

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ  
И РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО Донской ГАУ)

АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ – ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. ЗЕРНОГРАДЕ  
(Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ)

Кафедра «Эксплуатация  
энергетического оборудования  
и электрические машины»

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД**

*Лабораторный практикум*

УДК [62-83:62-5:636](075.8)

*Печатается по решению методического совета энергетического факультета  
Азово-Черноморского инженерного института – филиала  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Донской государственный аграрный университет»  
в г. Зернограде*

**Рецензенты:**

кандидат технических наук, доцент **Токарева А.Н.**,  
кандидат технических наук, доцент **Литвинов В.Н.**

Автоматизированный электропривод: лабораторный практикум  
/ Е.А. Шабает, Н.Е. Пономарева, В.Н. Беленов, М.М. Романовец. – Зерноград:  
Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2022.  
– 39 с.

В практикуме рассмотрены вопросы, связанные с автоматизацией электроприводов в различных технологических процессах. Издание содержит методические указания для выполнения лабораторных работ по моделированию электрических схем автоматизированных систем управления электроприводами с использованием релейно-контактных аппаратов на лабораторном стенде «Эдельвейс-М».

Лабораторный практикум предназначен для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки бакалавриата «Теплоэнергетика и теплотехника» (профиль подготовки «Энергообеспечение предприятий») и «Электроэнергетика и электротехника» (профиль подготовки «Электроснабжение»).

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры ЭЭО и ЭМ.  
Протокол № 8 от 10.02.2022 г.

Рассмотрено и одобрено методическим советом энергетического факультета.  
Протокол № 4 от 24.02.2022 г.

© Шабает Е.А., Пономарева Н.Е.,  
В.Н. Беленов, М.М. Романовец, 2022  
© Азово-Черноморский инженерный  
институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2022

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>ПРАВИЛА РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА</b> .....	5
<b>ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ НА УСТАНОВКЕ «ЭДЕЛЬВЕЙС-М»</b> .....	6
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.</b> Исследование типовых звеньев электрических схем автоматизированного управления на лабораторной установке «ЭДЕЛЬВЕЙС-М» .....	7
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.</b> Моделирование схемы автоматизированного управления электроприводами поточной линии загрузки бункеров зерном .....	15
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.</b> Исследование автоматизированной системы управления насосной установкой башенного типа.....	22
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4.</b> Изучение схемы управления системой машин по переработке и выдаче на транспортное средство концентрированных кормов, силоса или их смеси.....	28
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5.</b> Логический анализ релейных схем. Аналитические способы построения релейных схем и схем с применением логических элементов.....	33
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	38

## ВВЕДЕНИЕ

Качественные изменения в производстве неразрывно связаны с применением различных машин и агрегатов, для привода которых зачастую используется электропривод. Важными достоинствами электропривода являются широкий диапазон мощностей и угловых скоростей вращения, доступность регулирования скорости, высокий КПД, простота его автоматизации и эксплуатации. Применение электропривода и автоматизация различных технологических электроустановок, используемых в различных сферах производства и сельского хозяйства, позволяют повысить надежность и увеличить срок службы технологического оборудования, облегчить и улучшить условия труда работающих, повысить безопасность труда, увеличить производительность и повысить качество работы оборудования.

В данном практикуме на примере нескольких технологических процессов авторы стремятся показать основные принципы разработки автоматизированных систем управления (АСУ) электроприводами на основе релейно-контактных аппаратов управления на примере наиболее характерных технологических процессов, с которыми студенты высших учебных заведений, обучающиеся по направлениям подготовки бакалавриата «Теплоэнергетика и теплотехника» (профиль подготовки «Энергообеспечение предприятий») и «Электроэнергетика и электротехника» (профиль подготовки «Электроснабжение») могут столкнуться в своей будущей практической деятельности.

Распространенной группой механизмов являются турбомеханизмы, к которым относятся насосы и вентиляторы. Насосы используют в системах водоснабжения, отопления и охлаждения для перекачки жидких сред. Вентиляторы применяют в системах вентиляции производственных помещений, принудительного охлаждения силового электрооборудования, в котельных при сжигании шлакующего топлива, жидкого и газообразного топлива, для дымоотведения. Среди других электропотребителей, имеющих широкое распространение в промышленности и сельском хозяйстве следует особо выделить электроприводы подъемно-транспортных механизмов.

Лабораторные работы являются одной из важнейших составных частей учебного процесса при формировании специалиста любого профиля. Лабораторная работа позволяет глубже воспринимать процессы, описываемые в теории, убеждаться на практике в достоверности теоретических закономерностей и относиться к ним с большим доверием.

Выполнение лабораторных работ по автоматизированному электроприводу позволит учащимся получить практические навыки общения с будущими производственными установками, выбора необходимого оборудования, составления, сборки и наладки цепей управления различными технологическими процессами и поточными линиями.

Тщательное выполнение лабораторных работ, осмысление и обобщение полученных результатов, оформление отчетов с соблюдением требований стандартов и ЕСКД обеспечат высокую эффективность познавательного процесса.

## ПРАВИЛА РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

1. К занятиям в лаборатории допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности и расписавшиеся в журнале.

2. Лабораторные работы выполняются на стендах бригадами студентов численностью не менее двух человек.

3. Перед выполнением лабораторной работы производится проверка подготовки студентов к данной работе. Для этого студент получает карточку с вопросами, на которые должен ответить устно или письменно. При успешном ответе и наличии бланков отчетов (тетрадей) с вычерченными схемами и таблицами студент допускается к выполнению лабораторной работы. При выполнении очередной лабораторной работы необходимо иметь также полностью оформленный отчет по предыдущей работе.

В противном случае студент не допускается к выполнению лабораторной работы.

4. После допуска к лабораторной работе студенты на установке «Эдельвейс-М» собирают схему моделирования исследуемой автоматизированной системы управления электроприводами. Собранный схема предъявляется для проверки преподавателю. По его разрешению студенты допускаются к отладке и проверке работы схемы в различных режимах.

5. Студент обязан бережно обращаться с оборудованием, аппаратурой и приборами. Запрещается делать какие-либо дополнительные надписи на приборах, стендах и столах.

6. Выполнив отладку схемы, студенты должны продемонстрировать правильную работу системы управления электроприводами на моделирующей установке «Эдельвейс-М». Разбирать схему можно только после разрешения преподавателя.

7. В случае нарушения внутреннего распорядка и техники безопасности студент отстраняется от выполнения лабораторной работы.

8. Повторное выполнение лабораторной работы возможно только при наличии разрешения заведующего кафедрой или декана факультета.

## **ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ НА УСТАНОВКЕ «ЭДЕЛЬВЕЙС-М»**

При выполнении лабораторных работ необходимо выполнять следующие правила безопасности.

1. Перед началом сборки схемы следует убедиться в том, что переключатель питания стенда находится в выключенном состоянии.

2. Производить сборку и разборку схемы на монтажной панели лабораторной установки «Эдельвейс-М» разрешается только при отключенном напряжении питания. Выполнять какие-либо пересоединения в схемах под напряжением запрещается.

3. Включение напряжения стенда производится только после проверки схемы преподавателем и с его разрешения, а также после предупреждения о включении всех студентов, выполняющих данную лабораторную работу.

4. Если в процессе работы требуется неоднократное включение и отключение установки, то эти операции должны выполняться только одним студентом. В аварийных случаях отключение стенда от напряжения питания может быть произведено любым из студентов.

5. Запрещается касаться любых токоведущих частей лабораторной установки независимо от того, под каким напряжением они находятся.

6. Убедиться в исправности изоляции соединительных проводов. Не использовать провода без наконечников или штырей.

7. Обнаружив любую неисправность лабораторной установки «Эдельвейс-М», необходимо немедленно отключить питание стенда и сообщить об этом преподавателю.

8. Запрещается оставлять без надзора работающую лабораторную установку.

9. Студент несет персональную ответственность за нарушение порядка и правил безопасности в лаборатории.

## Лабораторная работа №1.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТИПОВЫХ ЗВЕНЬЕВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКЕ «ЭДЕЛЬВЕЙС-М»

**Цель работы:** ознакомить с электрооборудованием моделирующей установки «Эдельвейс-М»; изучить типовые звенья релейных схем автоматизированного управления электроприводами, развить навыки сборки и наладки данных схем путем их моделирования.

#### Общие сведения

Автоматизированную работу отдельных электропотребителей и поточных линий позволяют обеспечить схемы управления электроприводами.

*Поточная линия* представляет собой систему электрифицированных рабочих машин, механизмов и аппаратов, выполняющих один законченный технологический цикл, который характеризуется поточностью, непрерывностью и ритмичностью процесса.

*Система машин* – это совокупность разных рабочих машин, механизмов и аппаратов, увязанных между собой по производительности, скорости движения и времени действия для законченного технологического или производственного цикла. При этом через механизмы связи одна машина задает работу другой и таким образом обеспечиваются поточность производства, условия его автоматизации и безопасности в эксплуатации.

На рисунке 1.1 приведен пример схемы управления отдельным потребителем. Данная схема обеспечивает работу электродвигателя М1 в течение заданного промежутка времени с его последующим отключением.

Некоторые технологические процессы и поточные линии требуют, чтобы пуску технологического оборудования предшествовала звуковая и (или) световая сигнализация. На рисунке 1.2 изображен вариант реализации предупредительной сигнализации в схемах управления электроприводами.

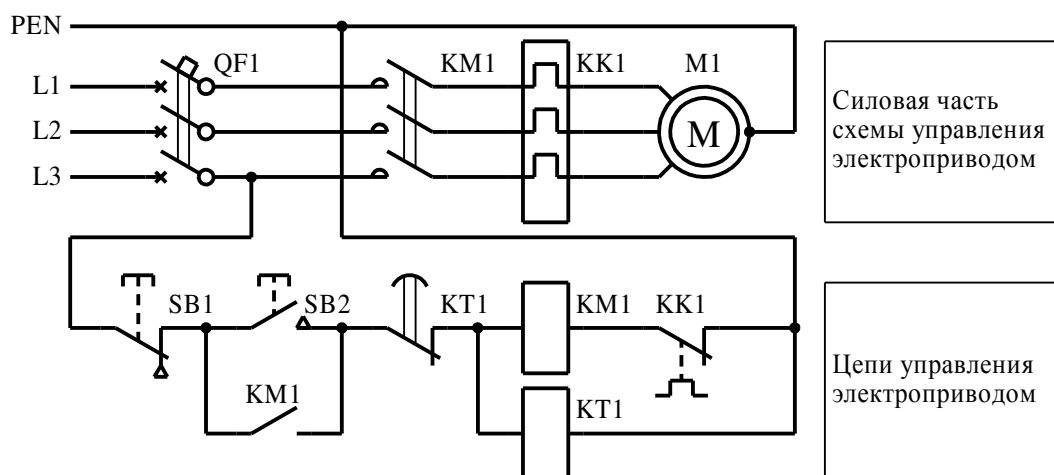


Рисунок 1.1 – Схема управления электроприводом с автоматическим ограничением времени работы электродвигателя

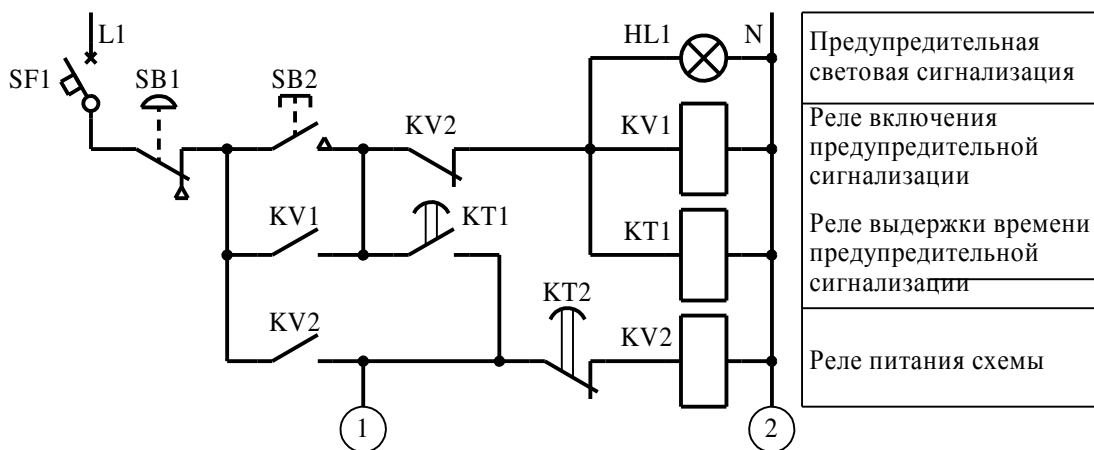


Рисунок 1.2 – Пускосигнальное звено

Для облегчения повторных запусков двигателей механизмов поточных технологических линий целесообразно использовать звено «рабочего останова» (рисунок 1.3). Элементы, входящие в состав данного звена, обеспечивают отключение механизмов с выдержкой времени, необходимой для их очистки от продукта. Таким образом, повторное включение механизмов, вследствие отсутствия в них продукта, происходит при существенно меньших нагрузках.

