подачей команд от устройств телемеханики на исполнительные реле включения К3 и отключения К2, которые в комплект системы не входят.

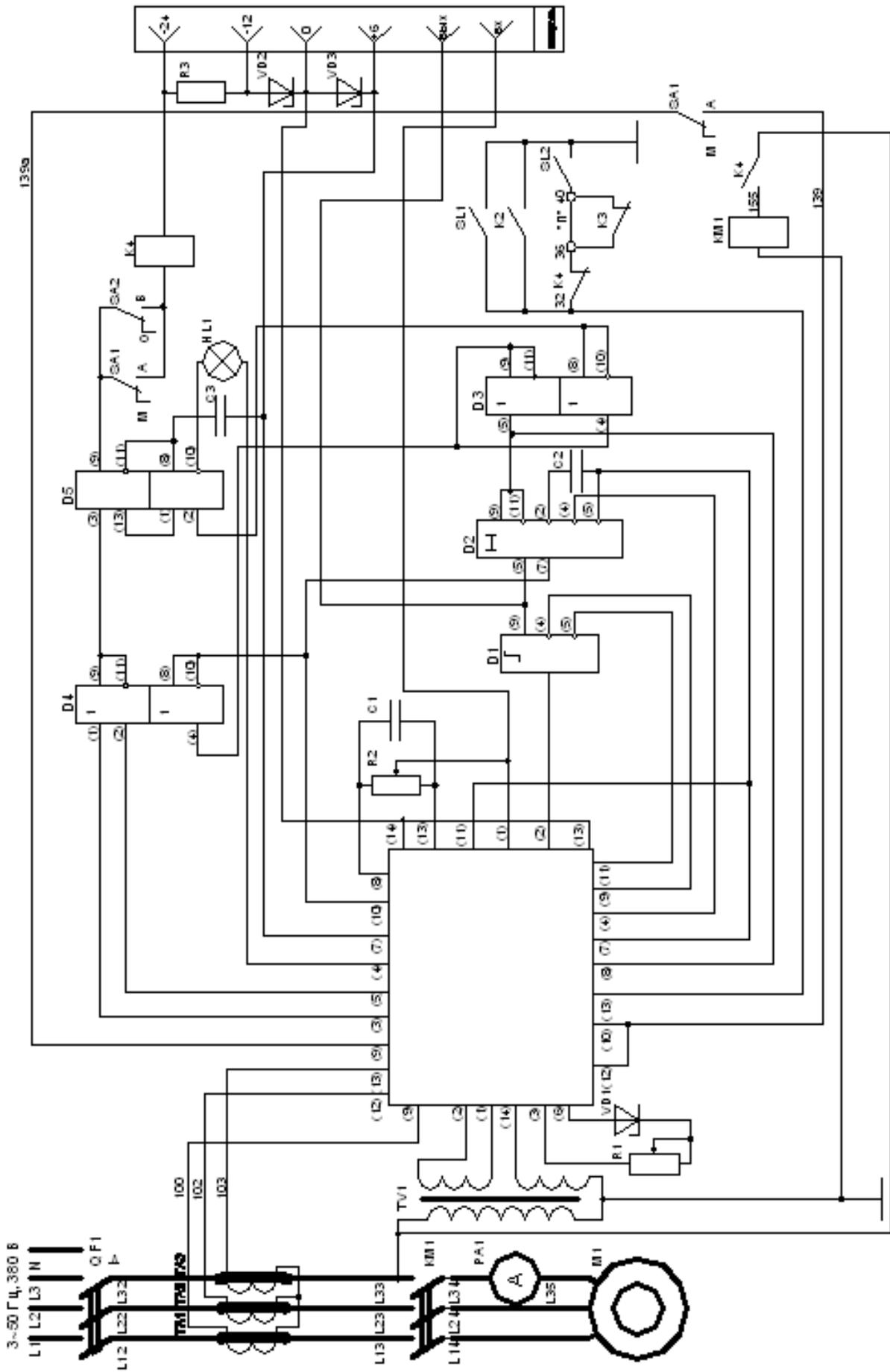


Рисунок 4.5 – Принципиальная схема станции управления типа ШЭТ 5801

Для работы в этом режиме тумблер SA1 «режим управления» должен быть установлен в положение А «автоматический», перемычка «П» снята, а клеммы 36, 40 и 32, N должны быть соединены с соответствующими зажимами реле исполнения включения К3 и реле исполнения отключения К2. Реле К2 и К3 в станции управления не устанавливаются. Напряжение на катушки этих реле подаётся из системы телемеханического управления. Длительность импульса напряжения должна быть менее 10 с.

Телемеханическое управление производится с диспетчерского пункта. По команде диспетчера «включить электронасос» срабатывает реле исполнения включения К3, которое подает сигнал через блок логики на включение электронасоса. По команде «отключить электронасос» срабатывает реле исполнения отключения К2, которое подает сигнал через блок логики на отключение электронасоса.

Система управления отключает электронасос в следующих аварийных режимах:

- при перегрузках;
- при симметричных и несимметричных коротких замыканиях;
- при работе электронасоса на двух фазах.

Сигнал аварии поступает на блок логики от согласующих трансформаторов. В случае аварийного отключения электронасоса загорается лампа аварийной сигнализации HL1. При этом автоматическое повторное включение электронасоса схемой логики исключается. Для повторного запуска электронасоса после устранения аварии необходимо снять, а затем подать напряжение на блок логики, это достигается отключением и последующим включением автоматического выключателя QF1 «напряжение».

