

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте

Факультет техники и технологии

Кафедра электрооборудования и автоматизации производственных процессов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Ю.С. Сергеев  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Разработка лабораторного комплекса на базе контроллера Delta

ПОЯНТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ – 13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности  
доцент

\_\_\_\_\_ С.Н. Трофимова  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Руководитель работы  
доцент

\_\_\_\_\_ В.М. Сандалов  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Экономическая часть  
доцент

\_\_\_\_\_ В.М. Сандалов  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Автор работы

студент группы ФТТ-403

\_\_\_\_\_ С.О. Печерских  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Нормоконтролер  
ст. преподаватель

\_\_\_\_\_ О.В. Терентьев  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Златоуст 2020

## АННОТАЦИЯ

Печерских С.О. – Разработка лабораторного комплекса на базе контроллера Delta – г. Златоуст: филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте, кафедра ЭАПП; 2020 г., 71 с., 42 ил., библиогр. список – 38 наим., 8 листов чертежей ф. А1.

Выполнено сравнение отечественных и передовых зарубежных программируемых логических контроллеров, разработана схема электрическая функциональная лабораторного стенда, приведено описание оборудования, разработаны четыре лабораторные работы по дисциплине «Автоматизация типовых технологических процессов».

Произведен расчет себестоимости лабораторного комплекса, который составил 211991 руб. 30 коп.

Рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности, в том числе охраны труда и производственной санитарии. Произведен расчет освещения в лаборатории, разработаны мероприятия по предотвращению пожароопасной ситуации и обеспечению безопасности при угрозе чрезвычайной ситуации.

Результаты выпускной квалификационной работы планируются к внедрению в филиале ЮУрГУ в г. Златоусте.

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Печерских С.О.				Разработка лабораторного комплекса на базе контроллера Delta Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Сандалов В.М.					Д	4	71
Т. Контр.	Вигриянов П.Г.					Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоуст Кафедра ЭАПП		
Н. Контр.	Терентьев О.В.							
Утверд.	Сергеев Ю.С.							

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ .....	7
1.1 Особенности подготовки по профилю «Электропривод и автоматизация промышленных установок и технологических комплексов» .....	7
1.2 Системы автоматического управления .....	8
1.3 Общие сведения о ПЛК.....	9
2 АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ.....	13
2.1 Содержание дисциплины.....	13
2.2 Разработка требований к лабораторным работам .....	13
3 ОПИСАНИЕ УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА .....	15
3.1 Программируемый логический контроллер Delta DVP 28SV11T.....	17
3.2 Панель оператора Delta DOP-B05S101.....	20
3.3 Выбор и расчет элементов разработанного стенда.....	21
4 ОБЗОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ .....	27
4.1 Программное обеспечение для ПЛК .....	27
4.2 Принципы построения ступенчатых диаграмм .....	28
4.3 Различия в работе релейно-контактных схем и ступенчатых диаграмм ПЛК .....	29
4.4 Внутренние объекты контроллера (операнды).....	30
5 РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ .....	35
5.1 Лабораторная работа № 1 «Создание логических программ».....	35
5.2 Лабораторная работа №2 «Построение систем логического управления на языке Ladder Diagram».....	41
5.3 Лабораторная работа №3 «Изучение назначения таймеров и их реализации в IPSoft».....	44
5.4 Лабораторная работа №4 «Преобразование аналоговой схемы управления реверсивным пуском двигателя в схему на базе ПЛК» .....	47
6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	56
7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	60
7.1 Краткое описание производственного участка .....	60
7.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов .....	60
7.3 Выбор значений факторов рабочей среды и трудового процесса.....	61
7.4 Охрана труда .....	62
7.5 Производственная санитария .....	63
7.6 Эргономика .....	65
7.7 Противопожарная и взрывобезопасность при работе в лаборатории.....	66
7.8 Экологическая безопасность .....	67
7.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайной ситуации .....	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	69
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	70

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист 5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ВВЕДЕНИЕ

Высшее учебное заведение, которое проводит обучение различных направлений подготовки студентов по программе бакалавриата, должно иметь в своем составе материально-техническую и лабораторную базу, обеспечивающей проведение всех дисциплин, в том числе, практические и научно-исследовательские работы студентов.

Профессиональная деятельность бакалавров включает в себя совокупность технических средств. Бакалавр должен обладать компетенциями и иметь профессиональные навыки, быть готовым к пусконаладочным работам и опытной проверке электроэнергетического и электротехнического оборудования.

Учебный план бакалавров по профилю «Электропривод и автоматизация промышленных установок и технологических комплексов» направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» предусматривает обязательное выполнение лабораторных работ, в том числе по дисциплине «Автоматизация типовых технологических процессов».

Кафедрой «Электрооборудование и автоматизация производственных процессов» налажены тесные деловые контакты с работодателями. Представители ООО «Завод Стройтехника» предложили совместно с официальными дилерами компании «Delta Electronics» разработать лабораторный комплекс на базе программированного логического контроллера (ПЛК) DVP 28SV11T для наглядного изучения взаимодействия контроллеров с объектами управления и профессионального обучения и переподготовки специалистов предприятий.

Целью выпускной квалификационной работы является повышение качества подготовки студентов по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений;
- анализ содержания дисциплины и разработка требований к лабораторным работам;
- описание учебно-лабораторного комплекса;
- обзор программного обеспечения;
- произвести разработку лабораторных работ;
- оценка себестоимости учебно-лабораторного комплекса;
- анализ вопросов безопасности жизнедеятельности.

Объект работы – процесс обучения по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Предмет работы – лабораторный комплекс по дисциплине «Автоматизация типовых технологических процессов» на базе контроллера Delta.

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

# 1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

## 1.1 Особенности подготовки по профилю «Электропривод и автоматизация промышленных установок и технологических комплексов»

Образование в Российской Федерации является первостепенной частью системы социальной сферы, которая обеспечивает процесс получения знаний, умений и навыков. В дальнейшем эти знания умения и навыки, используются с полной отдачей в профессиональной деятельности людей участвующих в образовательном процессе, следовательно, способствуют развитию государства в различных областях.

Область профессиональной деятельности выпускников программ бакалавриата включает в себя: сложные технические ресурсы, методы и способы реализации процессов: производства, передачи, распределения, преобразования, применения и управления потоками электрической энергии. Исследование, изготовление и контроль качества систем и их компонентов, осуществляющие вышеупомянутые процессы [1].

Выпускник программы бакалавриата в соответствии ФГОС направления «Электротехника и электроэнергетика» должен владеть следующими общепрофессиональными компетенциями (ОПК):

– способностью осуществлять поиск, хранение, обработку, а также осуществлять анализ информации из разных источников и баз данных, демонстрировать ее в требуемом формате с внедрением информационных технологий (ОПК-1);

– способностью использовать соответствующее физико-математическое устройство, способы изучения и моделирования, теоретического и опытного исследования при решении поставленных высококласных задач (ОПК-2); проектно-конструкторская деятельность;

– способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей (ОПК-3);

Минимально необходимый для осуществления программ бакалавриата перечень материально-технического обеспечения включает в себя:

– лаборатории теоретических основ электротехники, материаловедения, электрических машин и аппаратов, электрических измерений, безопасности жизнедеятельности, оборудованы современным оснащением и расходными материалами;

– компьютерные классы;

– аудитории, оснащены мультимедийным, а также презентационным оборудованием;

– комплектом лицензионного программного обеспечения.

Кафедра «Электрооборудование и автоматизация производственных процессов», прогнозируя современные тенденции, считает необходимым допол-

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

нить существующую лабораторную базу. Подготовка по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» предусматривает в учебной программе проведение и выполнение лабораторных работ по дисциплине «Автоматизация типовых технологических процессов и промышленных установок».