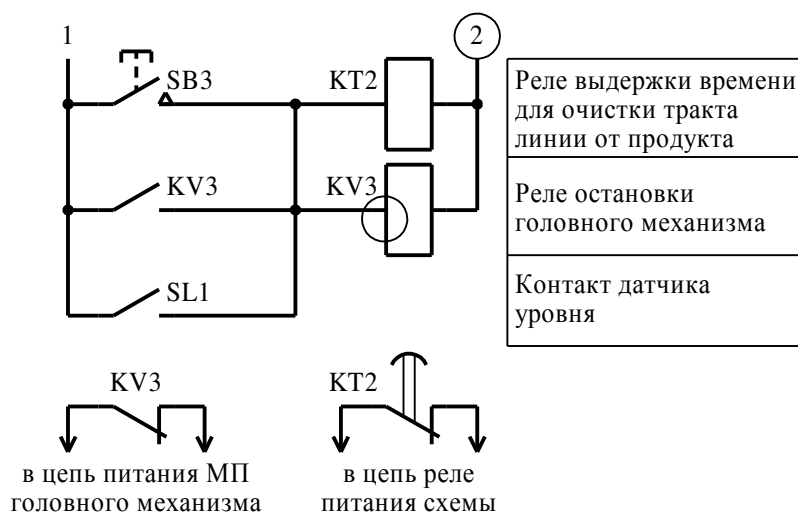


Рисунок 1.3 – Звено рабочего останова

Одной из задач управления электроприводом является осуществление его реверса при контроле конечных положений рабочих органов механизма. Иногда реверс электродвигателя требуется осуществлять с задержкой по времени для обеспечения гарантированного останова всех движущихся элементов электропривода. Такой функционал реализует схема управления, представленная на рисунке 1.4. Она позволяет произвести включение электродвигателя только по сигналу оператора при нажатии кнопок SB2 «Пуск вперед» или SB3 «Пуск назад», что обеспечивает блокировку от самозапуска электропривода. Крайние положения рабочих органов контролируются конечными выключателями SQ1 и SQ2. Задержка включения электродвигателя



при реверсе реализуется с помощью реле времени КТ1. С помощью промежуточного реле КV1 предотвращается самозапуск электропривода в случае нахождения рабочих органов механизма в одном из конечных положений.

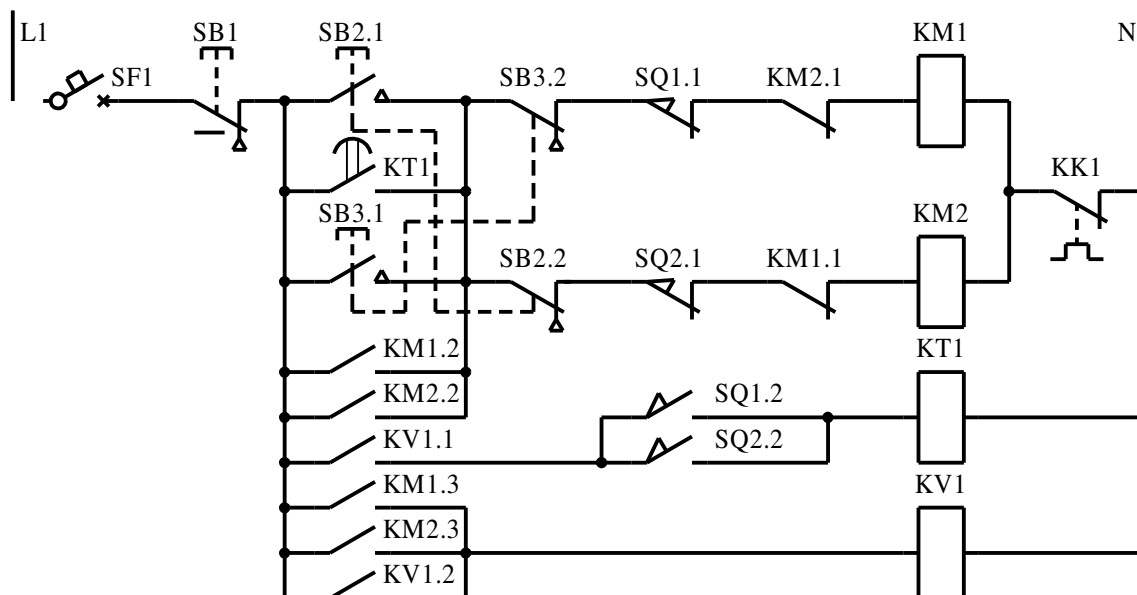


Рисунок 1.4 – Реверсивное звено с задержкой реверса и блокировкой от самозапуска электропривода

Оборудование лабораторного стенда «Эдельвейс-М» (рисунок 1.5) позволяет собрать и опробовать разнообразные узлы схем автоматизированного управления электроприводами сельскохозяйственных механизмов. На монтажной панели 1 (рисунок 1.6) стенда находятся разъемы, соединенные с выводами кнопок управления, тумблеров, пакетных переключателей; клеммы контактов и катушек реле времени, промежуточных реле, магнитных пускателей и тепловых реле.

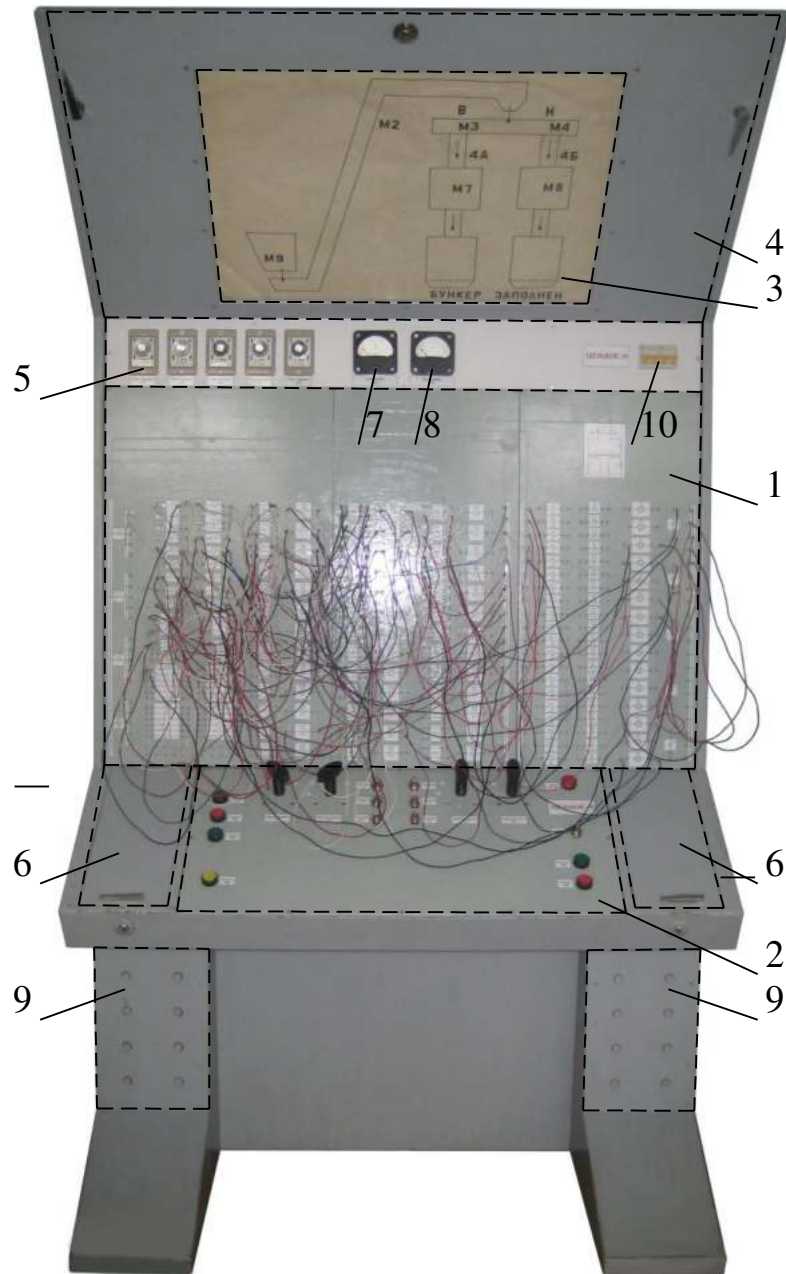
Кнопки, пакетные переключатели, тумблеры, выключатель и индикаторная лампа питания расположены на оперативной панели 2 (рисунок 1.5). Пакетные переключатели используются в схемах управления разветвленными поточными линиями, состоящими из нескольких относительно независимых технологических цепочек, в том случае, когда возникает необходимость выбора того, какие технологические цепочки в данный момент должны работать, а какие нет. Например, пакетные переключатели могут также использоваться при выборе направления движения механизмов.

С помощью имеющихся на стенде тумблеров может моделироваться работа разнообразных датчиков: конечных выключателей, датчиков уровня, давления, температуры и пр.

Сборка схем автоматизированного управления электроприводами для моделирования их работы производится на монтажной панели лабораторного стенда «Эдельвейс-М», с расположенными на ней разъемами выводов аппаратуры управления, защиты и сигнализации (рисунок 1.6) в соответствующих областях. Сведения по аппаратуре управления лабораторной установки представлены в таблице 1.1. Конфигурация контактов реле времени может быть

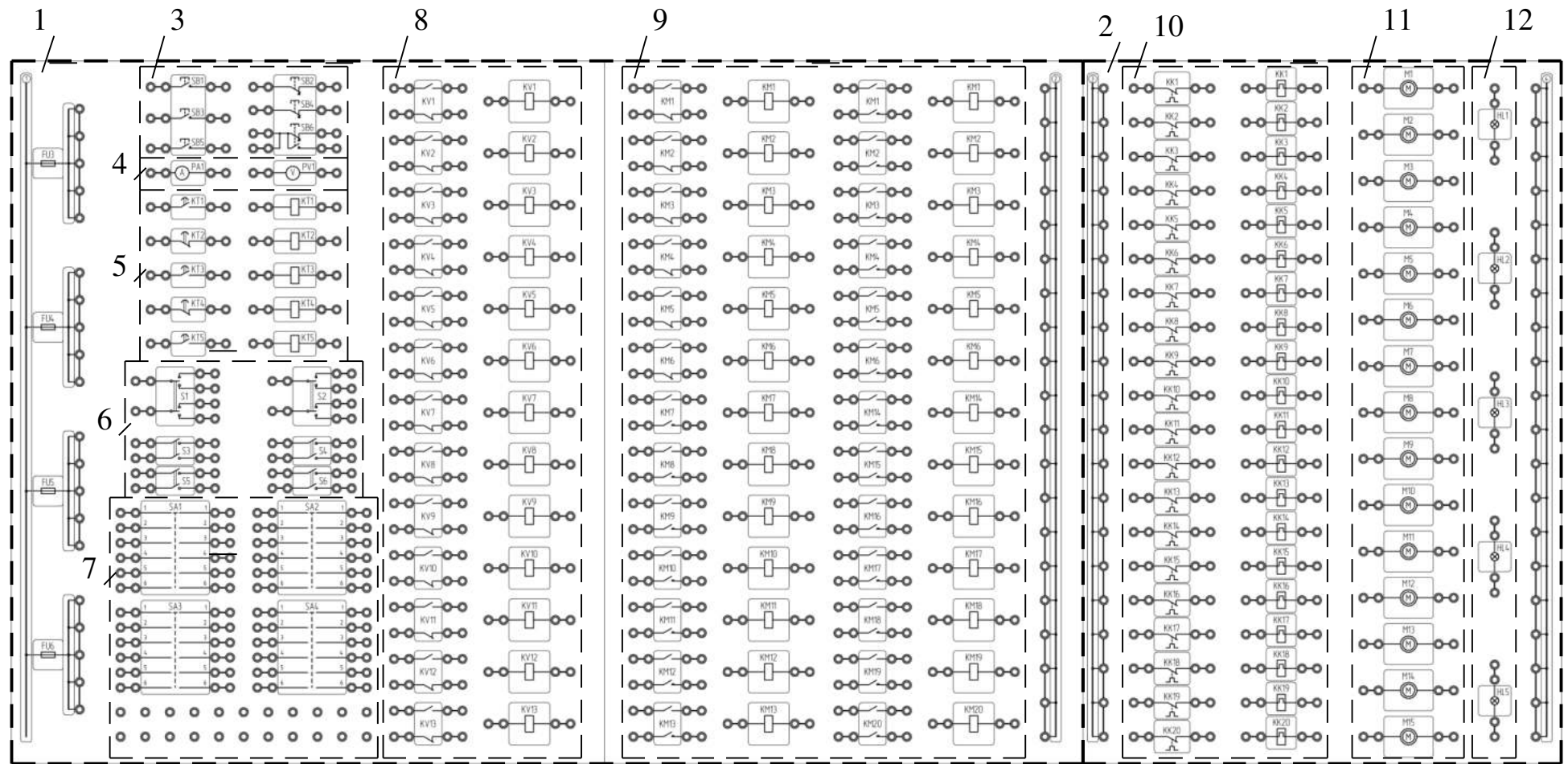
изменена, количество положений пакетных переключателей индивидуально для каждого стенда.

При составлении схем управления электроприводами целесообразно использовать типовые узлы (см. рисунки 1.2, 1.3 и др.), предварительно переработав их с учетом возможностей установки «Эдельвейс-М».