В случае возникновения короткого замыкания, сопровождающегося большими значениями тока, электронасос будет отключен автоматическим выключателем QF1. «Лампа аварийной сигнализации» в этом случае не будет гореть.

Контрольные вопросы

- 1 Какие режимы управления применяются в схемах?
- 2 Какие датчики контроля технологических параметров применяют в схемах автоматизации?
- 3 Устройство и принцип работы датчика уровней воды.
- 4 Какие защиты и блокировки предусмотрены в схеме управления асинхронным двигателем погружного насоса?
- 5 Какая сигнализация предусмотрена в схеме управления асинхронным двигателем погружного насоса?
- 6 Составить циклограмму работы схемы в автоматическом режиме.
- 7 Составить циклограмму работы схемы при местном управлении.
- 8 Составить циклограмму работы схемы при дистанционном управлении.
- 9 Составить циклограмму работы схемы при перегрузке.

- 10 Составить алгоритм работы схемы управления насоса.
- 11 Перечислить основные типовые узлы схемы управления насоса.

5 Изучение типовых панелей управления электроприводами крановых механизмов

Цель работы: изучение работы схемы магнитного контроллера типа ТС, ТСА для управления крановыми двигателями переменного тока и методов формирования механических характеристик асинхронного двигателя.

Порядок выполнения работы

- 1 Изучить схемы магнитных контроллеров типа ТС и ТСА.
- 2 Составить отчет по работе.

Краткие теоретические сведения

Достаточное представление о крановых электроприводах можно получить, рассмотрев схему магнитного контроллера типа ТСА с защитной панелью для механизмов подъема, как наиболее типовую, позволяющую пояснить особенности работы этих систем электропривода. Схема электрическая принципиальная электропривода механизма подъема крана с панелью управления ТСА показана на рисунках 5.1 и 5.2.

Характерные особенности схемы управления: несимметричная относительно нулевого положения диаграмма замыкания контактов командоконтроллера, обеспечивающая при подъеме и спуске грузов различные механические характеристики электропривода; использование режима однофазного включения двигателя для улучшения условий регулирования скорости при спуске, отсутствие на панели аппаратов защиты и блокировок безопасности.

Необходимые защиты и блокировки осуществляются с помощью защитной панели типа ПЗКБ. Нулевой контакт К1 командоконтроллера SA1 используется в схеме защитной панели для нулевой блокировки, контакты К2 и К8 обеспечивают избирательное, действие конечных выключателей SQ1 и SQ2; ограничивающих ход механизма. Конечная защита непосредственно снимает напряжение с цепей управления данного магнитного контроллера. При недопустимом подъеме грузозахватывающего устройства контакт конечного выключателя SQ1 размыкается и отключает все цепи управления двигателем подъема. Вновь напряжение может быть подано только при установке командоконтроллера в положение 4 (Спуск). В этом положении контакт К8 шунтирует разомкнутый контакт выключателя SQ1. Ограничение движения в направлении спуск не является обязательным и контакт SQ2 может отсутствовать. При этом контакт К2 замыкается перемычкой.