## 1.2 Системы автоматического управления

Все существующие системы автоматического управления можно условно поделить на несколько классов:

- релейно-контакторные схемы управления (РКСУ);
- устройства на жесткой логике;
- программируемые контроллеры.

РКСУ дает возможность выполнить автоматический, удаленный пуск, изменение частоты вращения, остановку, реверсирование, торможение и защиту двигателя. Особенностью РКСУ является построение автоматического управления на контакторах и разного вида релейных элементах [2].

Достоинства РКСУ:

- широкий ряд входных и выходных напряжений;
- возможность построения схем без использования согласующих устройств;
- наличие гальванической развязки цепей;
- значительная коммутационная мощность;
- высокая помехоустойчивость;
- возможность использования единого источника питания для силовых и управляющих цепей.

К недостаткам РКСУ относится:

- контактная коммутация, требующая соответствующего ухода за аппаратурой и ограничивающая срок ее службы;
- ограниченное быстродействие;
- громоздкость системы автоматического управления в сложных устройствах;
- сложный ремонт и тестирование неисправностей.

Система на «жесткой логике» – вычислительная система, алгоритмы обработки и хранения информации которой жестко связаны со схемотехникой системы. Любая система на «жесткой логике» непременно представляет собой специализированную систему, настроенную только на одну задачу, реже на несколько близких, заранее известных задач. Особенностью данного вида устройств является построение схемы на дискретных логических элементах.

К достоинствам устройства, относятся [6]:

- дешевизну;
- компактность;
- высокое быстродействие.

Недостатки этих устройств:

- сложности при ремонте;
- сложности в поиске неисправностей и ремонте.

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Программируемые контроллеры созданы для построения автоматических систем управления на производстве [3]. Программируемый контроллер представляет собой набор модулей разного назначения, которые определяются задачами, поставленными перед системой автоматического управления. Индивидуальностью этого вида системы автоматического управления является наличие управляющей программы. К достоинствам программируемого контроллера, следует отнести:

- простоту обслуживания и ремонта;
- унификация;
- быстрый монтаж;
- быстрый поиск неисправностей;
- высокое быстродействие (сравнимое с устройствами на жесткой логике);
- возможность наращивания системы в зависимости от изменившихся условий (модернизация оборудования и т.д.);
- возможность подключения устройств визуализации и аналоговых модулей.

К недостаткам следует отнести:

- относительно высокую стоимость;
- потребность в квалифицированных кадрах.

Выбор типа системы управления делается с учетом индивидуальностей оборудования, другими словами, от количества подконтрольных и управляемых частей, степени автоматизации процесса, в том числе климатические условия и вредных производственных факторов.

### 1.3 Общие сведения о ПЛК

ПЛК нашли свое применение для сбора и архивирования данных. Фактически во всех областях человеческой деятельности широко используются ПЛК: в системах автоматизации технологических процессов, противоаварийной защиты и сигнализации, в системах охраны, в медицинском оборудовании, в системах связи, а также применяются и в процессе обучения студентов. ПЛК не обязательно являться самостоятельным инструментом управления локальным техническим оборудованием, но он может быть в составе крупномасштабных автоматизированных систем управления целых предприятий [4].

ПЛК используются в области промышленной автоматизации различных технологических процессов на предприятиях. Расширению области дистрибуции и внедрения ПЛК также содействует рост цифровой грамотности, специальные университетские курсы и курсы повышения квалификации.

Их использование значительно облегчает создание и эксплуатацию, как сложных автоматизированных систем, так и отдельных устройств. ПЛК позволяет сократить время разработки, упростить процесс установки и консолидации за счет стандартизации отдельных аппаратных и программных элементов. Кроме того, ПЛК обеспечивает повышенную надежность при использовании [5].

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

## 1.4 Общая характеристика контроллеров

В последние годы ПЛК широко используются в промышленной автоматизации. В России появилось много устройств зарубежного и отечественного производства, специально разработанных для решения, как специализированных задач, так и общих проектов, ориентированных на различные отрасли промышленности. Таким образом, возникли отечественные ПЛК, которые представляет собой комплексное решение для последующей интеграции [7].

1 ПЛК фирмы SIEMENS является одним из лидеров рынка автоматизации. Программируемый логический контроллер SIEMENS серии Simatic S7-1200 с дополнительными модулями для создания автоматизированных систем управления [8]. Системы управления зачастую создаются на основе одного центрального процессора. Модульная конструкция контроллеров является очень удачным решением, позволяющим дополнять основной модуль центрального процессора вспомогательными, которые в свою очередь дают возможность адаптировать их к любым задачам управления и автоматизации. Программируемый контроллер S7-1200 способен решать большое количество логических задач, а именно задач автоматического регулирования и управления перемещением, выполнять математическую обработку информации. Он обладает многофункциональными возможностями и может применяться во всех сферах промышленного производства и системах автоматизаций.

2 ПЛК фирмы Delta Electronics серии DVP 28SV – это комплексное устройство для применения во всех сферах промышленности, где он способен обеспечить высокоскоростную, стабильную и надежную работу производства. Исключительные функциональные возможности для построения приводов и систем управления, включающих в себя высокоскоростные счетчики, высокочастотный вывод, интегрированные команды линейной и круговой интерполяции [9]. Кроме того, ПЛК можно дополнять различными модулями расширения: таких как ввод сигналов от термодатчиков, термометров сопротивления, унифицированных токовых и аналоговых сигналов, модулей позиционирования, скоростных входов и выходов. Контроллер способен поддерживать большое количество коммуникационных протоколов, позволяющих им интегрироваться в промышленные сети.

3 ПЛК фирмы Mitsubishi Electric обладает высоким качеством сборки, широким спектром модификаций, обладает гибкостью решений, большим ассортиментом возможностей применения его в различные сферы деятельности, а также высоким быстродействием и откликом команд. Компактные контроллеры MELSEC серии FX являются доступным решением для задач управления и позиционирования в промышленности. Все контроллеры серии FX могут быть дополнены модулями расширения, в зависимости от потребностей поставленной задачи. Существуют также возможности и варианты подключения к сетям обмена данными, таким образом, чтобы контроллеры серии FX могли продолжить свою работу и с другими программируемыми контроллерами [11].

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10



4 ПЛК фирмы ОВЕН ПЛК63 предназначен для создания автоматизированных систем управления технологическим оборудованием в области энергетики, транспорта и промышленности, в различных задачах и проектах жилищно-коммунального и сельского хозяйства. Контроллер ПЛК63 способен реализовать следующие функции: снятия значений с входов/выходов и передачу данных далее в пользовательскую программу, отображение символов и изменение программы на жидкокристаллическом индикаторе (ЖКИ), настройка параметров функционирования и сохранение данных в энергонезависимую память [12]. Ниже представлена таблица 1.1 с характеристиками ПЛК разных фирм.