1 – монтажная панель; 2 – оперативная панель; 3 – окно со сменной мнемосхемой; 4 – верхняя откидная панель; 5 – электронные реле времени; 6 – ящики для монтажных проводников; 7 и 8 – измерительные вольтметр и амперметр; 9 – панели блоков предохранителей; 10 – автоматические выключатели защиты цепей управления и силовых цепей

Рисунок 1.5 – Внешний вид лабораторной установки «Эдельвейс-М»



зоны сборки цепей управления (1) и силовых цепей (2); области расположения выводов кнопок управления (3), измерительных приборов (4), реле времени (5), тумблеров (6), пакетных переключателей (7), промежуточных реле (8), магнитных пускателей (9), тепловых реле (10), приводных электродвигателей (11) и сигнальных ламп (12)

Рисунок 1.6 – Монтажная панель лабораторного стенда «Эдельвейс-М»

Таблица 1.1 – Аппаратура управления лабораторного стенда «Эдельвейс-М»

Аппарат управления, обозначение на стенде	Кол-во, шт.	Кол-во НО/НЗ контактов, шт.	Примечание
Магнитные пускатели, КМ1–КМ6	6	3/1	один из НО контактов силовой
Магнитные пускатели, КМ7–КМ20	14	2/0	один из НО контактов силовой
Промежуточные реле, КV1–КV13	13	1/1	
Реле времени, КТ1–КТ5	5	1/0 или 0/1	с выдержкой времени на срабатывание
Кнопки управления, SB1, SB3, SB5; SB2, SB4; SB6	6	1/0; 0/1; 1/1	
Тумблеры, S1, S2	2	2	перекидные контакты с фиксацией в среднем положении
Тумблеры, S3–S6	4	2/0	
Переключатели, SA1–SA4	4		на 6 направлений

Цепи управления и силовые цепи собираются каждая в своей области монтажной панели (соответственно, области 1 и 2 на рисунке 1.6). Сборку схем необходимо проводить сверху вниз и слева направо. При этом условно можно считать, что у элементов схемы слева и сверху находятся входы, справа и снизу – их выходы. Контроль работы отдельных цепей удобно осуществлять с помощью вольтметра, последовательно подключая его ко входам или выходам элементов схемы (рисунок 1.7).

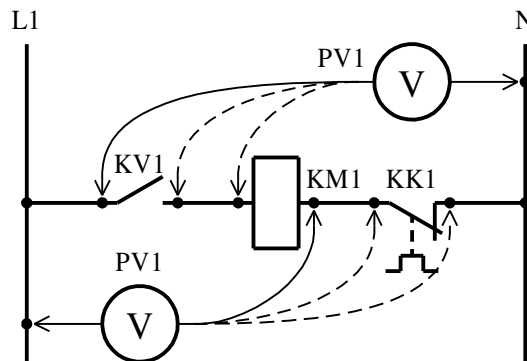


Рисунок 1.7 – Подключение вольтметра при контроле исправности элементов схемы и поиске в ней неисправностей

## Программа и методика выполнения лабораторной работы

1. Ознакомиться с электрооборудованием моделирующей лабораторной установки «Эдельвейс-М».

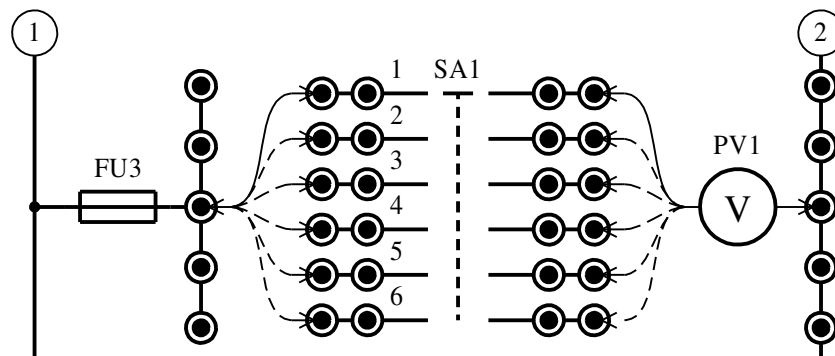


Рисунок 1.8 – Схема для снятия диаграммы замыканий переключателей

2. Снять диаграммы замыкания направлений универсальных переключателей, используя схему, приведенную на рисунке 1.8. С этой целью необходимо для каждого положения конкретного пакетного переключателя измерить напряжение на выходе соответствующего направления. В том случае, если направление является замкнутым, стрелка вольтметра отклонится и покажет напряжение сети 24 В, если направление разомкнуто – показания будут равны нулю. Диаграмму замыканий оформить в виде таблицы 1.2. Нумерацию направлений переключателей производить сверху вниз от 1 до 6.

Таблица 1.2 – Диаграммы замыканий пакетных переключателей

Обозначение пакетного переключателя на стенде	Номер положения переключателя	Номера направлений	
		замкнутых	разомкнутых
SA1	0		
	I		
	II		
	...		
SA2	0		
	I		
	II		
	...		
...			

3. Изучить электрические схемы типовых звеньев (рисунки 1.2, 1.3) и схемы, представленные на рисунках 1.4 и 1.9. Составить описание функционирования данных схем.

4. Собрать схему управления, изображенную на рисунке 1.9, проверить ее работоспособность. Для контроля работы электроприводов рабочих машин силовые контакты магнитных пускателей КМ1 и КМ2 задействовать в силовой схеме для коммутации питания электродвигателей М1 и М2.

5. Оформить отчет по лабораторной работе.

## Содержание отчета по лабораторной работе

1. Электрические схемы, изображенные на рисунках 1.1–1.4, 1.9, с описанием их работы.
2. Таблица замыкания направлений переключателей SA1–SA4.
3. Краткие выводы по работе.

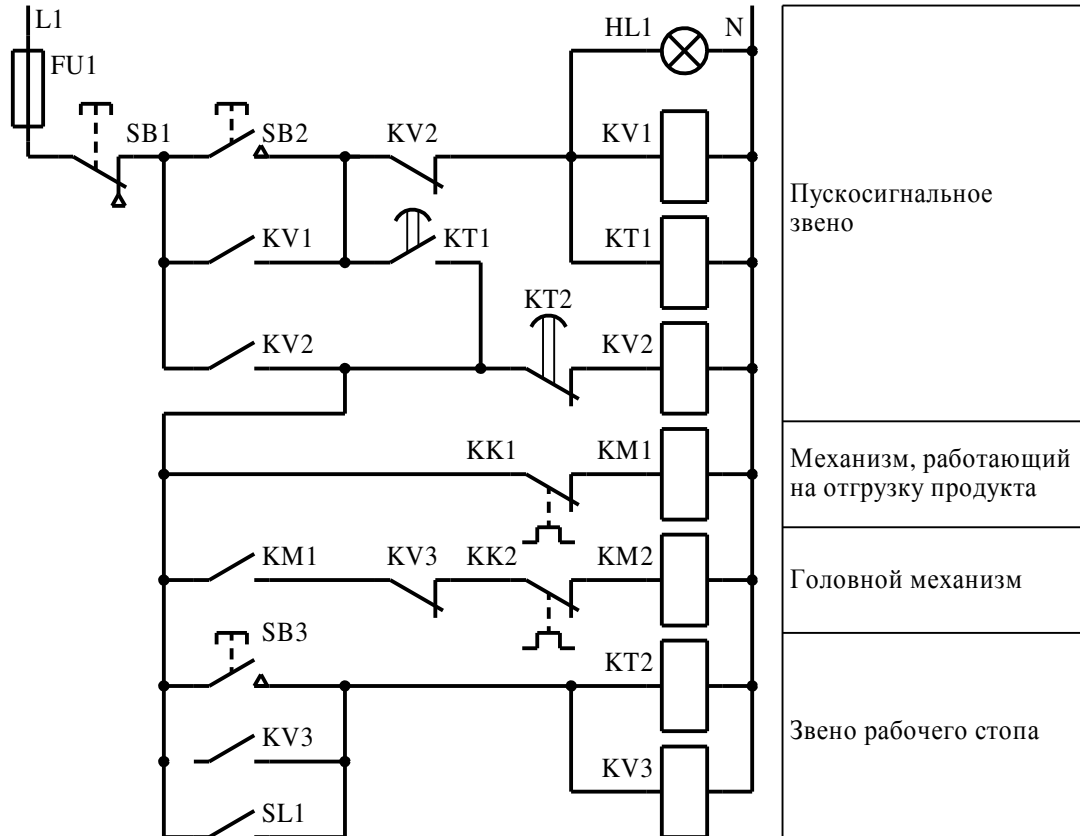


Рисунок 1.9 – Схема управления поточной линией, состоящей из двух механизмов

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение поточной линии. Что такое система машин?
2. Начертите схему управления электроприводом с автоматическим ограничением времени работы электродвигателя и поясните ее работу.
3. Начертите принципиальную схему звена предупредительной сигнализации, поясните ее работу.
4. Каким образом работает схема управления, изображенная на рисунке 1.4?
5. С какой целью предусмотрена задержка реверса электропривода в схеме, представленной на рисунке 1.4?
6. Что покажет вольтметр в схеме, представленной на рисунке 1.8, если первое направление переключателя замкнуто или разомкнуто?
7. Поясните работу схемы управления поточной линией, приведенной на рисунке 1.9.
8. Как будет выглядеть звено рабочего останова при использовании в нем реле времени, имеющего контакт с выдержкой времени на замыкание?

## Лабораторная работа №2.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ЗАГРУЗКИ БУНКЕРОВ ЗЕРНОМ

**Цель работы:** изучить основные требования, предъявляемые к схемам управления электроприводами поточных линий, и общих принципов составления данных схем; развить навыки сборки и наладки схем управления электроприводами методом моделирования их работы на установке «Эдельвейс-М» на примере поточной линии загрузки бункеров зерном.

#### Общие сведения

Исходя из основ комплексной электрификации и перспективы перевода сельского хозяйства на промышленный метод производства, подбор всех элементов поточных линий следует вести с учетом непрерывности и соответствующей ритмичности производства. При этом концентрация машин и оборудования, размещение их на различных отметках, в разных местах, взаимосвязь и регламентированная последовательность их работы обуславливают введение централизации и автоматизации управления и предъявляют *требования к схемам управления электроприводами:*

1. Пуску механизмов поточной линии должен предшествовать звуковой и (или) световой предупредительный сигнал, который длится 8...10 с.
2. В схемах управления электроприводами должна быть предусмотрена мгновенная остановка всех механизмов – аварийный стоп.
3. Для защиты от перегрузок электродвигателей и других механизмов в схеме должны быть предусмотрены защитные аппараты (например, тепловые реле) с размыкающими контактами в цепи катушек магнитных пускателей, управляющих электродвигателями и механизмами.
4. Пуск электродвигателей и аппаратов, последовательно включаемых машин и механизмов, должен производиться против движения продукта в тракте поточной линии. При пуске должны обеспечиваться условия разгона инерционных машин и механизмов.
5. Останов (рабочий стоп) осуществляется по ходу движения продукта в следующей последовательности: головной механизм (заслонка, шибер, затвор и др.), затем с выдержкой времени все машины, освободившиеся от продукта. При рабочем отключении схемы в первую очередь (без выдержки времени) должны отключаться все машины, работающие на загрузку линии, и с выдержкой времени – действующие на отгрузку.
6. Схемы управления должны быть простыми и надежными, иметь однотипные устройства с наименьшим количеством элементов.
7. Схемы должны обеспечивать гибкость и удобство управления. С помощью простых переключений переходить ко всем предусмотренным режимам работы с обеспечением световой и звуковой сигнализации. Например, для удобства управление осуществляют с нескольких мест.

8. Электрические схемы управления и блокировок составляют таким образом, чтобы обеспечить контроль неисправности схемы и быстрое нахождение неисправностей.
9. Схемы, наряду с рабочим режимом, должны иметь режимы для наладочных и ремонтных работ, то есть обеспечивать возможность включения отдельных электроприводов.
10. При большой протяженности поточной линии и (или) невозможности визуального контроля работы отдельных ее элементов необходимо предусмотреть световую сигнализацию функционирования всех машин и механизмов. В схемах управления линиями с большим количеством элементов для наглядности используют мнемосхемы со световой сигнализацией.

Рассмотрим работу автоматизированной системы управления электроприводами поточной линии на примере процесса загрузки бункеров зерном, технологическая схема которой представлена на рисунке 2.1. В состав данной поточной линии входят:

- завальная яма, снизу которой установлен секторный затвор 1 с электродвигательным приводом;
- зерновая нория 2;
- реверсивный надбункерный шнек 3;
- электромагнитные плоские надбункерные затворы 4А и 4Б;
- бункеры 5А и 5Б для хранения зерна с мембранными датчиками верхнего уровня 6А и 6Б.

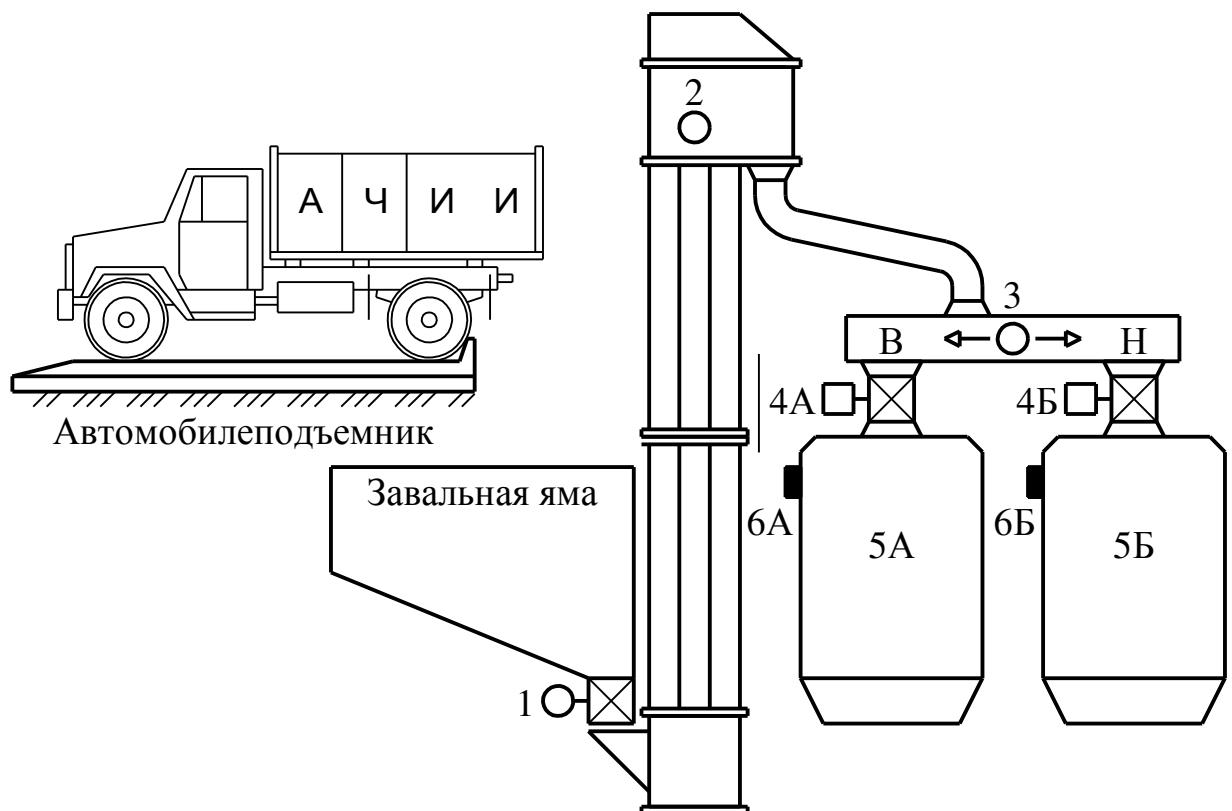


Рисунок 2.1 – Технологическая схема поточной линии загрузки бункеров зерном



Зерно из автомашины сгружается в завальную яму с помощью автомобилеподъемника. Из завальной ямы через секторный затвор 1 зерно поступает в норию 2. Далее оно поднимается норией и выгружается в реверсивный надбункерный шнек 3. Реверсивным надбункерным шнеком 3 зерно через открывающиеся электромагнитные плоские затворы 4А или 4Б загружается в бункеры кормоцеха 5А или 5Б.