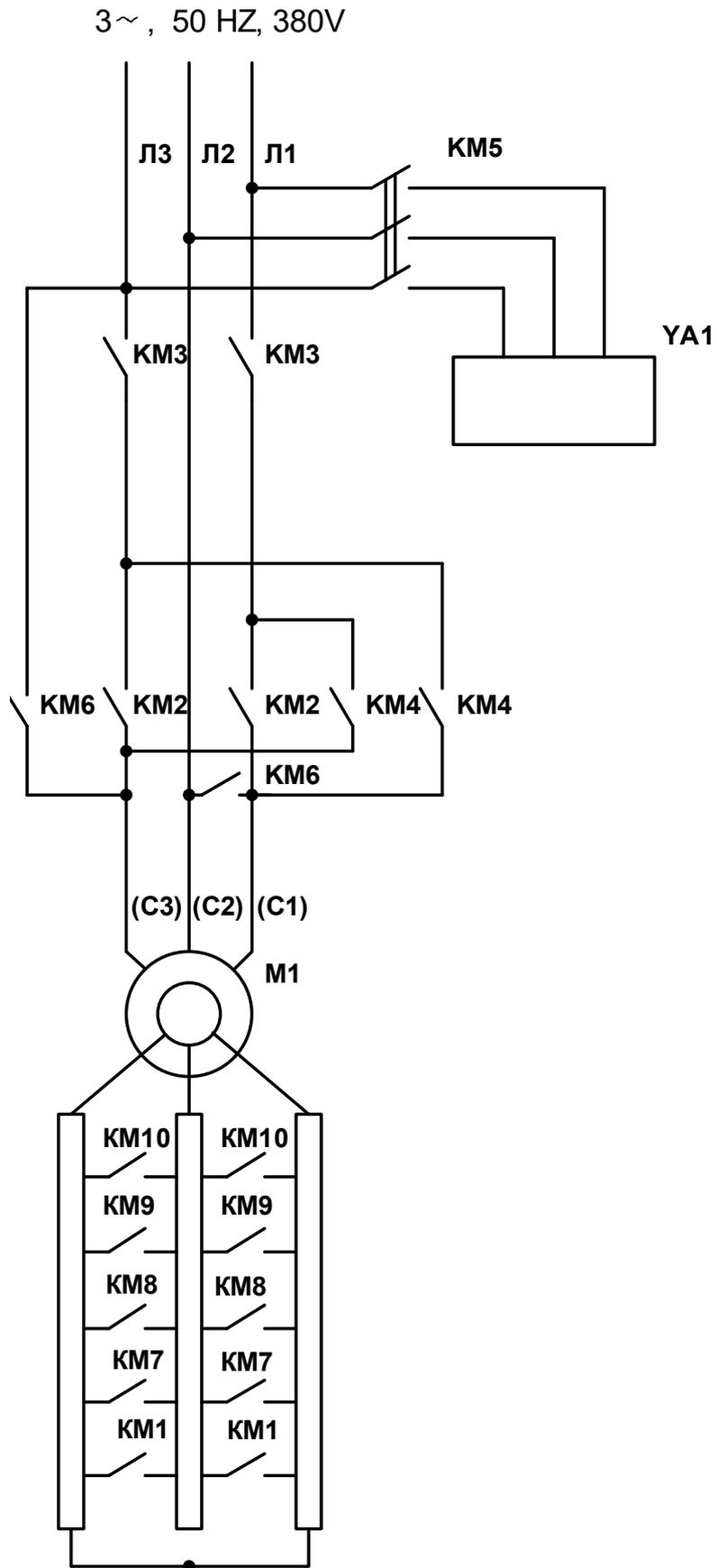


Рисунок 5.1 – Силовая схема панели ТСА

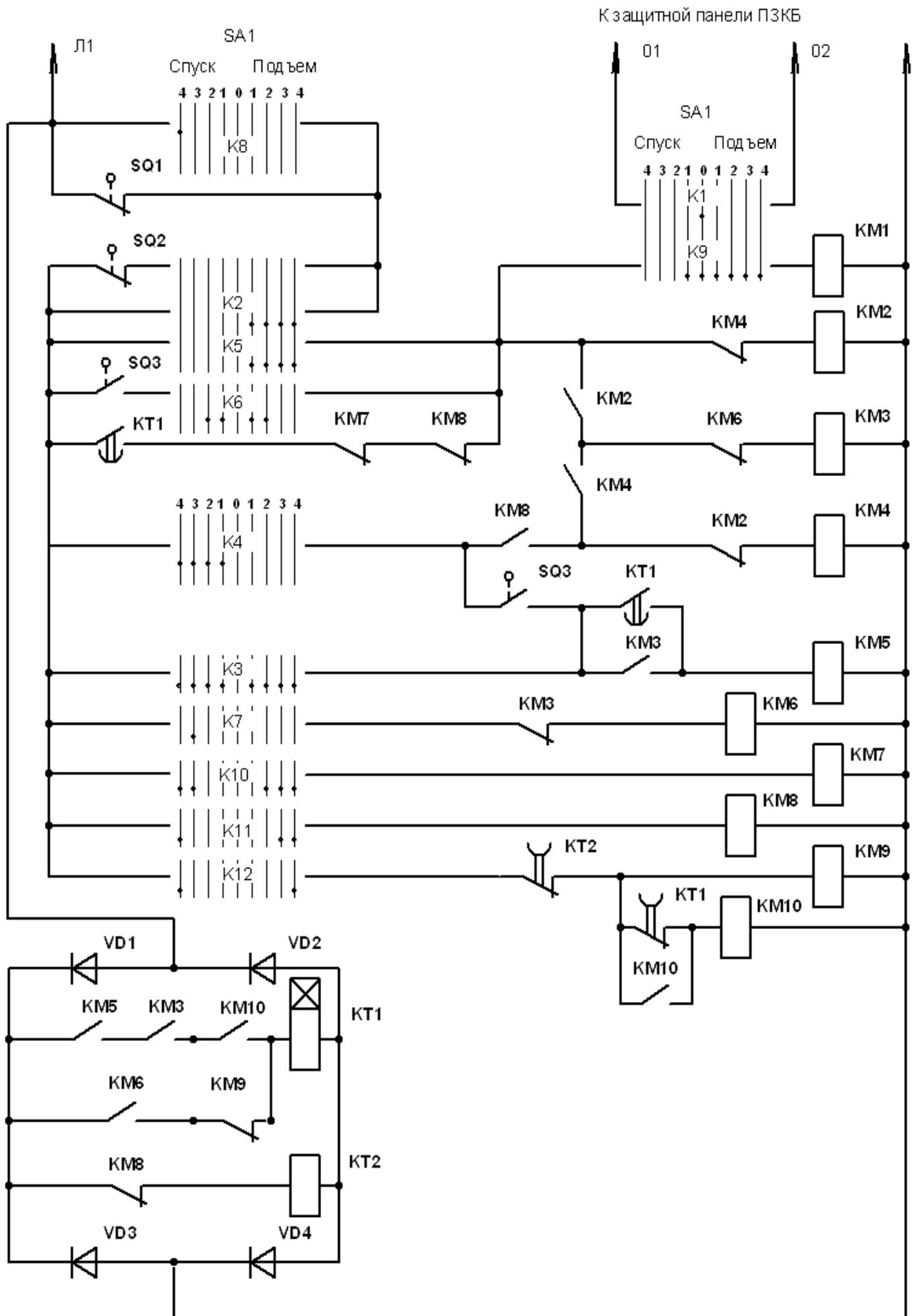


Рисунок 5.2 – Схема электрическая принципиальная панели ТСА

В положении 0 командоконтроллера SA1 получает питание диодный мост VD1...VD4 и реле КТ2 включено, т. к. его катушка через размыкающий контакт КМ8 обтекается током. Остальные аппараты схемы при этом отключены. В положении 1 (Подъем) командоконтроллера SA1 включаются контакторы КМ2, КМ3, КМ5 на статор двигателя подается напряжение и одновременно включением электромагнита тормоза освобождается тормозной шкив. При включении контактор КМ5 замыкающим вспомогательным контактом через замкнувшийся контакт КМ3 включает реле КТ1. Одновременно с включением КМ2 включается контактор КМ1, который главными контактами замыкает первую ступень реостата в роторной цепи двигателя. Двигатель работает с одной выведенной регулировочной ступенью реостата и имеет механическую характеристику 1П (рисунок 5.3).