Таблица 1.1 – Сравнительная характеристика контроллеров

ПЛК	Siemens Simatic S7-1200	Delta DVP 28SV 11T	Mitsubishi FX3U	ПЛК63 ОВЕН
Напряжение питания	от 20.4 В, до 28.8 В	от 20.4 В, до 28.8 В	24 В	от 21В, до 27В
Количество входов/выходов	24 входов, 16 выходов	16 входов, 12 выходов	16 входов, 16 выходов	8 входов, 16 выходов
Тип выхода	Транзистор	Транзистор PNP или NPN	Реле, транзистор	Транзистор NPN
Вибростойкость	EN 60068-2-6	IEC1131-2, IEC 68-2-6	IEC 68-2-6: 1G; 0,5 G.	-
Температура окружающей среды	От -20°C, до +60 °C	От 0°C, до +55°C (температура хранения: От 40°C, До +70°C)	От 0°C, до +55°C (температура хранения: От -20°C, до +70°C)	От -10°C, до +55°C
Защита	IP20	IP20	IP 10	IP10
Коммуникационный порт	RS-232, RS-485.	RS-232, RS-485, разъем MINIDIN.	RS 232, RS 422, RS 485, USB.	RS-485, RS-232.
Среда программирования	Simatic Step7	Delta ISPSOft	GX Works3	Owen Logic
Языки программирования	STL, LAD и FBD	LD, SFC, Instructions	SFC, FBD, LAD, STL, IL	SFC, FBD, LAD, STL, IL

Окончание таблицы 1.1

ПЛК	Siemens Simatic S7-1200	Delta DVP 28SV 11T	Mitsubishi FX3U	ПЛК63 ОВЕН
Поддерживаемые протоколы	PPI, MPI, USS/MODB US	Modbus TCP, (Master и Slave). Сетевые протоколы: ICMP, IP, TCP, UDP, DHCP, SMTP, NTP	Основным протоколом является SLMP	ОВЕН, ModBus- ASCII/RTU, GateWay (протокол CoDeSys)

Количество дискретных входов/выходов в ПЛК Delta DVP28SV11T можно увеличивать до 512 с учетом наращивания дополнительных модулей.

Вывод по разделу один

ПЛК Delta 28SV11T имеет достаточно низкую стоимость, простой язык и удобный интерфейс среды программирования. ПЛК компании Delta Electronics превосходят по количеству поддерживаемых сетевых протоколов, по надежности и быстродействию. Контроллер имеет 16 входов и 12 выходов, что достаточно для реализации лабораторных работ.

## 2 АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

### 2.1 Содержание дисциплины

Дисциплина «Автоматизация типовых технологических процессов» является одной из главных дисциплин учебного плана и обеспечивает получение знаний в сфере автоматизированных систем управления технологическими процессами. Полученные знания в результате изучения данной дисциплины могут быть использованы в дальнейшем при прохождении итогового государственного экзамена.

Цель и изучение дисциплины – формирование системы знаний и области автоматического управления, освоение методов, правил и способов контроля основных технологических параметров оборудования.

Задачами изучения дисциплины являются:

- обучение студентов описанию элементов систем автоматического управления;
- изучение конструкций и принципа действия устройств автоматики;
- закрепление и расширение теоретических знаний и практических навыков у студентов;

Освоение дисциплины осуществляется с использованием методов образовательных технологий:

- применение Internet-ресурсов с целью извлечения данных;
- подготовка с применением знаний и умений из других дисциплин;
- инициативе студентов к самостоятельному получению знаний;
- применение полученного опыта у студентов и сопоставление его с предметом изучения;
- получение новых теоретических и фактических знаний за счет научно-исследовательской деятельности студентов, проводимой под руководством преподавателя.

Рабочая программа дисциплины «Автоматизация типовых технологических процессов» предусматривает выполнение лабораторных работ и отводит на них 48 часов.

### 2.2 Разработка требований к лабораторным работам

Лабораторные работы по дисциплине «Автоматизация типовых технологических процессов» способствуют закреплению теоретических знаний, полученных студентами во время лекций, а также приобретение практических навыков программирования.

Для выполнения лабораторных работ студентам необходимо:

- ознакомиться с целью, задачами и содержанием работ, а также с назначением основных элементов учебно-лабораторного стенда;

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

- ознакомиться с теоретическим материалом данной работы;
- подготовиться к контрольным вопросам по конспекту или учебнику, достаточным для ответа;
- получить у преподавателя разрешение приступить к выполнению лабораторной работы;
- приступить к ходу работы: самостоятельному написанию программы, грамотно и безошибочно собирать цепи, а также к написанию алгоритма по необходимости;
- обрабатывать полученные данные;
- подготовить отчет о проделанной работе.

Отчет должен содержать титульный лист, название, цель лабораторной работы, программу, алгоритм и вывод о проделанной работе. Отчет оформляется согласно требованиям ЕСКД, также сопровождается принципиальными, структурными схемами, графиками, рисунками.

Работа в лаборатории считается законченной, если:

- результаты в виде таблиц или записей занесены студентом в черновик, предоставлены преподавателю для оценивания правильности хода работы;
- отключенная цепь полностью разобрана, убраны провода;
- ПК и лабораторный стенд выключен;
- рабочее место приведено в порядок.

Вывод по разделу два

Лабораторные работы по дисциплине «Автоматизация типовых технологических процессов» позволяют закрепить теоретические знания и получить навыки методов разработки программирования логических контроллеров и панелей оператора.

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

### 3 ОПИСАНИЕ УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА

Лабораторный комплекс на базе контроллера Delta DVP28SV11T предназначен для обучения студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», изучающих дисциплину «Автоматизация типовых технологических процессов».

Комплекс позволяет изучить технические характеристики и системы программирования промышленного программируемого логического контроллера и панели оператора. Стенд выполнен в настольно-стоечном варианте, на рисунке 3.1 показан лабораторный комплекс.