Данной технологической схемой предусмотрено два режима работы:

- заполнение зерном бункера 5А (1 поток: 1→2→3В→4А→5А);
- заполнение зерном бункера 5Б (2 поток: 1→2→3Н→4Б→5Б).

Электрическая схема системы управления, составленная с учетом требований, предъявляемых к схемам управления электроприводами поточных линий, представлена на рисунках 2.2–2.4. В нее входят следующие элементы:

- выключатель нагрузки QW1;
- электромагниты YA1 и YA2 плоских затворов 4А и 4Б;
- приводные электродвигатели M1–M3;
- автоматические выключатели QF1–QF5 и SF1 для защиты силовых цепей с электроприводами и цепей управления;
- магнитные пускатели (МП) KM1–KM6;
- тепловые реле КК1–КК3, защищающие электродвигатели от перегрузки;
- кнопки управления: SB1 – «Стоп», SB2 – «Пуск», SB3 – «Останов»;
- переключатель SA1 «Выбор бункера»;
- контакты SL1 и SL2 датчиков 6А и 6Б верхнего уровня зерна в бункерах;
- реле времени КТ1, КТ2;
- промежуточные реле KV1, KV2;
- сигнальные лампы HL1–HL9.

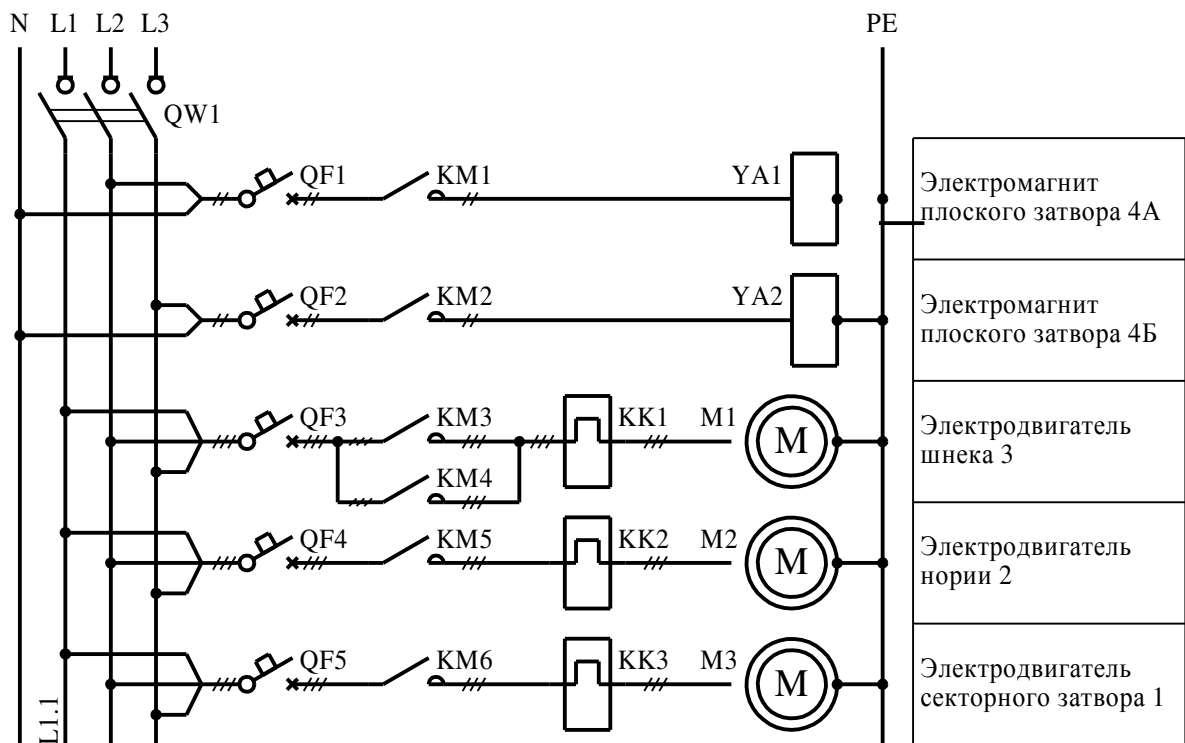


Рисунок 2.2 – Силовая схема системы управления загрузкой бункеров зерном

С помощью трехпозиционного переключателя SA1 производится выбор наполняемого бункера. При повороте рукоятки SA1 в крайнее левое положение замкнуто его направление «1» (режим заполнения бункера 5А), в крайнем правом – направление «2» (режим заполнения бункера 5Б).

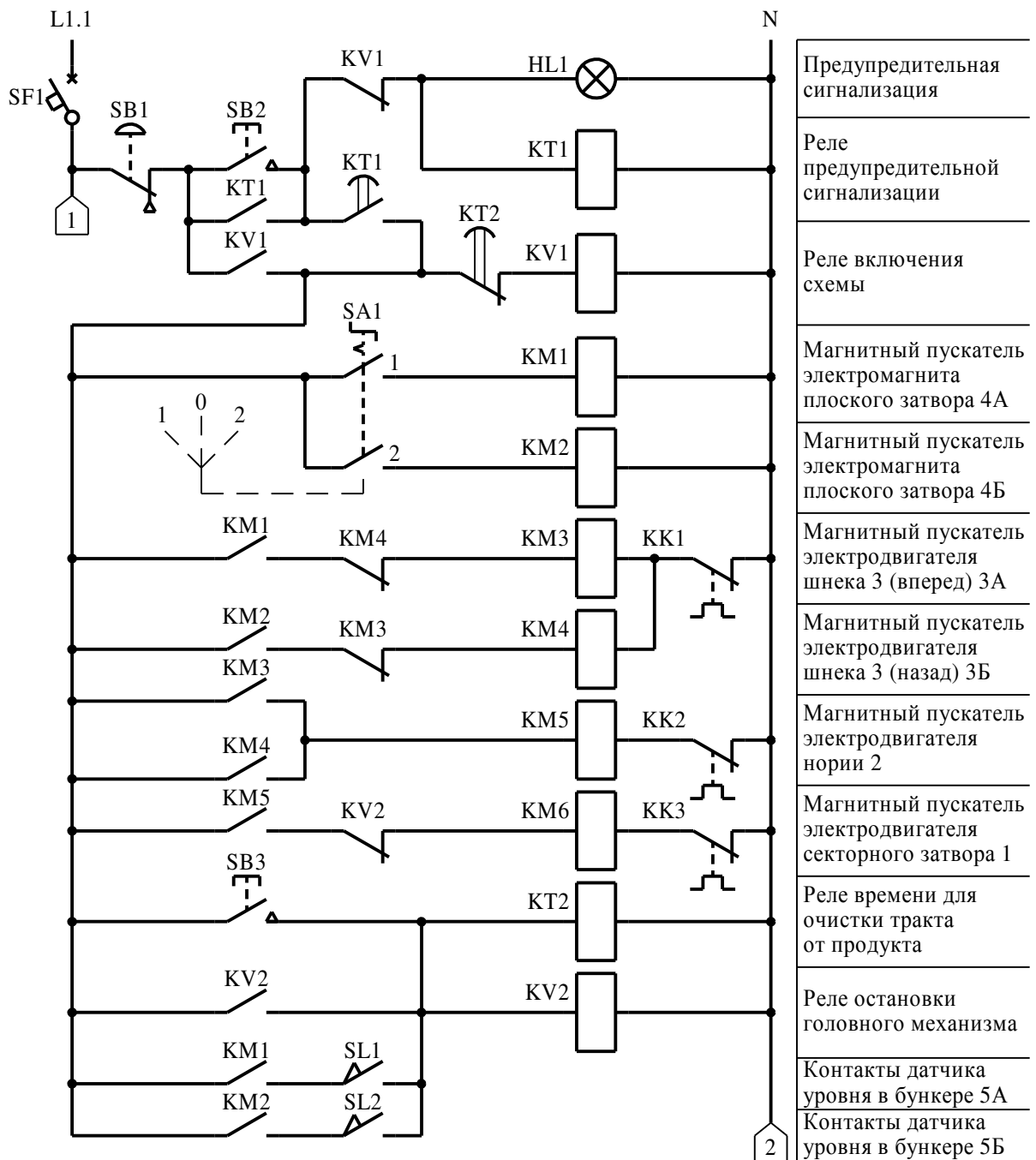


Рисунок 2.3 – Электрическая схема управления загрузкой бункеров зерном

Рассмотрим работу схемы при заполнении бункера 5А, замкнутом направлении «1» переключателя SA1.

После предварительного выбора наполняемого бункера нажатием кнопки SB2 «Пуск» осуществляется запуск системы. При этом через замкнутый контакт SB1 получают питание катушка реле времени KT1 и сигнальная лампа HL1. Своим контактом без выдержки времени реле KT1 ставится на

самоудержание и производит отсчет выдержки времени, в течение которой лампа HL1 светится (предварительная световая сигнализация), оповещающая обслуживающий персонал о последующем запуске поточной линии.

По истечении заданной выдержки времени (8...10 с) замыкается контакт КТ1, который подает напряжение на катушку промежуточного реле KV1. Своим замыкающим контактом KV1 ставится на самоудержание, а размыкающим контактом KV1 разрывает цепи катушки реле времени КТ1 и сигнальной лампы HL1 – подача предупредительного сигнала прекращается.

Одновременно замыкающий контакт промежуточного реле KV1 через контакт направления «1» переключателя SA1 подает напряжение на катушку магнитного пускателя KM1. Своими силовыми контактами магнитный пускатель KM1 замыкает цепь питания электромагнита YA1 плоского затвора 4А, что приводит к его открытию. Дополнительный контакт KM1, замкнувшись, подает питание на катушку магнитного пускателя KM3. Включается электродвигатель M1 шнека 3 для движения его вперед. Пускатель KM3 своим контактом подает напряжение на катушку KM5. После срабатывания магнитного пускателя KM5 включается электродвигатель M2 нории 2. Дополнительный контакт KM5 замыкает цепь питания катушки магнитного пускателя KM6. При включении магнитного пускателя KM6 начинает работать приводной электродвигатель M3 секторного затвора 1, через который зерно из завальной ямы поступает в тракт поточной линии. Норией 2 продукт направляется к шнеку 3, который перемещает его в прямом направлении к заслонке 4А, и через нее зерно сыпается в бункер 5А, производится его заполнение. Таким образом, пуск механизмов линии загрузки бункеров зерном производится последовательно против движения продукта в тракте.

При заполнении бункера 5А срабатывает датчик 6А верхнего уровня зерна, установленный в данном бункере, замыкается его контакт SL1. Через замкнутые контакты KM1 и SL1 подается питание на катушки реле KV2 и КТ2. Замыкающий контакт KV2 устанавливает промежуточное реле KV2 на самоудержание. Контакт KV2 в цепи питания катушки магнитного пускателя KM6 размыкается. Данный МП отключается и размыкает свои силовые контакты в цепи электродвигателя M3, что приводит к прекращению работы секторного затвора 1 завальной ямы. Перекрывается подача зерна в норию 2. Через выдержку времени, необходимую для очистки тракта от продукта, реле времени КТ2 размыкает свой контакт в цепи питания промежуточного реле KV1. При этом разомкнется контакт KV1, подающий питание на катушки магнитных пускателей электроприводов линии, что приведет к отключению всех механизмов, и вернет схему в исходное состояние.

Схемой предусмотрена рабочая остановка механизмов поточной линии по сигналу оператора. Для этого необходимо нажать кнопку SB3 «Останов». Отключение схемы произойдет аналогично случаю срабатывания датчика верхнего уровня SL1.

Аварийное отключение механизмов поточной линии осуществляется нажатием кнопки SB1 «Стоп», которая обесточивает цепь питания катушек

магнитных пускателей, что приводит к их отключению и прекращению работы всех электроприводов.

Защита от одновременной подачи питания на катушки магнитных пускателей КМ3 и КМ4 реверсивного шнека 3 осуществляется электрической блокировкой с использованием размыкающих контактов КМ4 и КМ3 в цепи соответствующих катушек магнитных пускателей КМ3 и КМ4.