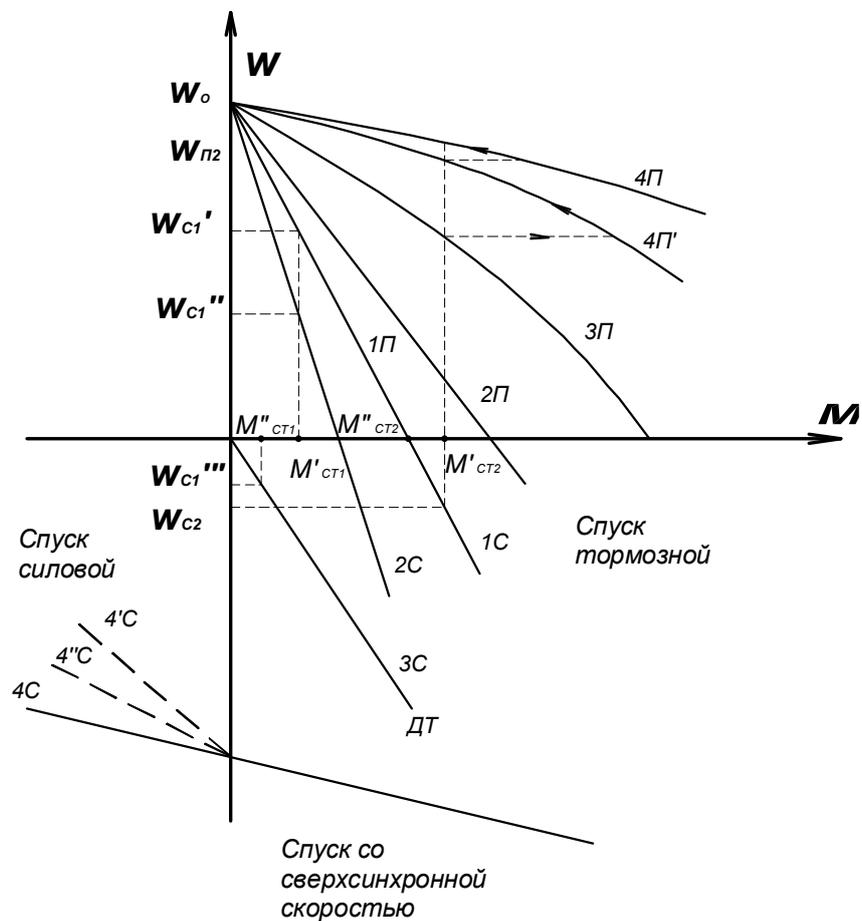


Рисунок 5.3 – Механические характеристики панели ТСА

При перестановке командоконтроллера SA1 в положения 2, 3, 4 (Подъем) последовательно срабатывают контакторы КМ7...КМ10, добавочное сопротивление в цепи ротора уменьшается. Двигатель в этих положениях имеет регулировочные характеристики 2П, 3П, 4П. При работе на основной характеристике 4П в цепи ротора остается включенным небольшое сопротивление для обеспечения пуска с заданными бросками тока при имеющемся числе роторных контактов. Установка командоконтроллера, из положения 0 в положение 1

и затем 2 (Спуск) не вызывает срабатывания каких-либо аппаратов. Привод остается отключенным и заторможенным. В этом проявляется основное назначение реле КТ1. Оно разрешает включение двигателя при спуске только в положении 3 командоконтроллера. В положении 3 (Спуск) замыкается контакт К7, получает питание контактор однофазного включения КМ6 и включает своим вспомогательным контактом реле КТ1. После этого КТ1 остается включенным в любом другом положении командоконтроллера на спуск. Реле КТ1 включает контактор КМ5, электромагнит тормоза YA1 подключается к сети, колодки тормоза освобождают тормозной шкив. Контактор КМ6 своими контактами включает двигатель по схеме однофазного питания статора (рисунок 5.4). В положении командоконтроллера 3 (Спуск) замкнуты контакты контактора КМ7 в роторной цепи, однако остающиеся ступени имеют значительное сопротивление.

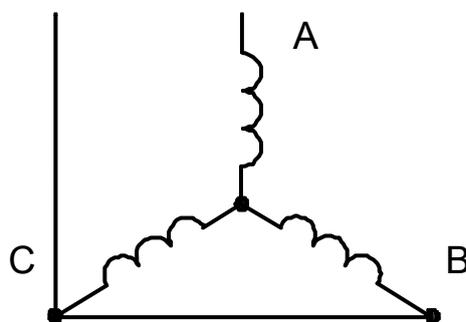


Рисунок 5.4 – Схема однофазного питания двигателя

При однофазном включении с большим добавочным сопротивлением в роторе двигатель может работать только в тормозном режиме с характеристикой, подобной характеристике динамического торможения. В положении 3 (Спуск) двигатель имеет механическую характеристику 3С (см. рисунок 5.3).

При переводе рукоятки командоконтроллера из положения 3 (Спуск) в положение 2 (Спуск) контактор КМ6 отключается, а катушка, контактора КМ2 получает питание, через контакты КТ1, КМ7, КМ8, КМ4. Контактор КМ3 включается, и статор двигателя подключается к сети в направлении подъема. Так как контактор КМ7 отключается и контактор КМ1 отключен, в роторную цепь вводится все добавочное сопротивление. Имеет место тормозной спуск средних грузов в режиме противовключения. Механическая характеристика – 2С (см. рисунок 5.3). Перевод рукоятки командоконтроллера в положение 1 (Спуск): вызывает срабатывание контактора КМ1. Сопротивление роторной цепи уменьшается, что обеспечивает получение характеристики 1С (см. рисунок 5.3), необходимой для тормозного спуска тяжелых грузов.