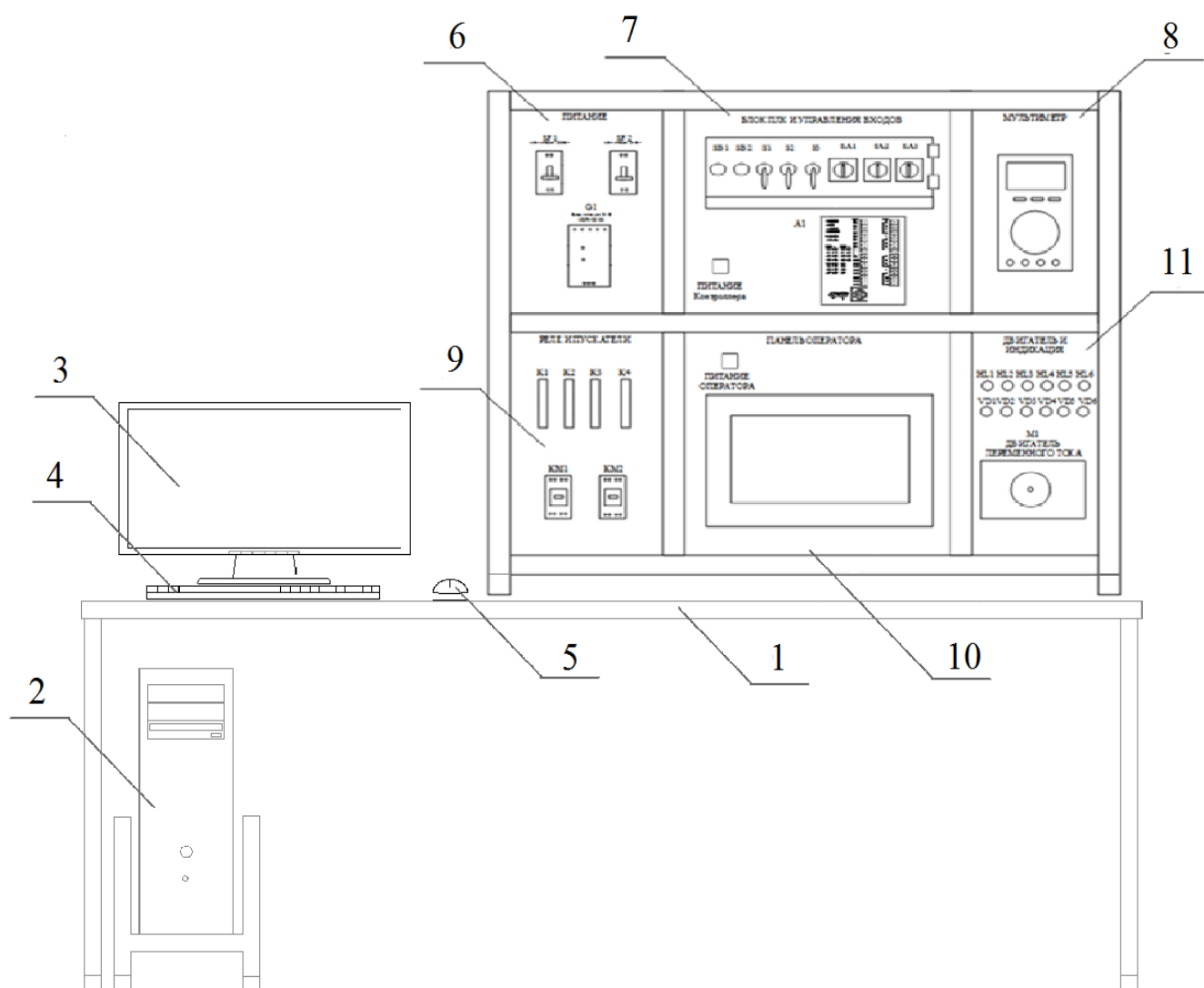


Рисунок 3.1– Внешний вид учебно-лабораторного комплекса

Лабораторный стенд расположен на столе 1, персональный компьютер (ПК), включающий в себя системный блок 2, монитор 3, клавиатуру 4 и мышь 5. А также стойку с шестью съемными функциональными панелями «ПИТАНИЕ» 6, «БЛОК ПЛК И УПРАВЛЕНИЕ ВХОДОВ» 7, «МУЛЬТИМЕТР» 8, «РЕЛЕ И

ПУСКАТЕЛИ» 9, «ПАНЕЛЬ ОПЕРАТОРА» 10, «ДВИГАТЕЛЬ И ИНДИКАЦИЯ» 11 и комплект соединительных проводов и силовых кабелей.

Панель 6 включает в свой состав трехфазный автоматический выключатель и автоматический двухполюсный выключатель, а также блок питания. Панель 7 включает в себя малогабаритный программируемый контроллер Delta серии DVP28SV11T. Он имеет 16 входов и 12 выходов (имеет аналоговые входы) и позволяет запрограммировать его на выполнение лабораторных работ. А также две нажимные кнопки, кнопка питания ПЛК и три переключателя. Панель 8 включает в свой состав малогабаритный мультиметр. Панель 9 имеет в своем составе два контактора и четыре контактора. Панель 10 включает в состав ПО Delta серии DOP-B05S101 и кнопку питания. Панель оператора предназначена для обмена информацией между студентом и оборудованием, позволяющая наглядно проследить за последовательным выполнением программы. Панель 11 обеспеченный 6 лампами 220 В и 6 светодиодами 24 В для выполнения лабораторной работы. Расположение такого количество светодиодов и ламп обусловлено особенностью индикации работы синтезированной схемы автоматизации, в частности, на программируемом контроллере. В состав панели также входит двигатель переменного тока и два пускателя. Обратная сторона каждой панели лабораторного стенда закрыта защитным кожухом, который обеспечивает безопасность студента.

Схема электрическая принципиальная лабораторного стенда показана на рисунке 3.2. Перечень элементов схемы электрической принципиальной продемонстрированы в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Перечень элементов схемы электрической принципиальной

Позиционное обозначение	Наименование	Количество
A1	ПО Delta DOP-B05S101	1
A2	ПЛК DELTA DVP28SV11T	1
G1	Блок питания MDR-100-24	1
HL1-HL6	Лампа IONICH	6
K1-K4	Реле VS220-11	4
KM1-KM2	Контактор AC-3 1НО	2
M1	Двигатель XINRUI MS561-2	1
QF1	Автоматический выключатель АВДТ ЭРА NO-902-142	1
S1-S3	Тумблер ПП-45М	3
SA1-SA3	Переключатель ПК-16 2001	3
SB1-SB2	Кнопка нажимная Q18LT	2
SF1	Автоматический US B S202M	1
DV1-VD6	Диод CR-P/M-92	6

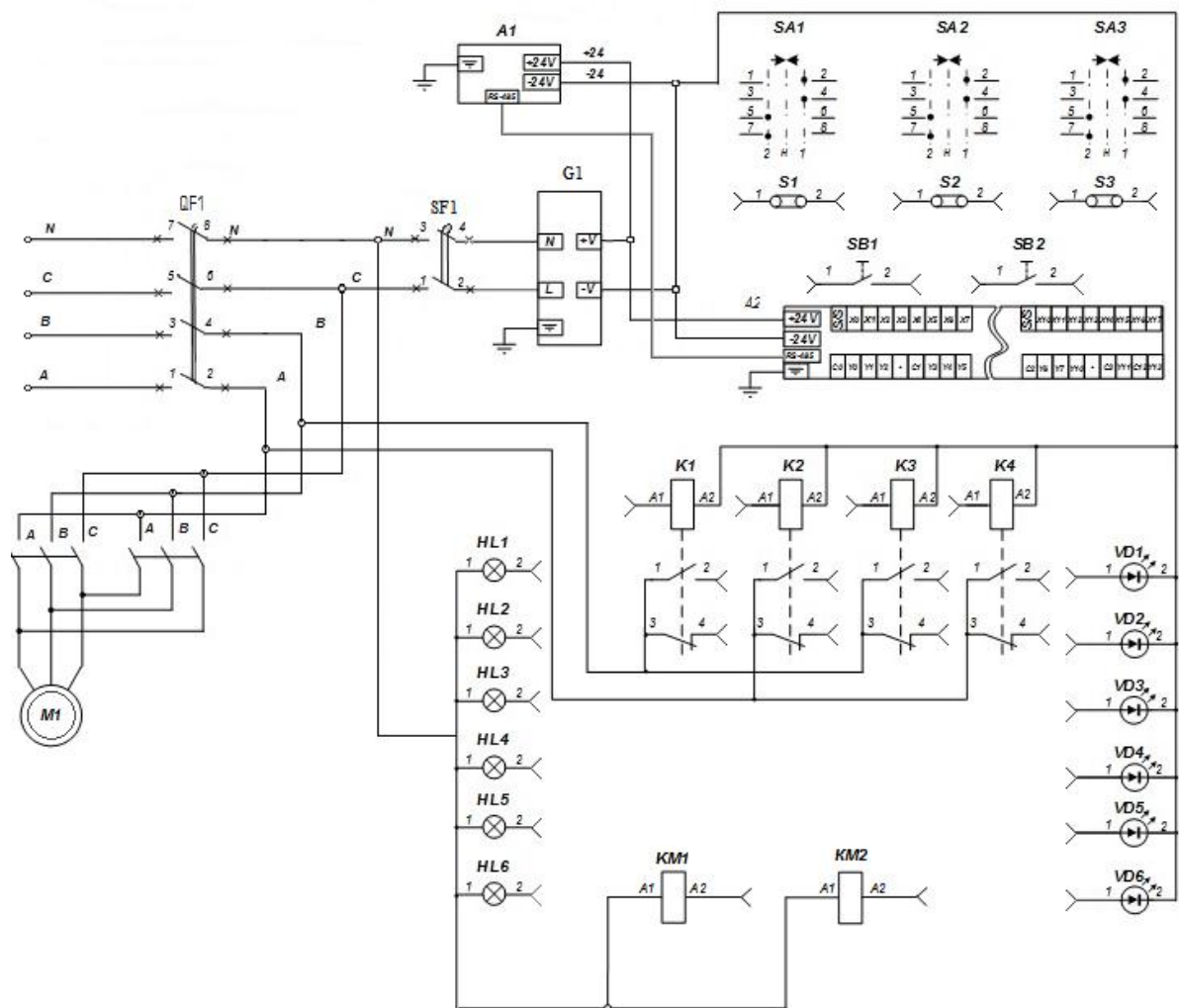


Рисунок 3.2 – Схема электрическая принципиальная стенда  
 A1– панель оператора; A2 – ПЛК; G1– блок питания;  
 HL1-HL6 – лампы; K1-K4 – реле; KM1-KM2 –  
 контакторы; M1 – двигатель; QF1 – автоматический  
 выключатель; S1-S3 – тумблер;  
 SA1-SA3 – переключатель; SB1-SB2 – кнопка нажимная;  
 SF1 – автоматический выключатель; VD1-VD6 – диоды