Последовательно с контактами датчиков уровня SL1 и SL2 установлены дополнительные контакты магнитных пускателей КМ1 и КМ2 с целью избирательности схемы только к сигналу датчика, который установлен в заполняемом бункере.

Световая сигнализация работы механизмов поточной линии реализована на сигнальных лампах HL4–HL9 (рисунок 2.4). При срабатывании магнитного пускателя какого-либо электропривода, через его дополнительный замыкающий контакт подается питание на соответствующую лампу. Светящаяся лампа на мнемосхеме сигнализирует о работе данного электропривода.

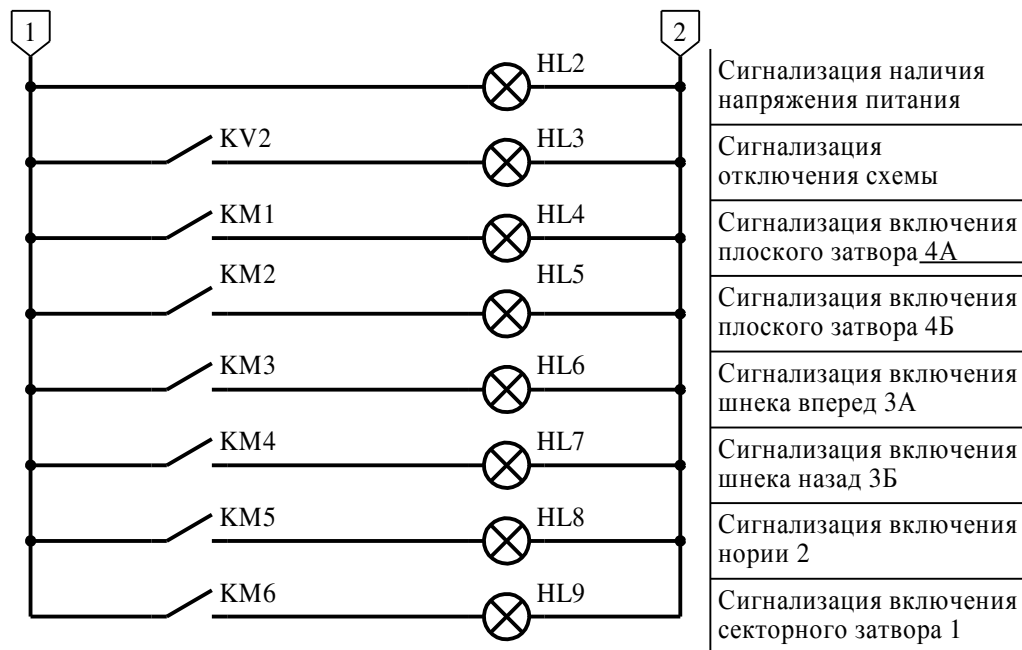


Рисунок 2.4 – Схема сигнализации системы управления загрузкой бункеров зерном

Сигнализацию подачи питания в схему системы управления с помощью выключателя нагрузки QW1 осуществляет сигнальная лампа HL2. Лампа HL3 оповещает оператора о процессе рабочего останова схемы управления электроприводами.

### Программа и методика выполнения лабораторной работы

1. Ознакомиться с общими сведениями о поточных линиях и требованиями, которые предъявляются к схемам управления их электроприводами.
2. Изучить технологический процесс загрузки бункеров зерном в соответствии со схемой, представленной на рисунке 2.1.

3. Изучить систему управления поточной линией загрузки бункеров зерном, электрические схемы которой приведены на рисунках 2.2–2.4.

4. Внести изменения в исходную схему управления электроприводами (рисунок 2.3) в соответствии с возможностями конкретного лабораторного стенда «Эдельвейс-М», на котором выполняется работа.

5. Произвести сборку откорректированной схемы управления и проверить ее функционирование в различных режимах работы.

6. Провести анализ проделанной работы и сделать краткие выводы.

7. Оформить отчет по лабораторной работе.

### **Содержание отчета по лабораторной работе**

1. Технологическая схема поточной линии загрузки бункеров зерном с кратким описанием ее работы.

2. Откорректированная схема управления поточной линией загрузки бункеров зерном.

3. Краткие выводы по работе.

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите и поясните требования безопасности для схем управления электроприводами механизмов поточных линий.
2. В чем заключаются технологические требования, предъявляемые к схемам управления электроприводами поточных линий?
3. Назовите основные технические требования, предъявляемые к схемам управления электроприводами поточных линий.
4. Поясните работу автоматизированной системы управления электроприводами поточной линии загрузки бункеров зерном.
5. Как работает электрическая схема управления при загрузке зерна в бункеры 5А или 5Б?
6. Поясните назначение и работу пускосигнального звена в схеме управления, приведенной на рисунке 2.3.
7. Возможна ли загрузка продукта одновременно в оба бункера?
8. Что произойдет при переключении рукоятки переключателя SA1 в работающей схеме? Можно ли это делать?
9. Поясните работу схемы при нажатии кнопки «Останов».
10. Как происходит отключение механизмов при заполнении бункера зерном и срабатывании датчика верхнего уровня?
11. Каково назначение размыкающих контактов KM4 и KM3 в цепях питания катушек магнитных пускателей KM3 и KM4?
12. Для чего необходимы замыкающиеся контакты KM1 и KM2, установленные последовательно с контактами датчиков уровня SL1 и SL2.

### Лабораторная работа №3.

## ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНОЙ УСТАНОВКОЙ БАШЕННОГО ТИПА

**Цель работы:** изучить принципы автоматизации водоснабжающих установок; развить навыки разработки, сборки и наладки схем управления насосных установок башенного типа.

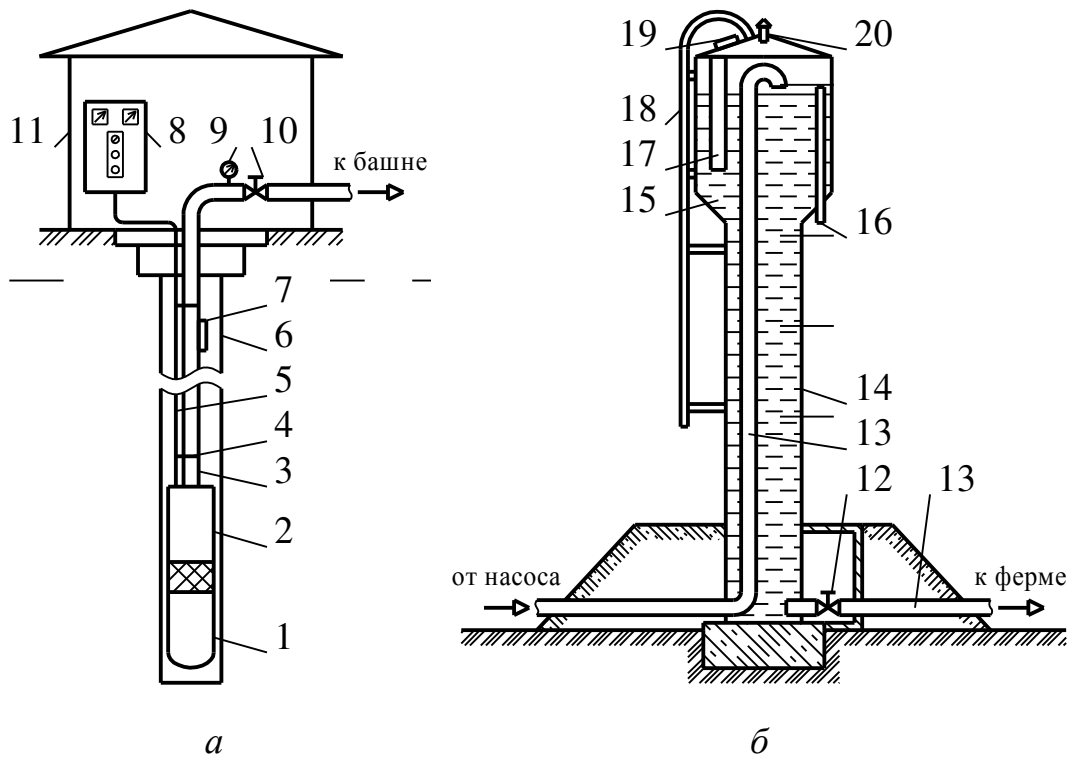
### Общие сведения

Вода широко используется для нужд населения и поения животных, приготовления пищи и кормов, в системах отопления, полива растений, тушения пожаров и других производственных целей. Для подъема и раздачи воды применяют водонасосные установки, состоящие из водоприемников, очистительных сооружений, резервуаров чистой воды или водонапорных башен, соединительной водопроводной сети и электронасосов со станциями управления.

Применяются водонасосные установки трех типов: башенные с водонапорным баком, безбашенные с водонапорным котлом и с непосредственной подачей воды в водопроводную сеть. В преобладающем большинстве случаев используют водонасосные установки башенного типа. При большом расходе воды рекомендуют двухагрегатные насосные станции с водонапорным котлом или установки с непосредственной подачей воды в распределительную сеть. До 90% насосных установок сельскохозяйственного водоснабжения составляют башенные водокачки Рожновского с погружными электронасосами типа ЭЦВ (рисунок 3.1).

Автоматизация насосных станций предусматривает автоматический пуск и остановку насосов, включение насосов по определенной программе, автоматическое регулирование подачи насосов, включение резервного насоса, защиту электродвигателей, сигнализацию нормальной работы и аварийной остановки, измерение давления, уровня воды, силы тока двигателя, напряжения. Для водонасосных установок башенного типа предусматривают автоматическое управление в зависимости от уровня воды в приемном резервуаре (башне), защиту электронасосного агрегата от «сухого хода», защиту электродвигателя от перегрузки, от работы на двух фазах и короткого замыкания, сигнализацию нормальной работы и аварийного отключения, измерение тока в цепи двигателя, измерение давления в магистрали.

Контроль уровня воды в баке водонапорной башни осуществляется кондуктометрическими датчиками. Принцип работы таких датчиков основан на свойстве воды проводить электрический ток. На электроды датчиков подают пониженное напряжение, не более 24 В. Уровня сигнала датчиков недостаточно для прямого управления электромагнитными реле и магнитными пускателями, поэтому для усиления и преобразования сигналов кондуктометрических датчиков используют специальные устройства, например, блок согласования кондуктометрических датчиков ОВЕН БКК1-220 (рисунок 3.2).



1 – электродвигатель; 2 – насос; 3 – водоподъемная труба; 4 – хомут; 5 – электрический кабель; 6 – скважина; 7 – датчик давления воды; 8 – шкаф управления электронасосным агрегатом; 9 – манометр; 10, 12 – задвижки; 11 – помещение насосной станции; 13 – трубопроводы; 14 и 15 – ствол и бак водонапорной башни; 16 – водосливная труба; 17 – датчики уровня воды; 18 – лестница; 19 – люк; 20 – клапан

Рисунок 3.1 – Скважина с погружным электронасосом (а) и водонапорная башня Рожновского (б)

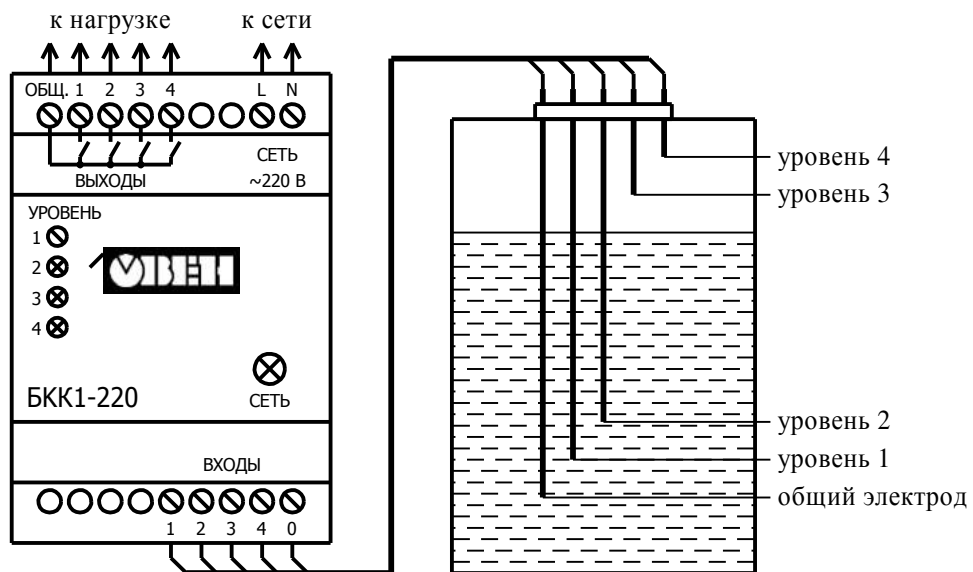


Рисунок 3.2 – Подключение блока согласования кондуктометрических датчиков ОВЕН БКК1-220

Ко входам устройства БКК1-220 может быть подключен пятиэлектродный кондуктометрический датчик, четыре сигнальных электрода которого расположены в резервуаре на заданных по условиям технологического процесса отметках. Питание датчика уровня осуществляется переменным напряжением не более 10 В, частотой 1,5...2,5 Гц. Дискретные выходы устройства выполнены на четырех электромагнитных реле с замыкающими контактами, способными коммутировать ток нагрузки до 2 А при 240 В. При достижении водой уровня сигнального электрода кондуктометрического датчика срабатывает выходное реле соответствующего канала измерения. Размыкание контакта электромагнитного реле происходит при «осушении» сигнального электрода. На лицевой панели БКК1-220 (рисунок 3.2) имеются элементы сигнализации напряжения питания и уровня воды.