Если рукоятку командоконтроллера перевести в положение 4 (Спуск), включаются контактор КМ4 и подключает статор двигателя к сети в направлении спуска. Так как контакторы КМ7-КМ10 срабатывают, в роторе остается лишь небольшая постоянно включенная ступень сопротивления, и двигатель

работает с основной характеристикой 4С (см. рисунок 5.3), обеспечивающей силовой спуск крюка и сверхсинхронный спуск грузов.

При спуске грузов реле КТ1 смещает исходное рабочее положение схемы из нулевого положения командоконтроллера в положение 3. Поясним эту блокировку (см. рисунок 5.3). Моменты статической нагрузки $M'_{ст1}$ и $M''_{ст1}$ соответствуют подъему и спуску одного и того же небольшого груза. При таком грузе при характеристике 2С вместо спуска груза будет происходить его подъем со скоростью $w''_{ст}$, а в положении 1С с большей скоростью $w'_{ст}$. Только в положении 3, где двигатель работает в тормозном режиме, происходит спуск груза с небольшой скоростью $w''_{ст}$. Эта блокировка предотвращает подъем легких грузов на положениях командоконтроллера, соответствующих спуску.

Когда груз большой ($M'_{ст2}$ и $M''_{ст2}$), включение привода в положении 3 (Спуск) вызовет быстрое увеличение скорости спуска при спуске тяжелых грузов. Чтобы это избежать, крановщик нажатием на педаль SQ3 отключает блокировку первых положений контроллера до включения двигателя. Контакт К6 командоконтроллера SA1, замыкаясь, подготавливает цепь включения контактора КМ2, минуя контакт КТ1.

При установке командоконтроллера в положение 1 (Спуск) при замкнутом контакте КМ1 включаются контакты КМ2 и КМ3, а через второй контакт педали контактор КМ5. Двигатель работает с характеристикой 1С, обеспечивая небольшую скорость спуска тяжелого груза $wс2$. Одновременно контакты КМ3 и КМ5 включают реле КТ1, которое остается включенным во всех положениях спуска.

Схемой панели ТСА предусматривается автоматический контроль протекания переходных процессов пуска и торможения. При быстрой перестановке командоконтроллера из положения 0 в положение 4. (Подъем) срабатывают контакторы КМ2, КМ3, КМ5, КМ4, КМ7 и КМ8. Реле времени КТ2, включается в положении 0, удерживая разомкнутый свой контакт в цепи катушек КМ9 и КМ10. После включения КМ8 цепь реле КТ2 размыкается, и оно начинает отсчитывать выдержку времени. В течение этого времени двигатель ускоряется до первой скорости переключения $wп$ по характеристике 3П (см. рисунок 5.3). По истечении выдержки времени КТ2 его контакт замыкается, срабатывает контактор КМ9 и двигатель переходит на промежуточную пусковую характеристику 4П. Так как контакт КМ9 в цепи катушки КТ1 разомкнулся, реле КТ1 отсчитывает выдержку, времени, в течение которой двигатель ускоряется, до второй скорости переключения $wп2$. После замыкания размагничивающего контакта КТ1 в цепи катушки контактора КМ10. последний срабатывает, двигатель переходит на основную характеристику и разгоняется до установившейся скорости. При срабатывании контактора КМ10 становится на самопитание и другим вспомогательным контактом вновь подключает катушку КТ1 к напряжению выпрямителя.

Пуск в направлении спуска протекает аналогично по промежуточным пусковым характеристикам 4С' и 4С''.

При, быстрой перестановке командоконтроллера из положения 4 (Спуск) в нулевое благодаря выдержке времени реле КТ1 происходит торможение двигателя противовключением при одновременном наложении механического тормоза. Совмещение механического и электрического торможения исключает просадку груза, уменьшает износ механического тормоза.

Использование режима однофазного включения расширяет возможности регулирования скорости спуска легких и средних грузов. Однако жесткость всех механических характеристик (см. рисунок 5.3) при введении сопротивлений в цепь ротора невелика, поэтому требуемые малые скорости подъема и спуска различных грузов оператор поддерживает вручную кратковременными переключениями командоконтроллера, в соответствующие соседние положения. Например, при нагрузке, соответствующей моменту $M''_{ст1}$, скорость, спуска груза меньшую $w'''_{ст}$ (см. рисунок 5.3), оператор может поддерживать, переставляя командоконтроллер из положения 3С в положение 2С и обратно.

Более широкие возможности регулирования скорости подъема и спуска грузов обеспечиваются использованием двигателей постоянного тока с последовательным возбуждением.

Контрольные вопросы

1 Перечислите блокировки, применяющиеся в электрических схемах управления электроприводами мостовых кранов.

2 Какие защиты должны быть в схеме управления, и какими аппаратами они выполняются?

3 Как осуществить переход из режима тормозного спуска в режим работы со сверхсинхронной скоростью?

4 Объясните назначение сопротивления, постоянно включенного в цепь ротора.

5 Какие режимы работы обеспечивает панель управления типа ТСА? Привести механические характеристики.

6 Пояснить назначение реле КТ1.

7 Как в схеме панели ТСА обеспечивается контроль протекания переходных процессов пуска и торможения?