### 3.1 Программируемый логический контроллер Delta DVP 28SV11T

Основным устройством управления в лабораторном стенде является ПЛК Delta, он осуществляет свою работу по схеме, представленному на рисунке 3.3. Первое что выполняет контроллер - это чтение состояния входов (датчики, клавиатуры, импульсы и кнопки) лабораторного стенда. Далее происходит обработка и исполнение программы, состоящей из логических связей, заложенной в ПЛК студентом. Заключительным шагом ПЛК в процессе обработки

заложенной в него программы является формирование выходных сигналов. Выходным сигналом ПЛК является открытие или закрытие транзистора, запуск процесса по управлению технологической установкой, формирование аналоговой величины или цифрового значения.

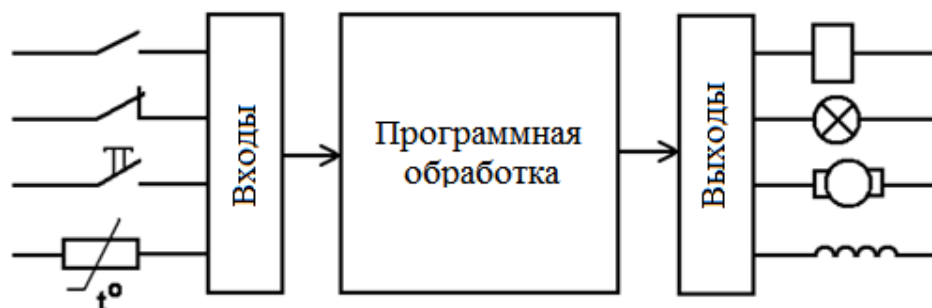


Рисунок 3.3 – Последовательность действий ПЛК

Так как контроллер в лабораторном стенде питает напряжение 24 В, то для него необходим внешний источник питания. Ток способен протекать в обоих направлениях, так как входа контроллера являются оптоизолированными.

Существует два различных способа подключения входов контроллера – по PNP или NPN логике. На рисунке 3.5 продемонстрирована схема подключения дискретных входов. При подключении по логике PNP к общей точке S/S подводится «минус» источника питания, а на выходе коммутируется «плюс», при подключении по логике NPN, подводится «плюс» источника питания, а на выходе коммутируется «минус».

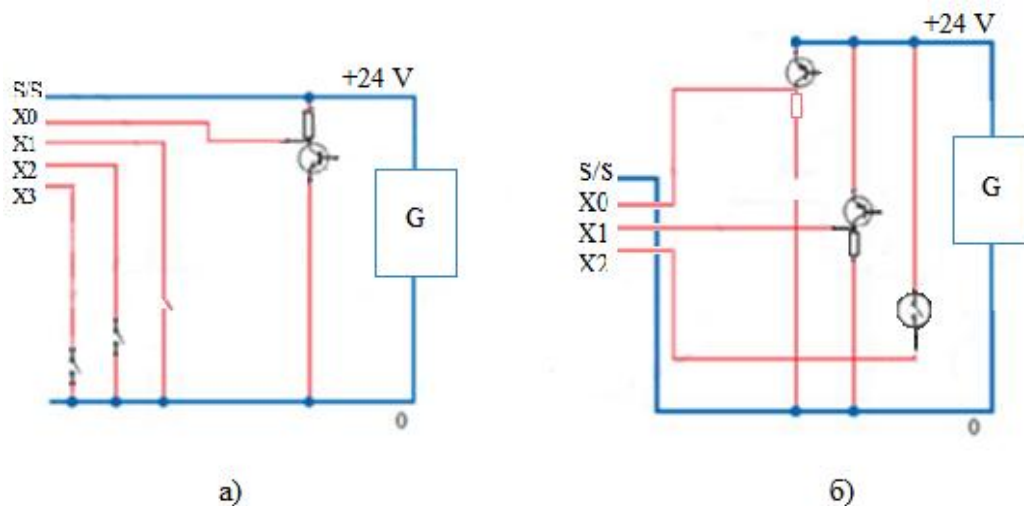


Рисунок 3.5 – Схема подключения дискретных входов  
а) NPN логика; б) PNP логика

ПЛК работает в совокупности с панелью оператора и персональным компьютером, а также выполнять поставленные задачи в лабораторных работах. Процесс обработки данных ПЛК отличается от микропроцессорных устройств.



ПО находится в постоянной памяти центрального процессора. Программное обеспечение, которое осуществляет управление работой узлов контроллера, взаимосвязями составляющих частей, а также внутренней диагностикой.

ПЛК берет на себя управление системой уже через несколько миллисекунд, и работает с помощью метода периодического опроса входных данных. Предназначением программируемого логического контроллера в лабораторном стенде является построение автоматических систем управления на занятиях [10].

Устройство, представленное на рисунке 3.4, является программируемым логическим контроллером. ПЛК представляет собой центральный процессорный модуль.