Электроды датчиков уровня, используемых для контроля уровня воды в водонапорных башнях, имеют защитный кожух. Внутри центрального электрода расположен нагревательный элемент, который включают в холодное время года для исключения обмерзания электродов и отказа их работы.

Основная задача системы автоматизированного электропривода погружного насоса башенной насосной установки заключается в поддержании заданного уровня воды в баке в пределах от минимального до максимального. Для данной цели достаточно трехэлектродного кондуктометрического датчика. Крайние сигнальные электроды могут быть задействованы для сигнализации недостаточного напора насосного агрегата (уровень 1) и перелива воды (уровень 4).

Автоматический контроль давления воды в водоподъемной трубе осуществляется датчиком давления с целью защиты погружного электродвигателя от сухого хода, который возникает при недостаточном уровне воды в скважине. При включении электродвигателя за заданное время создается рабочее давление воды в водоподъемной трубе. Если давление недостаточное, то электродвигатель отключается в аварийном режиме и производится индикация аварийного режима «сухой ход».

Таким образом, система управления электродвигателем погружного насоса в штатном режиме должна функционировать следующим образом. Включение электропривода осуществляется при размыкании цепи второго сигнального электрода на уровне 2. Когда вода достигает уровня 3, происходит замыкание цепи с третьим сигнальным электродом, что приводит к срабатыванию электромагнитного реле на выходе 3 БКК1-220, при этом контакт данного реле замыкается, а электропривод насоса отключается. За счет расхода воды в системе водоснабжения уровень воды в баке уменьшается. Включение электропривода вновь происходит при снижении уровня воды ниже минимальной отметки. Если при работающем насосе уровень воды продолжает снижаться и достигает отметки «уровень 1», срабатывает сигнализация о недостаточном напоре электронасосного агрегата. В аварийном случае, когда не происходит штатного отключения электропривода при достижении уровня 3, вода продолжает заполнять бак и на отметке «уровень 4» срабатывает сигнализация, оповещающая оператора о переливе воды из бака.



### Основные требования, предъявляемые к схеме управления:

- предусмотреть автоматический и ручной режимы управления работой электропривода;
- в автоматическом режиме система управления должна поддерживать уровень воды в баке водонапорной башни в пределах от уровня 2 до уровня 3;
- обеспечить аварийное отключение электропривода и индикацию следующих аварийных режимов: «перегрузка», «перелив», «недостаточный напор», «сухой ход»;
- включение подогрева датчиков уровня в холодный период года;
- предупредительная сигнализация не требуется.

Один из вариантов реализации схемы управления водонапорной башней Рожновского в соответствии с требованиями, изложенными выше, представлен на рисунках 3.3 и 3.4.

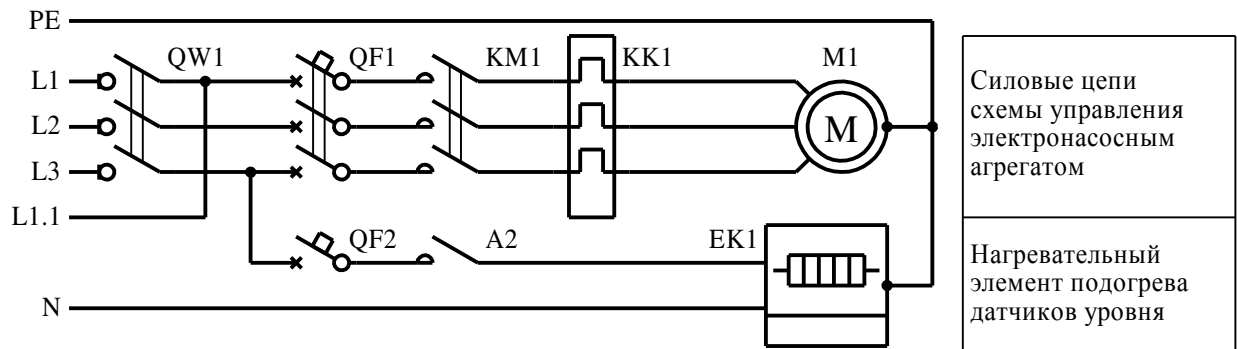


Рисунок 3.3 – Силовые цепи системы управления

Выбор режима работы ручной «Р» или автоматический «А» осуществляется переключателем SA1. Управление электроприводом в ручном режиме осуществляет оператор с помощью кнопок SB1 «Стоп» и SB2 «Пуск» через промежуточное реле KV5. В автоматическом режиме электронасосный агрегат включается/отключается в зависимости от уровня воды в баке водонапорной башни по сигналам датчиков SL2, SL3 через блок БКК1-220 А1 и промежуточные реле KV2, KV3 и KV6.

Сброс аварийного режима после устранения причин его возникновения осуществляется при отключении питания схемы управления с помощью выключателя нагрузки QW1 или автоматического выключателя SF1. Выявление аварийного режима «недостаточный напор» производится только в автоматическом режиме работы системы управления, поэтому заполнение пустой водонапорной башни можно произвести в ручном режиме.

Управление подогревом воды в пространстве нахождения электродов целесообразно осуществлять автоматически в зависимости от температуры окружающего воздуха с помощью терморегулятора А2, в качестве которого можно применить прибор ТРМ500-Щ2.30А. С помощью силового контакта ТРМ500 подает напряжение питания на нагревательный элемент ЕК1. Принудительное отключение подогрева в теплое время года осуществляется переключателем SA2.

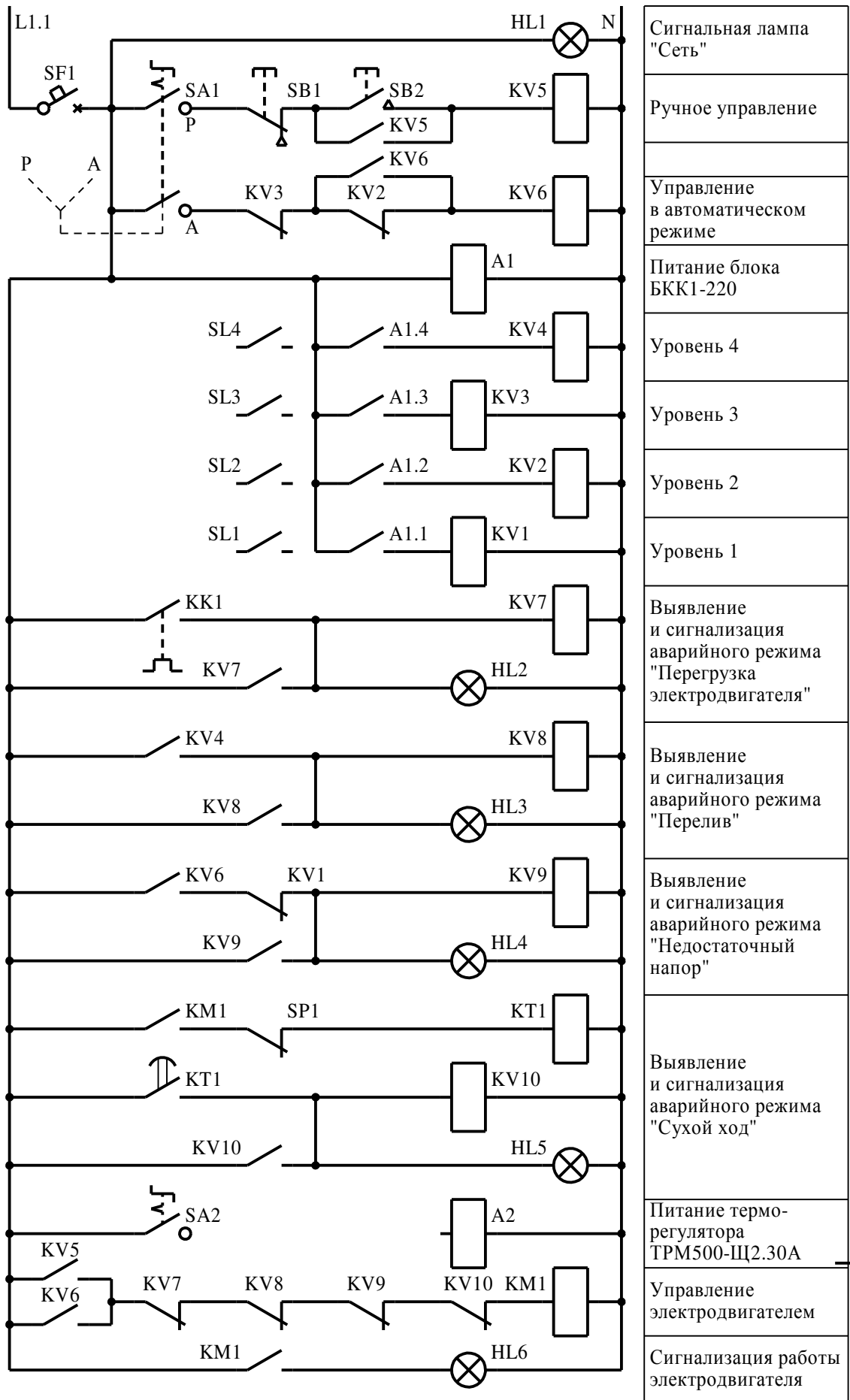


Рисунок 3.4 – Цепи управления и сигнализации системы управления

### **Программа и методика выполнения лабораторной работы**

1. Изучить технологическое оборудование башенных насосных установок и средств для их автоматизации.
2. Исследовать технологический процесс заполнения водонапорной башни водой погружным электронасосным агрегатом.
3. Проанализировать работу системы управления водонапорной башней Рожновского, схема которой представлена на рисунках 3.3 и 3.4.
4. При необходимости скорректировать электрическую схему управления, представленную на рисунке 3.4, в соответствии с возможностями электрооборудования стенда «Эдельвейс-М».
5. Привести краткое описание работы системы управления.
6. Собрать электрическую схему автоматизированного управления электроприводом и проверить ее работу в различных режимах.
7. Оформить отчет по лабораторной работе.

### **Содержание отчета по лабораторной работе**

1. Технологическая схема башенной насосной установки с кратким описанием принципов ее автоматизации.
2. Электрическая схема управления погружным электронасосным агрегатом (рисунки 3.3 и 3.4 с необходимыми корректировками), работающим на водонапорную башню Рожновского.
3. Описание работы скорректированной схемы управления.
4. Краткие выводы по работе.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие типы водонасосных установок применяются в промышленном и сельскохозяйственном производстве?
2. Назовите основное технологическое оборудование башенных насосных установок.
3. Какие функции предусматривает автоматизация насосных станций?
4. По какому параметру производится управление электроприводом погружного насоса башенной насосной установки?
5. Какие датчики и для каких целей используются при автоматизации насосных установок?
6. На каком принципе основана работа кондуктометрических датчиков уровня?
7. Каково назначение устройства ОВЕН БКК1-220?
8. Назовите основные неисправности и аварийные события, которые могут возникнуть в автоматических системах управления насосными установками башенного типа с погружным электронасосным агрегатом.
9. Поясните, каким образом работает схема управления по уровню электроприводом насосного агрегата.
10. В каком режиме работает электродвигатель погружного насоса?

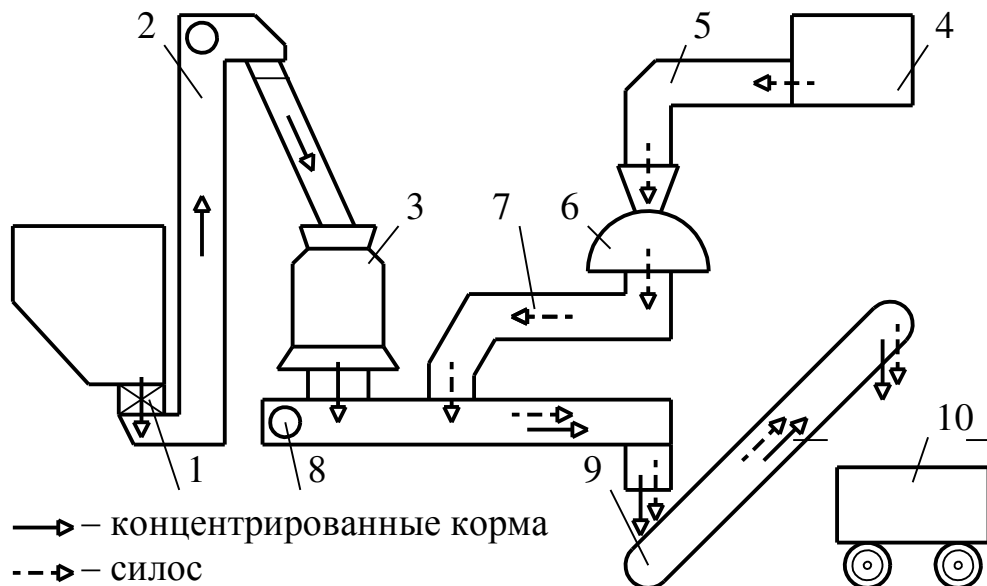
## Лабораторная работа №4.

### ИЗУЧЕНИЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ МАШИН ПО ПЕРЕРАБОТКЕ И ВЫДАЧЕ НА ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ, СИЛОСА ИЛИ ИХ СМЕСИ

**Цель работы:** изучить схемы автоматизированного управления электроприводами линий приготовления кормов, развить навыки проектирования, сборки и наладки данных электрических схем путем их моделирования.

#### Общие сведения

Схема технологического процесса переработки и выдачи на транспортное средство концентрированных кормов, силоса или их смеси представлена на рисунке 4.1.



1 – заслонка завальной ямы; 2 – нория зерна; 3 – дробилка; 4 – бункер-питатель; 5 – транспортер неизмельченного силоса; 6 – соломосилосорезка; 7 – транспортер измельченного силоса; 8 – транспортер-смеситель кормов; 9 – выгрузной транспортер; 10 – кормораздатчик

Рисунок 4.1 – Технологическая схема переработки и выдачи на транспортное средство концентрированных кормов, силоса или их смеси

Технологический процесс предусматривает наличие двух потоков продуктов в линии (рисунок 4.1).