8 Пояснить режим однофазного торможения, его получение в схеме, назначение, механические характеристики.

6 Изучение основных типовых функциональных узлов автоматизированного электропривода механизмов одноковшовых экскаваторов

Цель работы: ознакомиться с электрооборудованием мощных экскаваторов, изучение систем автоматизированного электропривода, позволяющих сформировать желаемые механические характеристики.

Порядок выполнения работы

1 Изучить основные типовые функциональные узлы автоматизированного электропривода механизмов одноковшовых экскаваторов.

2 Составить отчёт по работе.

Краткие теоретические сведения

Основные механизмы одноковшовых экскаваторов средней и большой производительности оборудуются электроприводом, состоящим из электрического двигателя, передаточного механизма и системы управления электроприводом, как правило, представляющей собой замкнутую систему автоматического регулирования.

Режимы работы основных рабочих механизмов экскаватора характеризуются большим числом включений в течение цикла, резкими изменениями нагрузки, частым реверсированием и механическими толчками. Поэтому экскаваторный привод должен иметь легкое и плавное управление: развивать большой пусковой момент, обладать повышенной перегрузочной способностью, иметь широкий диапазон регулирования частоты вращения и быть реверсивным.

Важнейшей особенностью работы электроприводов экскаваторных механизмов, участвующих в процессе копания, является сильно меняющаяся во времени статическая нагрузка, которая может достигать очень больших значений. Недопустимые нагрузки (крупный валун в относительно мягком грунте, невзорванная скала и т. п.) в процессе копания способны, с одной стороны, вызвать поломку рабочих механизмов экскаваторов, а с другой – привести к опасным режимам для электрооборудования и даже выходу его из строя.

В настоящее время основным средством ограничения момента электропривода главных механизмов экскаваторов средней и большой производительности является использование привода с экскаваторной механической характеристикой.

Для формирования экскаваторной характеристики используются хорошие регулировочные свойства электродвигателя постоянного тока в системе генератор-двигатель с различными схемами возбуждения генераторов (ЭМУ, МУ, ТП) и в системе тиристорный преобразователь-двигатель. На экскаваторах драглайнах большой производительности для управления полем генератора часто применяются ЭМУ.

Автоматическое ограничение момента двигателя в период и автоматическое поддержание постоянства заданной частоты его вращения в установившихся режимах достигается построением замкнутой системы автоматического регулирования с обратной связью по напряжению и по току с отсечкой. Используется типовая структура системы автоматического регулирования – с суммирующим усилителем.

Схема управления возбуждением генератора в системе Г-Д с ЭМУ приведена на рисунке 6.1.