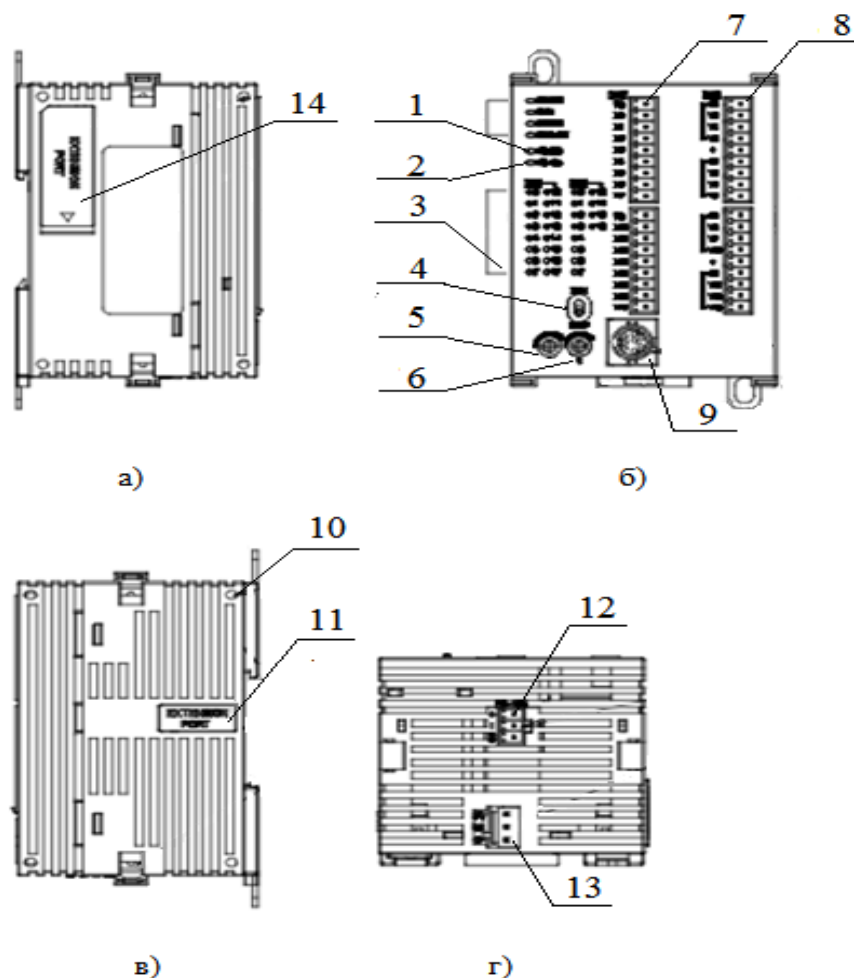


Рисунок 3.4 – Компоновка ПЛК Delta DVP 28SV11T

а) вид сзади; б) вид спереди; в) вид сверху; г) вид снизу; 1 – Индикатор RS232; 2 – Индикатор RS485; 3 – Индикаторы входов/выходов; 4 – Переключатель стоп/работа; 5 – Потенциометр VR0; 6 – Потенциометр VR1; 7 – Клеммы входов; 8 – Клеммы выходов; 9 – Порт COM1 (RS232); 10 – Гнездо для фиксации модуля расширения; 11 – Разъем для модуля расширения; 12 – Порт COM2 (RS485); 13 – Клеммник подключение питания; 14 – Порт для высокоскоростного модуля

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

### 3.2 Панель оператора Delta DOP-B05S101

Устройство человеко-машинного интерфейса, к которым относится панель оператора способно к обмену информацией между студентом и оборудованием. Студент может взаимодействовать и управлять оборудованием при помощи простого графического интерфейса, касанием на экран панели оператора.

Панель оператора (ПО) производства Delta Electronics показанная на рисунке 3.6, представляет собой сенсорный экран с множеством встроенных функций, позволяющих управлять средствами автоматизации [13]. ПО имеет бесплатное программное обеспечение в пакете, которого имеется русский язык.

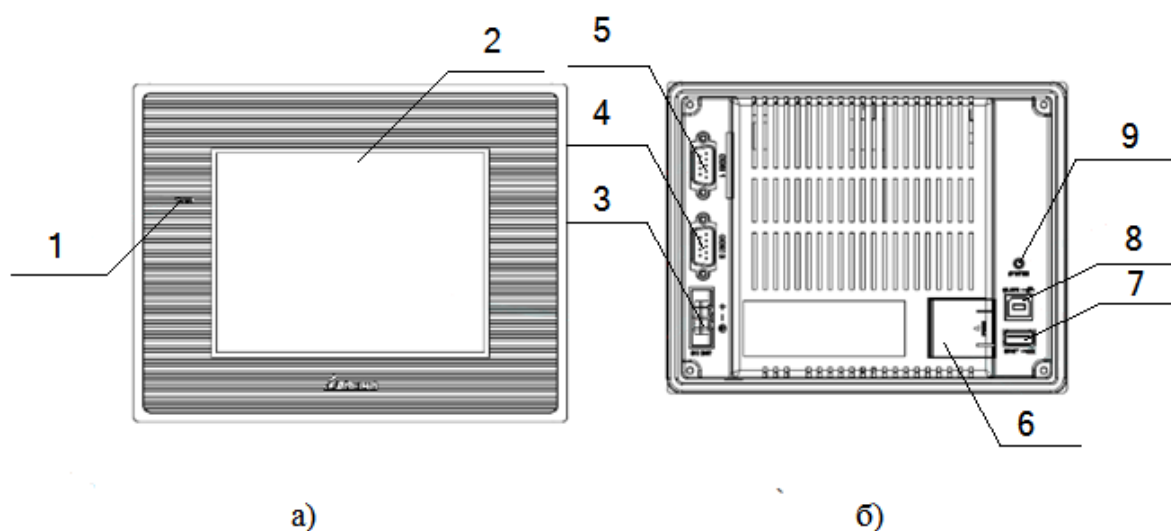


Рисунок 3.6 – Внешний вид и компоновка ПО

- а) вид спереди; б) вид сзади; 1 - индикатор питания; 2 - сенсорный экран; 3 - клеммы питания; 4 - последовательный порт COM2 (RS – 232 / RS – 422 / RS-485); 5 – последовательный порт COM1 (RS-232); 6 - отсек для батарей; 7 - USB HOST; 8 – USB CLIENT; 9 –кнопка системы

Технические характеристики ПО приведены в таблице 3.1

Таблица 3.1 –Технические характеристики панели оператора

Наименование	Характеристика
Модель	DOP-B05S101
Операционная система	Windows Base Real Time OS
Flesh-память	6 Мб
Загрузка программы	1 USBClient Ver1.1

### Окончание таблицы 3.1

Наименование		Характеристика
ЖК дисплей	Тип	TFT LCD65536 цветов
	Разрешение	320x234 пикселей
Энергонезависимая память данных		128Кб
СОМ порты		RS232, RS485, RS422
Напряжение питания		24 В (постоянного напряжения)
Потребляемая мощность		3Вт
Батарея CR2032		3 В (литиевая)
Рабочая температура		От 0°C, до 50 °C
Программное обеспечение		Delta Real Time OS

### 3.3 Выбор и расчет элементов разработанного стенда

Выбор автоматических выключателей является одной из главных задач при разработке лабораторного стенда. Правильный выбор автоматического выключателя является гарантом защиты оборудования и жизни.

Автоматический выключатель является коммутационным аппаратом, предназначенным для автоматического размыкания электрической цепи в момент возникновения коротких замыканий или перегрузок, а также самостоятельного размыкания цепи.

При выборе автоматического выключателя главным параметром является номинал автоматического выключателя. То есть ток, который в нормальном режиме будет протекать через этот автоматический выключатель. А при превышении номинального тока автомат будет отключаться. Также необходимо обратить внимание на количество полюсов и время–токовую характеристику, определяющую параметры срабатывания автомата, а именно скорость срабатывания в зависимости от превышения тока над номиналом автомата.

Для правильного выбора автоматических выключателей необходимо рассчитать токовую нагрузку. QF1 является трехфазным автоматическим выключателем, внешний вид и размеры которого, представленный на рисунке 3.7. Его потребителями являются: блок питания 24В (100 Вт.; 2А), лампы (0,5 А) и двигатель (0.5 А на 3 фазы). Основываясь на рисунок 3.2, учитываются токи запуска блока питания и двигателя, используется дифференциальный автомат номиналом в 10А АВДТ ЭРА NO-902-142 АВДТ2 С10А 30мА 3Р+N.

SF1 является двухполюсным автоматическим выключателем постоянного тока, рассчитываются потребители: блок питания 100 Вт (4А), выбирается выключатель автоматический двухполюсный 6А UC В S202М 10кА (S202М В6UC). Далее выбирается блок питания на 24 В для учебно-лабораторного стенда. Потребителями являются дисплей (20 Вт), ПЛК (8Вт), входные контакты ПЛК,

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

кнопки с подсветкой и светодиоды. Выбирается блок питания MDR-100-24 характеристики, которого представлены в таблице 3.2.