Первый поток: из завальной ямы через заслонку 1 зерно норией 2 подается в дробилку 3. Полученная дерть поступает далее в смеситель 8 и на выгрузной транспортер 9, а затем в раздатчик кормов 10.

Второй поток: силос из бункера-питателя 4 скребковым транспортером 5 подается в соломосилосорезку 6. Измельченный силос скребковым транспортером 7 подается в смеситель 8, затем на выгрузной скребковый транспортер 9 и в раздатчик кормов 10.

### Основные требования к схеме управления:

- предусмотреть совместную и раздельную работу обоих потоков продуктов;
- пуску поточной линии должен предшествовать предупредительный сигнал;
- включение машин и механизмов, находящихся по потоку до дробилки и соломосилосорезки, должно осуществляться с выдержками времени, необходимых для разгона последних;
- отключение схемы должно происходить в ручном режиме по сигналу оператора и в автоматическом – при заполнении кормораздатчика и срабатывании датчика уровня корма;
- остановка линии должна осуществляться после очистки тракта от продукта.

Для удобства нумерация в позиционном обозначении электроприводов, аппаратуры защиты, управления и сигнализации в схемах системы управления (рисунок 4.2–4.4) выполнена в соответствии с обозначениями технологического оборудования в исходной поточной линии, изображенной на рисунке 4.1.

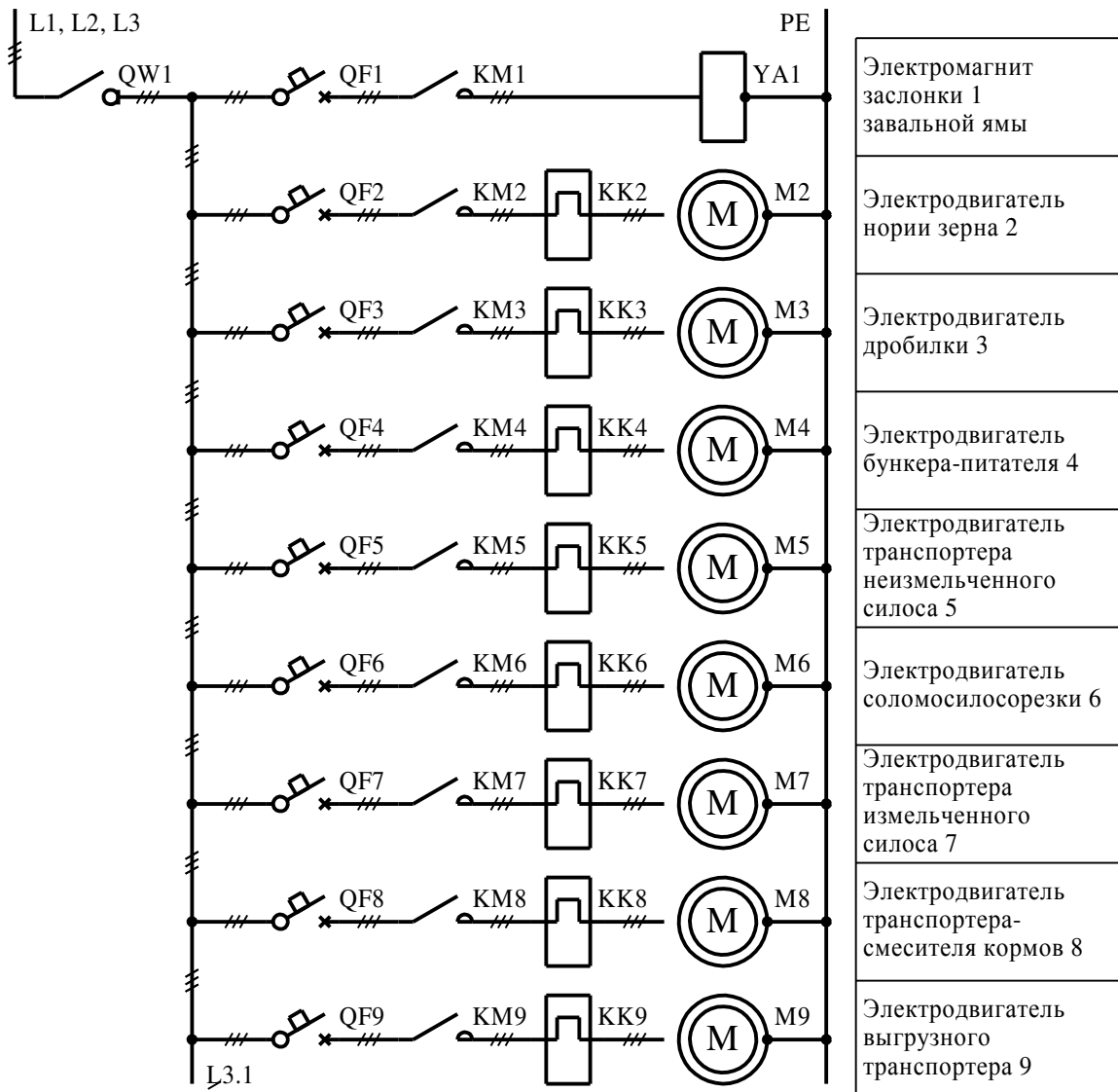


Рисунок 4.2 – Силевые цепи АСУ электроприводами поточной линии

В схеме управления, приведенной на рисунке 4.3, для предупредительной сигнализации используется звонок НА1. Выбор потока продукта осуществляется переключателем SA1.

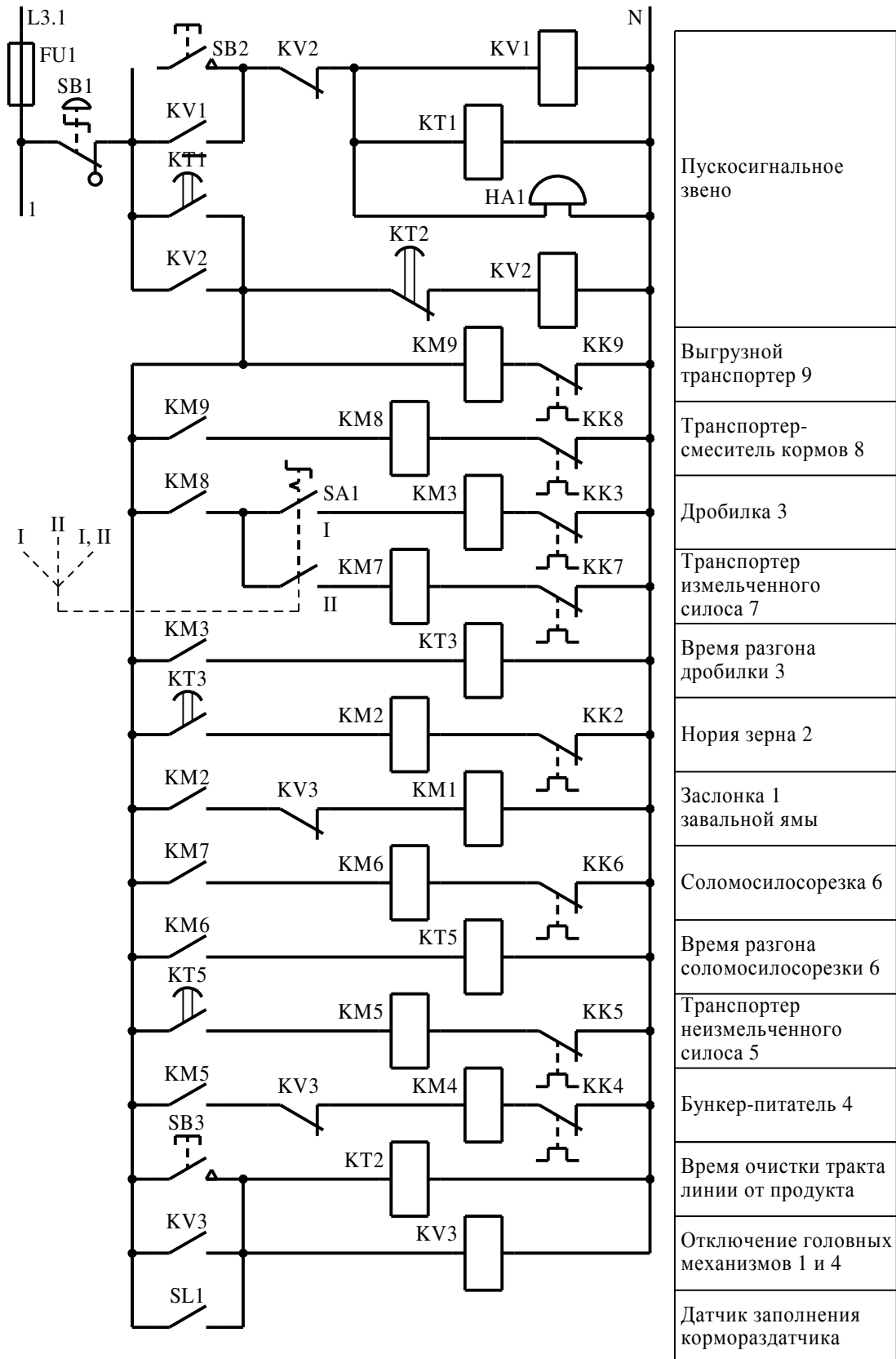


Рисунок 4.3 – Цепи управления АСУ электроприводами поточной линии

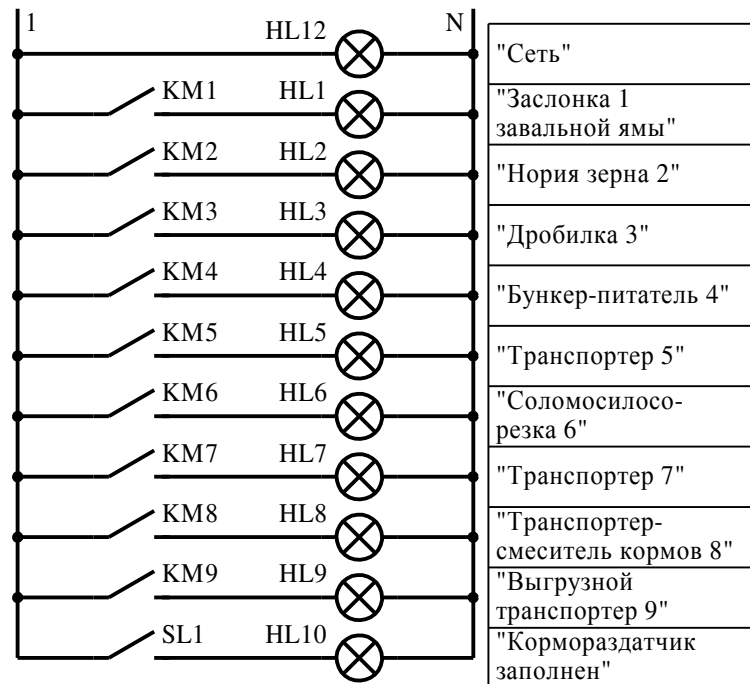


Рисунок 4.4 – Цепи сигнализации АСУ электроприводами поточной линии

### Программа и методика выполнения лабораторной работы

1. Ознакомиться с электрооборудованием лабораторного стенда, на котором будет производиться моделирование схемы управления.
2. Изучить технологическую схему линии приготовления кормов.
3. Проанализировать работу АСУ электроприводами поточной линии, схемы которой представлены на рисунках 4.2–4.4.
4. Произвести корректировку электрических схем АСУ электроприводами поточной линии в соответствии с возможностями лабораторного стенда «Эдельвейс-М».
5. Привести краткое описание работы АСУ электроприводами поточной линии.
6. Собрать электрическую схему АСУ электроприводами поточной линии и проверить ее работоспособность в различных режимах.
7. Оформить отчет по лабораторной работе.

### Содержание отчета по лабораторной работе

1. Технологическая схема поточной линии приготовления кормов с кратким описанием технологического процесса.
2. Откорректированные электрические схемы АСУ электроприводами поточной линии с описанием их работы.
3. Краткие выводы по работе.

### Контрольные вопросы

1. Какие способы пуска электроприводов поточных линий вы знаете?
2. Каков порядок отключения электроприводов в поточной линии?

3. Как осуществляется пуск электропроводов машин, имеющих большую длительность разгона?
4. Какие способы поиска неисправностей в схемах управления вы знаете?
5. Назовите возможные случаи отключения заслонки завальной ямы 1, включая и неисправности в схеме управления.
6. Как должны включаться электродвигатели дробилки 3 и соломосилосо-резки 6: сразу же при выборе соответствующей линии; с выдержкой времени; после включения электропровода нории 2 или транспортера 5?
7. Вследствие каких неисправностей при нажатии кнопки «Рабочий стоп» отключатся сразу все машины и механизмы?
8. Какие датчики можно использовать для контроля заполнения кормораз-датчика?
9. Каким образом и с помощью каких технических средств можно контро-лировать работу механизмов поточной линии, изображенной на рисун-ке 4.1?
10. Отметьте основные достоинства и недостатки использования электро-магнитного привода для плоских затворов, задвижек по сравнению с электродвигательным приводом.



## Лабораторная работа №5.

### ЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЛЕЙНЫХ СХЕМ. АНАЛИТИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ РЕЛЕЙНЫХ СХЕМ И СХЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

**Цель работы:** ознакомиться с практическим применением законов алгебры логики и с аналитическими способами построения релейных схем и схем с применением логических элементов.