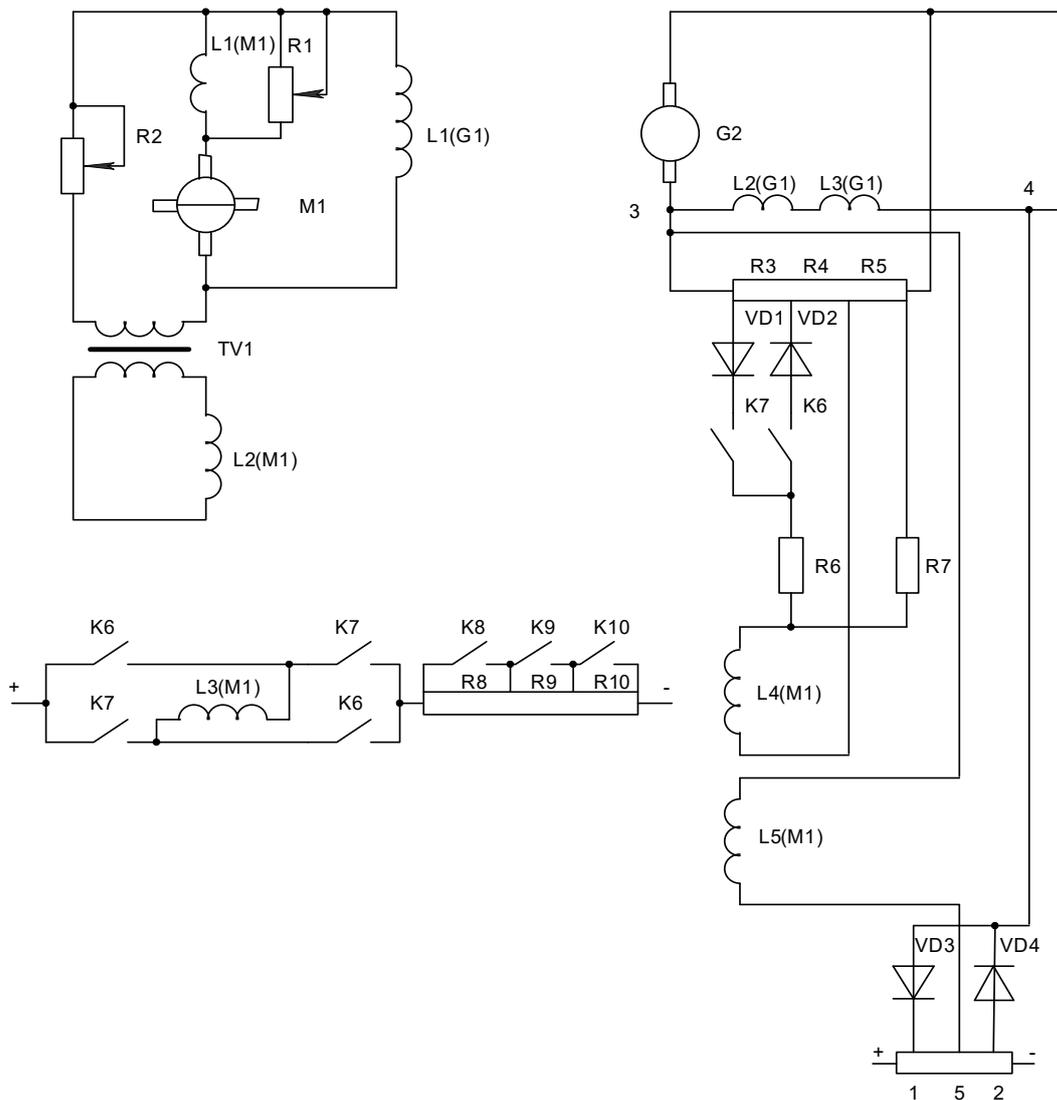


Рисунок 6.1 – Схема управления возбуждением генератора в системе Г-Д с ЭМУ

Обмотка возбуждения генератора ОВГ питается от ЭМУ поперечного поля, имеющего четыре обмотки управления: L3 (M1) – задающую, L2 (M1) – стабилизирующую, L4 (M1) и L5 (M1) – соответственно обратной связи по напряжению и току. Изменение полярности и величины напряжения на зажимах генератора может быть осуществлено включением контакторов управления K6 или K7 с последующим регулированием тока задающей обмотки контакторами K8–K10. Стабилизирующая обмотка предотвращает возможность

возникновения значительных колебаний в системе при переходных процессах. В статических режимах эта обмотка не обтекается током, т. к. ЭДС вторичной цепи стабилизирующего трансформатора TV1 равна нулю. Для формирования переходных процессов, поддержания постоянства скорости двигателя в рабочей зоне, а также для размагничивания ЭМУ при отключении задающей обмотки в схеме используется жесткая отрицательная обратная связь по напряжению, осуществляемая посредством обмотки L4 (M1). Намагничивающая сила (н. с.) задающей обмотки L3 (M1) выбирается в несколько раз большей, чем результирующая н. с. статического режима работы. В начальный момент пуска вследствие инерционности системы н. с. обмотки L4 (M1) равна нулю. ЭДС ЭМУ быстро возрастает за счет сильного действия обмотки L3 (M1) до величины в 2,0–2,5 раза большей установившегося значения, а затем снижается по мере роста ЭДС генератора и размагничивающего действия обмотки L4 (M1).

Для ограничения величины тока якоря при торможении реверсом обмотка L4 (M1) включается по специальной схеме. При пуске и нормальной работе двигателя обмотка L4 (M1) подключена параллельно сопротивлению R5. Сопротивление R6 при этом не обтекается током, так как соответствующая комбинация блокировочных контактов и вентиля обеспечивает разрыв цепи. Если осуществляется реверс двигателя, то ток в задающей обмотке меняет направление, однако, в первый момент напряжение на генераторе не меняет знака. При глухо соединенной обратной связи направление токов в обмотках L3 (M1) и L4 (M1) в этом случае совпадало бы, вследствие чего может возникнуть недопустимый по величине ток в якорной цепи.

В данной схеме в момент начала торможения реверсом обмотка L4 (M1) включается в диагональ моста, образованного сопротивлениями R4, R5, R6, R7. Величины эти: сопротивлений могут быть выбраны такими, при которых мост уравновешен, и ток в обмотке L4 (M1) отсутствует. Отключение отрицательной обратной связи по напряжению на период торможения при реверсе двигателя обеспечивает снижение тока якоря.

Назначение обмотки L5 (M1) усилителя состоит в том, что с ее помощью осуществляется жесткая отрицательная обратная связь по току с отсечкой. Указанная связь вступает в действие в переходных и установившихся режимах при токах якорной цепи, близких к стопорному значению. Напряжение сравнения U12 между точками 1 и 2 цепи потенциометра отсечки выбирается таким, чтобы при токе в главной цепи ниже тока отсечки падение напряжения на участке 3–4 было меньше U15 или U25. При таком отношении падений напряжений ток в обмотке L5 (M1) протекать не будет, т. к. в цепи установлен ventиль. Если ток в якорной цепи будет близок к стопорному, то U34 превысит, например, заданную величину U15 и в обмотке L5 (M1) появится ток, размагничивающий усилитель.

Более подробно схема электропривода механизма подъема экскаватора представлена на рисунке 6.2. Здесь генератор G1 питает два двигателя подъемной лебедки M1 и M2. Обмотка возбуждения L1 (G1) питается от ЭМУ, обмотки возбуждения двигателей L3 (M1) и L1 (M2) питаются от сети постоянного тока.

Для стабилизации переходных процессов в схеме предусмотрена гибкая обратная связь, осуществляемая стабилизирующими трансформаторами TV1 и TV2, первичные обмотки которых подключены соответственно к выходу усилителя и к зажимам якоря одного из двигателей.

Включение задающей обмотки ЭМУ L4 (M3) осуществляется контакторами K6 и K7, питание к катушкам которых подводится через контакты командоконтроллера SA1. Обмотка L3 (M3) подключается к главной цепи системы Г-Д и потенциометру сравнения. К обмотке L2 (M3) питание подводится от зажимов двигателя M2 через потенциометры R7 и R8.

Включение генератора производится после того, как будут пущены все вспомогательные двигатели, после чего включится блокировочный контакт K11. Необходимо также включить выключатель QF2. Если контакт командоконтроллера SA1 замкнут, то включится контактор поля двигателя K5 и на обмотки возбуждения двигателей будет подано напряжение. Вместе с тем, получит питание катушка тормоза YA1. Вслед за K5 могут быть включены контакторы K6 и K7 соответственно на подъем или спуск ковша. Величина тока в задающей обмотке регулируется контактами командоконтроллера шунтирующими по ступеням потенциометр R11.