#### Общие сведения

Релейные схемы управления используются для включения и отключения электропотребителей. При этом управление предусматривает реализацию соответствующих программ. В процессе проектировании схем управления для каждого исполнительного элемента в отдельности формулируются словесно или в виде записи условия его работы. Затем их логически увязывают между собой с тем, чтобы обеспечить автоматизацию технологического процесса в целом. Решение задачи по составлению схемы не является однозначным, поэтому нужно стремиться к наиболее простому, надежному и экономичному варианту.

Математический аппарат так называемой алгебры логики, созданной английским ученым Булем, применяется для облегчения составления релейных схем управления и перехода от релейно-контактных схем к бесконтактным схемам.

Так как в релейно-контактных схемах отдельные контакты принимают два состояния – замкнутое или разомкнутое и соединяются двумя способами – параллельно и последовательно, то логические переменные и связи между ними, которыми оперирует алгебра Буля, могут быть непосредственно представлены состояниями контактов и способами их соединения.

Значению логической переменной «1» соответствует замыкание контактов исполнительных реле и логическая операция «ДА», значению логической переменной «0» соответствует размыкание контактов и логическая операция «НЕ». Логической операции «ИЛИ» соответствует параллельное соединение замыкающих контактов, логической операции «И» – последовательное их соединение.

На основе отмеченных ранее понятий может быть сделана аналитическая запись схемы, при этом используют обозначения, приведенные ниже:

- замыкающие контакты обозначают строчными буквами латинского алфавита –  $a, b, c, \dots, x, y$ ;
- размыкающие контакты –  $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \dots, \bar{x}, \bar{y}$ ;
- катушки реагирующих реле –  $A, B, C$ ;
- катушки исполнительных реле –  $X, Y, Z$ ;
- аналитическая запись логической функции состояния контактов – буквой  $f$ .

Чтобы упростить изображение схем (рисунок 5.1) при их составлении и анализе удобно пользоваться соответствующими им структурными схемами (рисунок 5.2).

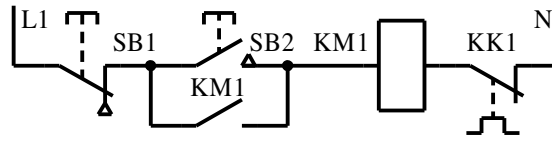


Рисунок 5.1 – Схема электрическая принципиальная управления электропотребителем с помощью магнитного пускателя

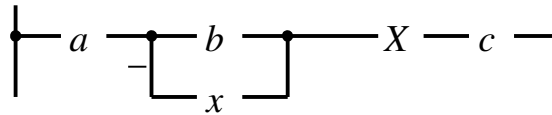


Рисунок 5.2 – Структурная схема управления электропотребителем с помощью магнитного пускателя

В соответствии со структурной схемой записывается структурная формула состояния контактов. Для схемы, приведенной на рисунке 5.2, данная формула будет иметь следующий вид:

$$f(X) = \bar{a}(b + x)\bar{c}.$$

Определяя словесно, согласно требованиям к протеканию технологического процесса, условия срабатывания какого-либо исполнительного или промежуточного элемента, мы, по существу, выявляем условия замыкания цепи этого элемента, зависящие от структуры схемы. Структура схемы может описываться структурной формулой, следовательно, по ней можно для соответствующей цепи сформулировать условия включения исполнительного или промежуточного элемента. И наоборот, на основании словесного выражения условий включения элемента можно составить структурную формулу.

Иногда задаются условия, когда рассматриваемые элементы должны быть отключены, то есть воздействующие на данный элемент контактные цепи разомкнуты. Такие условия называются условиями несрабатывания.

Структурные формулы релейных схем могут преобразовываться по законам, которые частично совпадают с законами обычной алгебры, а частично представляют специфические законы и соотношения алгебры логики.

Рассмотрим основные законы.

*Переместительный закон (закон коммутативности)* для последовательного и параллельного соединения:

$$a \cdot b = b \cdot a \text{ и } a + b = b + a.$$

*Сочетательный закон (закон ассоциативности)* для последовательного и параллельного соединения:

$$(a \cdot b) \cdot c = a \cdot (b \cdot c) \text{ и } (a + b) + c = a + (b + c).$$

*Распределительный закон (закон дистрибутивности)* для параллельного соединения относительно последовательного и наоборот:

$$(a \cdot b) + c = (a + c) \cdot (b + c) \text{ и } (a + b) \cdot c = a \cdot c + b \cdot c.$$

Закон инверсии (закон Моргана) для последовательного и параллельного соединения:

$$\overline{a \cdot b} = \bar{a} + \bar{b} \text{ и } \overline{a + b} = \bar{a} \cdot \bar{b}.$$

При помощи закона инверсии можно записать условия несрабатывания по записанным условиям срабатывания, что делается проще.

Некоторые дополнительные соотношения:

$$a \cdot 0 = 0; \bar{a} \cdot 0 = 0; a + 0 = a; \bar{a} + 0 = \bar{a};$$

$$a \cdot 1 = a; \bar{a} \cdot 1 = \bar{a}; a + 1 = 1; \bar{a} + 1 = 1;$$

$$a \cdot \bar{a} = 0; a + \bar{a} = 1.$$

Применяя основные законы и соотношения алгебры логики Буля, можно выполнить равносильные преобразования структуры релейных схем при точном сохранении заданных условий работы.

Для автоматизации и управления разнообразными технологическими процессами могут быть использованы логические элементы, которые выполняют определенную логическую зависимость между входными и выходными сигналами. Входные сигналы могут поступать от датчиков, постов управления или с выхода других логических элементов. В таблице 5.1 приведены сведения об основных логических элементах.

Таблица 5.1 – Некоторые логические элементы и их релейные эквиваленты

Логическая операция	Релейный эквивалент	Обозначение
Инверсия «НЕ» $x = \bar{a}$		
Дизъюнкция «ИЛИ» $x = a + b$		
Конъюнкция «И» $x = a \cdot b$		
Операция Пирса «ИЛИ-НЕ» $x = \overline{a + b}$		
Операция Шеффера «И-НЕ» $x = \overline{a \cdot b}$		
Повторение $x = a$		

На практике для релейно-контактных схем методы алгебры логики могут использоваться в целях минимизации схемы и получения различных схемных решений. Первоначально для таких схем аналитически записываются технические условия работы элементов в виде структурных формул срабатывания или несрабатывания. Условия работы должны быть сформулированы как перечень определенных комбинаций воздействий на элементы, вызывающих определенные комбинации состояния элементов.

### Программа и методика выполнения лабораторной работы

1. Ознакомиться с аналитическими способами построения релейных схем управления и схем с применением логических элементов.

2. Для одной из схем (по заданию преподавателя), изображенных на рисунках 5.3–5.6, составить структурную схему, на основании которой записать структурные формулы состояния контактов.

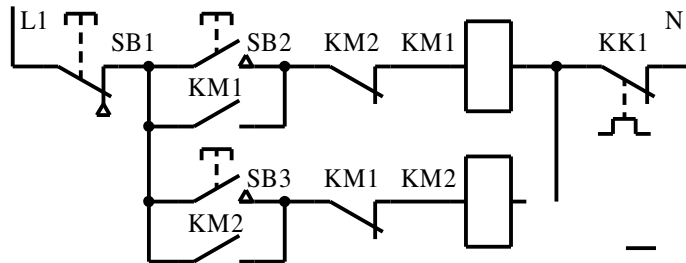


Рисунок 5.3 – Схема управления реверсивным электроприводом с электрической блокировкой

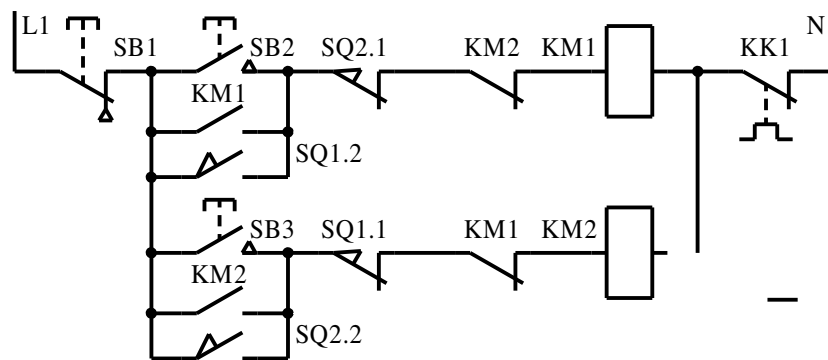


Рисунок 5.4 – Схема управления реверсивным электроприводом с использованием конечных выключателей

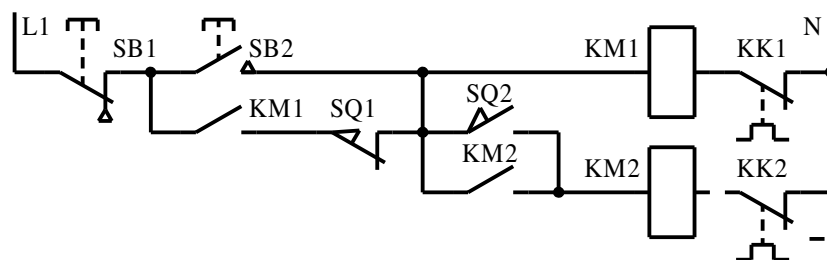


Рисунок 5.5 – Схема управления выдачей продукта на ленточный кормораздатчик

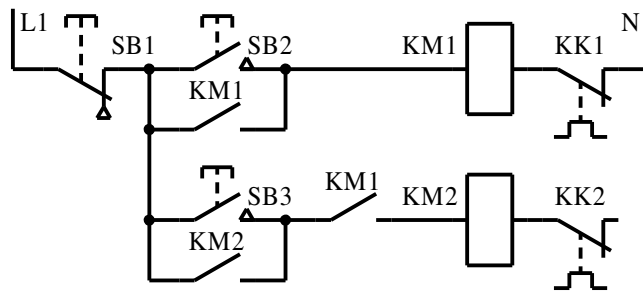


Рисунок 5.6 – Схема управления навозоуборочным транспортером кругового действия типа ТР-5

3. На основании полученных структурных формул с учетом законов алгебры логики произвести преобразования структурных формул.

4. Для каждого полученного варианта преобразования изобразить схемы на релейных и логических элементах.

5. Оформить отчет по лабораторной работе.

### Содержание отчета по лабораторной работе

1. Схемы электрические принципиальные управления электроприводами, приведенные на рисунках 5.3–5.6, с кратким описанием их работы.

2. Структурная электрическая схема, составленная в соответствии с заданием преподавателя.

3. Структурные формулы состояния контактов для исходной структурной схемы и полученные в результате преобразований.

4. Схемы электрические принципиальные (на релейных и логических элементах), разработанные для каждого варианта структурной формулы.

5. Краткие выводы по работе.

### Контрольные вопросы

1. Сформулируйте переместительный, сочетательный, распределительный законы для последовательного соединения.
2. Запишите переместительный, сочетательный, распределительный законы для параллельного соединения.
3. Сформулируйте законы инверсии.
4. Изобразите логические элементы и соответствующие им релейные эквиваленты логических операций «ИЛИ», «И», «НЕ».
5. Изобразите логические элементы и соответствующие им релейные эквиваленты логических операций «ИЛИ-НЕ», «И-НЕ».
6. С какой целью используются методы алгебры логики для релейно-контактных схем?
7. На какой элементной базе могут реализовываться схемы управления на логических элементах?
8. Запишите структурные формулы состояния контактов для одной из схем, изображенных на рисунках 5.3–5.6.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. БКК1. Прибор контроля уровня жидкости [Электронный ресурс]: руководство по эксплуатации // Сайт фирмы «ОВЕН». – Режим доступа: [www. URL: https://owen.ru/uploads/285/re\\_bkk1\\_1-ru-7315-1.5.pdf](http://www.owen.ru/uploads/285/re_bkk1_1-ru-7315-1.5.pdf).
2. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов: учебник для вузов / И.Ф. Бородин, Н.М. Недилько. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 368 с.
3. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов: учебник для вузов / И.Ф. Бородин, Ю.А. Судник. – Москва: КолосС, 2004. – 344 с.
4. Кудрявцев, И.Ф. Автоматизация производственных процессов на фермах / И.Ф. Кудрявцев, О.С. Шкляр, Л.Н. Матюнина. – Москва: Колос, 1976. – 288 с.
5. Механизация и технология производства продукции животноводства: учебник для вузов / В.Г. Коба, Н.В. Брагинец, Д.Н. Мурусидзе, В.Ф. Некрашевич. – Москва: Колос, 1999. – 528 с.
6. Справочник инженера-электрика сельскохозяйственного производства: учебное пособие. – Москва: Информагротех, 1999. – 536 с.
7. Фоменков, А.П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий / А.П. Фоменков. – Москва: Колос, 1984. – 288 с.
8. Электропривод и электрооборудование: учебник для вузов / А.П. Коломиец, Н.П. Кондратьева, И.Р. Владыкин, С.И. Юран. – Москва: КолосС, 2008. – 328 с.

**Шабаев Евгений Адимович**  
кандидат технических наук, доцент

**Пономарева Наталья Евдокимовна**  
кандидат технических наук, доцент

**Беленов Виталий Николаевич**  
кандидат технических наук

**Романовец Михаил Михайлович**

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД**

*Лабораторный практикум*

Компьютерная верстка Шабаев Е.А.  
Редактор Перкова И.А.  
Дизайн обложки Вдовикина С.П.

Подписано в печать 8.04.2022 г.  
Усл. п. л. 2,5. Тираж 30 экз. Заказ № 21.

Отдел информационных технологий и издательской деятельности  
Азово-Черноморского инженерного института  
ФГБОУ ВО Донской ГАУ  
347740, г. Зерноград Ростовской области, ул. Советская, 15.