При остановке двигателя для размагничивания усилителя в схеме предусмотрено изменение направления тока задающей обмотки. Так например, если был включен контактор K6, то после установки командоконтроллера в положение 0 вследствие того, что катушка, K4 находится под напряжением, получит питание катушка контактора K7. Последний будет включен, пока его не отключит реле K4, что произойдет при напряжении генератора, близком к нулю.

В схеме предусмотрена токовая защита, осуществляемая реле K2, размыкающий контакт которого включен в цепь катушки контакторов K6 и K7. Защита, отключающая двигатели при обрыве цепи возбуждения, производится реле K1. Его контакт включен параллельно контакту SA1 командоконтроллера.

Система Г-Д с ЭМУ получила широкое распространение на экскаваторах драглайнах, где мощность возбудителей составляет 10 кВт и выше. Она позволяет получить желаемую форму механических характеристик, быстрое протекание переходных процессов и удовлетворительные регулировочные качества. Однако, при указанных достоинствах системы следует отметить и ее существенные недостатки. Главными из них являются нестабильность характеристик вследствие остаточного намагничивания ЭМУ и склонность к колебаниям.

Ранее отмечалось, что для формирования переходных процессов напряжение ЭМУ во время их протекания значительно превышает номинальное напряжение обмотки возбуждения генератора. Следовательно, ЭМУ должен быть выбран с большим запасом по напряжению, и его, остаточное намагничивание будет относительно велико. Коэффициент усиления ЭМУ будет зависеть при этом от предшествующего режима работы. Последнее влечет за собой потерю стабильности характеристик системы.

Для получения стабильных характеристик необходимым является подавление остаточного намагничивания ЭМУ. Радикальным методом уменьшения петли гистерезиса ЭМУ является введение отрицательных обратных связей по напряжению ЭМУ, которые способствуют «сужению» петли гистерезиса, стабилизируя коэффициент усиления. Однако, введение сильной отрицательной обратной связи, уменьшая величину остаточного намагничивания ЭМУ, приводит к одновременному снижению величины коэффициента усиления, т. к. при одном и том же сигнале на задающей обмотке ЭДС на выходе усилителя будет меньше вследствие размагничивающего действия обратной связи. Снижение коэффициента усиления при высоких требованиях к коэффициенту заполнения экскаваторной характеристики системы является часто недопустимым. Поэтому для компенсации снижения коэффициента усиления на экскаваторах вводятся промежуточные магнитные усилители.

Контрольные вопросы

- 1 Какие недостатки системы Г-Д с ЭМУ и как их устранить?
- 2 Какова роль стабилизирующей обмотки ЭМУ?
- 3 Как формируются переходные процессы с использованием ЭМУ?
- 4 Как производится ограничение тока якоря при реверсе двигателя механизма подъема экскаваторов?
- 5 Как работает жесткая обратная связь по току с отсечкой?
- 6 Какие защиты и блокировки предусмотрены в схеме на рисунке 6.2?
- 7 Объяснить назначение реле К3 и К4 в схеме на рисунке 6.2.
- 8 Нарисовать механические характеристики системы для всех положений командоконтроллера на рисунке 6.2.
- 9 Пояснить формирование экскаваторной характеристики с различным коэффициентом заполнения в системе АЭП, представленной на рисунке 6.2.

7 Требования к оформлению отчётов по лабораторным работам

Индивидуальный отчёт по лабораторной работе выполняется на листах белой бумаги формата А4 в печатном виде с соблюдением следующих требований: шрифт – Times New Roman, размер – 14 pt, выравнивание по ширине, отступ абзаца – 1,25 см. Поля: левое – 3 см, правое – 1 см, верхнее и нижнее – 2 см.

Отчёт должен содержать следующие части:

- титульный лист;
- цель работы: изучение типовых схем управления автоматизированными электроприводами машин непрерывного действия;
- результат выполненного контрольного задания;
- выводы.

Отчёт по лабораторной работе должен быть представлен к защите на следующем занятии и является необходимым условием для получения зачёта по лабораторной работе.

Список литературы

1 **Ключев, В. И.** Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов / В. И. Ключев, В. М. Терехов. – Москва: Энергия, 1980. – 360 с.

2 **Белов, М. П.** Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: учебник / М. П. Белов, В. А. Новиков, Л. Н. Рассудов. – Москва: Академия, 2004. – 576 с.

3 Электропривод типовых производственных механизмов: учебное пособие для академ. бакалавриата / Ю. Н. Дементьев [и др.]. – Москва: Юрайт, 2018. – 403 с.

4 **Капунцов, Ю. Д.** Электрический привод промышленных и бытовых установок: учебное пособие / Ю. Д. Капунцов. – 2-е изд., стер. – Москва: МЭИ, 2010. – 224 с.

5 **Овсянников, Е. М.** Электрический привод: учебник / Е. М. Овсянников. – Москва: ФОРУМ, 2016. – 224 с.

6 **Шишов, О. В.** Технические средства автоматизации и управления: учебное пособие / О. В. Шишов. – Москва: ИНФРА-М, 2018. – 396 с.

7 **Иванов, А. А.** Автоматизация технологических процессов и производств: учебное пособие / А. А. Иванов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2018. – 224 с.

8 **Иванов, А. А.** Модернизация промышленных предприятий на базе современных систем автоматизации и управления: учебное пособие / А. А. Иванов. – Москва: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2019. – 384 с.