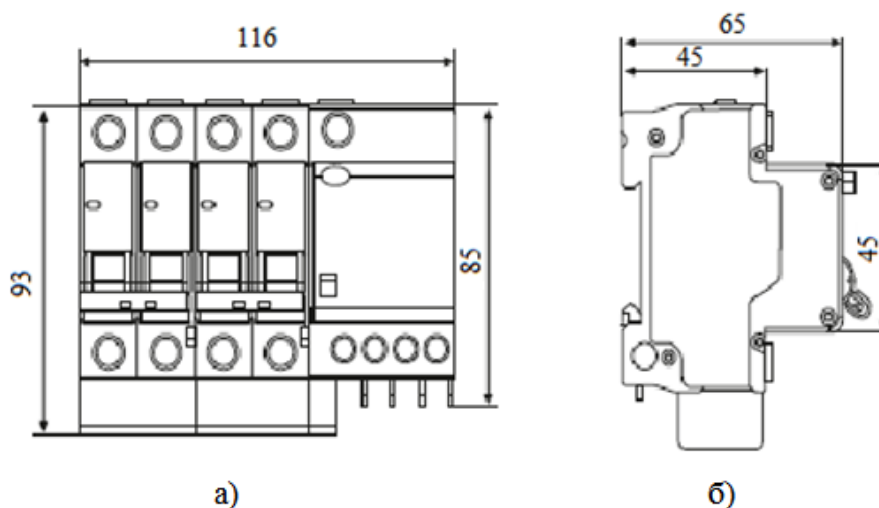


Рисунок 3.7 – Дифференциальный автомат  
а) вид спереди; б) вид справа

Выбор осуществляется с запасом мощности для последующего расширения функционала лабораторного стенда. На рисунке 3.8 продемонстрирован внешний вид выбранного блока питания и размеры:

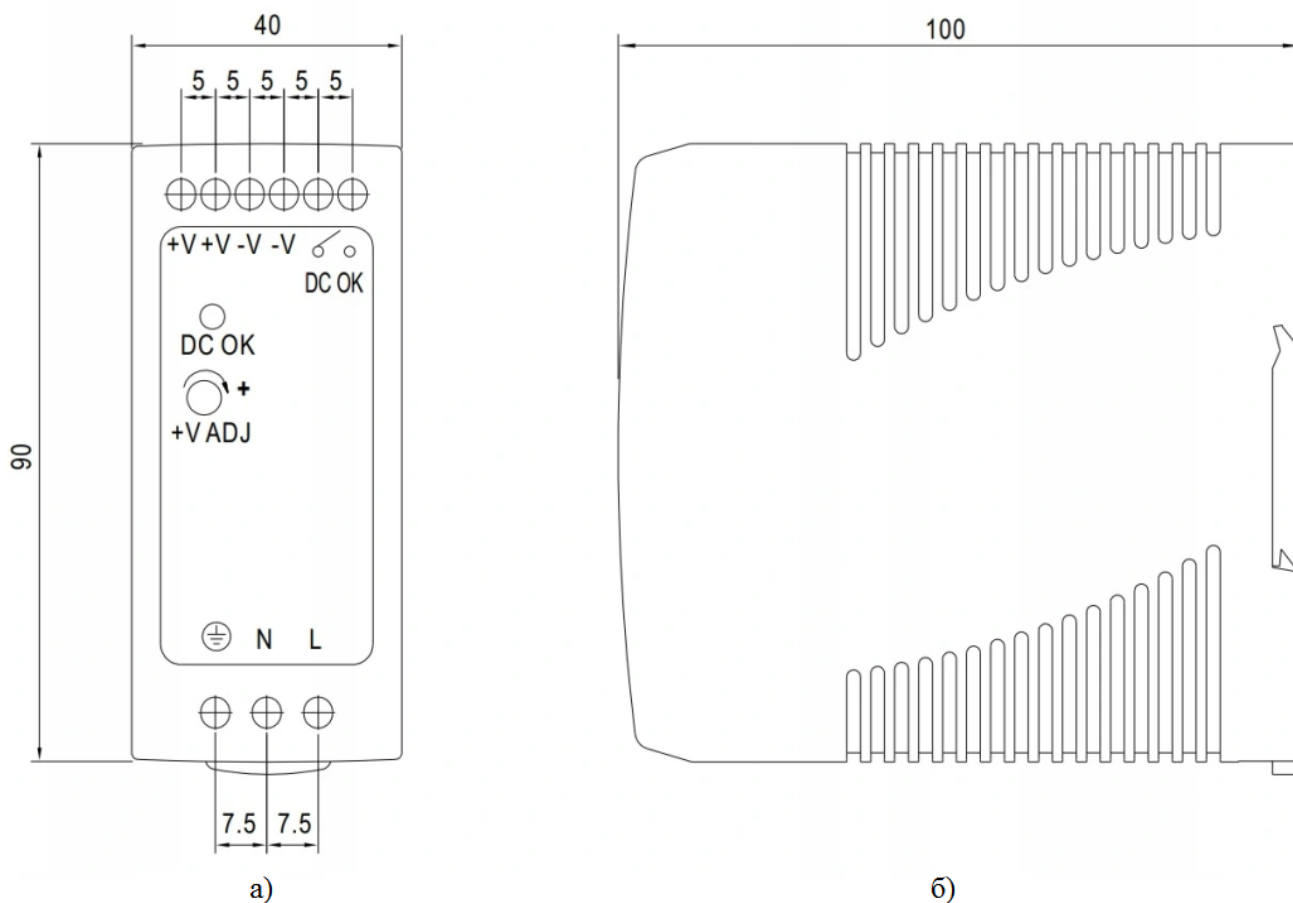


Рисунок 3.8 – Блок питания MDR-100-24  
а) вид спереди; б) вид справа

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Таблица 3.2 – Характеристики блока питания MDR-100-24

Наименование, размерность	Значение
Мощность, Вт	100
Напряжение питания, В	От 120 до 370 (постоянный ток); От 85 до 264 (переменный ток)
Выходное напряжение, В	24
Выходной ток, А	4
Защита	От перегрузок, от перегрева, от увеличения напряжения, от КЗ
Монтаж	DIN-рейка

После выбора блока питания выбирается промежуточное реле на 24 Вольта постоянного тока / 220 Вольт переменного. Для удобства и правильности работы схемы выбирается контакторы с замыкающими и размыкающими контактами VS220-11, технические характеристики которого представлены в таблице 3.3. Модульный контактор катушка 24В (постоянного и переменного тока), один замыкающий и один размыкающий контакт. Внешний вид и размеры реле показаны на рисунке 3.9:

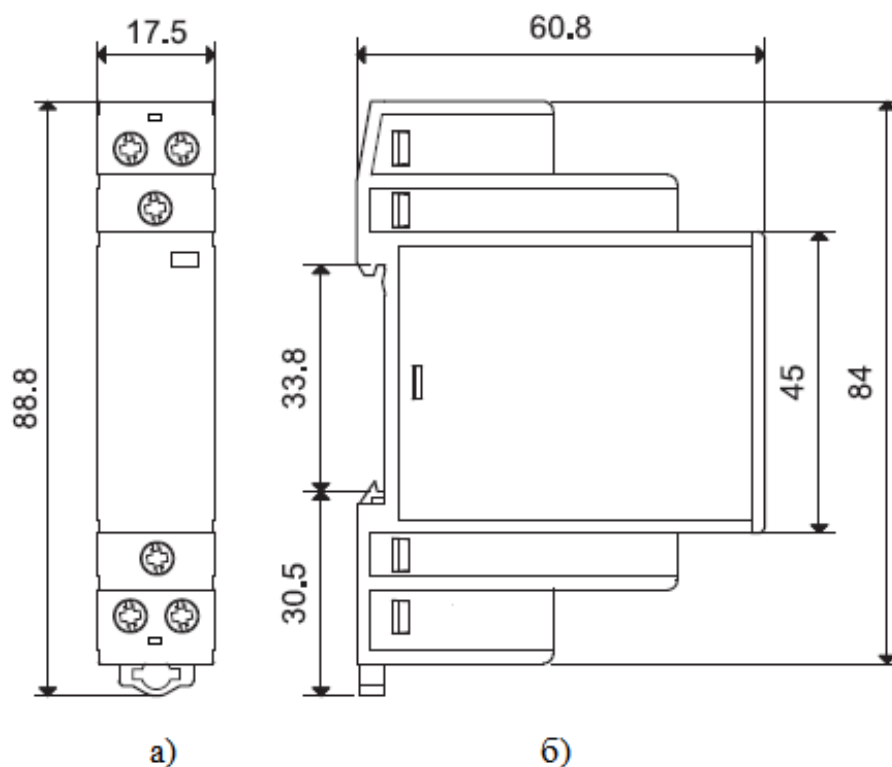


Рисунок 3.9 – Реле контактор VS220-11 24V  
а) вид спереди; б) вид справа

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР

Лист

23

Таблица 3.3 – Технические характеристики реле VS220-11

Параметр, размерность	Значение
Напряжение питания, В	24
Коммутируемый ток, А	20
Количество и тип контактов	Замыкающий и размыкающий контакт
Диапазон рабочих температур, °С	От – 5 до + 50
Монтаж	DIN-рейка

Далее выбирается двигатель переменного тока и к нему подбирается два пускателя, для работы в реверсивных направлениях. В качестве двигателя используется небольшой, маломощный двигатель XINRUI MS561-2, с малыми габаритами и малым потреблением энергии, технические характеристики которого представлены в таблице 3.4:

Таблица 3.4 – Характеристики двигателя XINRUI MS561-2

Параметр, размерность	Значение
Мощность, кВт	0,09
КПД, %	40,0
Скорость вращения, об/мин	2700
Сила тока, А	0,79
Защита	IP55

Внешний вид и размеры трехфазного асинхронного электродвигателя XINRUI MS561-2 во влагозащищенном корпусе из алюминиевого сплава продемонстрированы на рисунке 3.10.

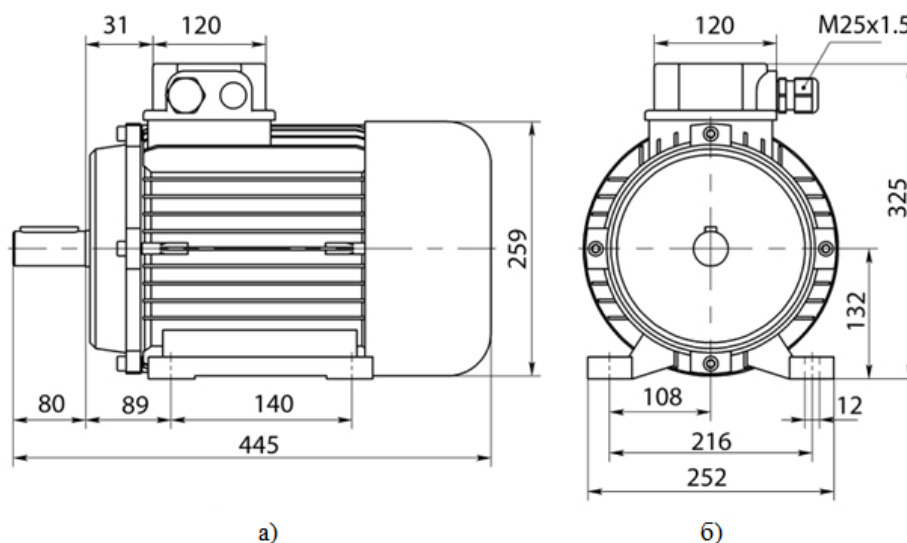


Рисунок 3.10 – Двигатель переменного тока  
а) вид сверху; б) вид спереди

С учетом мощности двигателя и количества используемых фаз выбирается пускатель - трехполюсный нереверсивный контактор для управления электродвигателями по категории применения АС-3 Е 1НО 6А 400В АС3 220В 50Гц. На рисунке 3.11 представлен внешний вид и размеры пускателя – контактора:

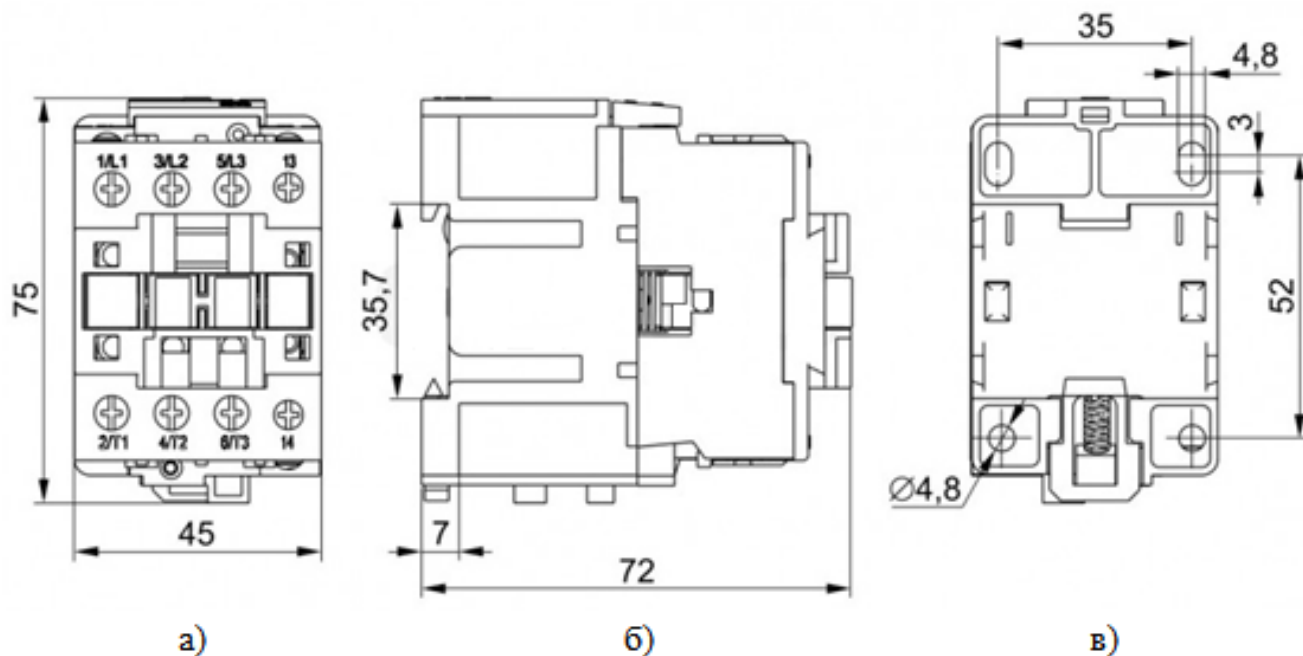


Рисунок 3.11 – Пускатель – контактор

а) вид спереди; б) вид справа; в) вид снизу

В качестве кнопок SB, выбираются кнопки с подсветкой типа Q18LT-WS/WB EATON, без фиксации, представлены на рисунке 3.12, коммутационная способность которой 4А, номинальное напряжение 24 В переменного тока.

Далее выбираются тумблеры, используется перекидной переключатель тумблер ПП-45М. Внешний вид тумблера и габаритные размеры показаны на рисунке 3.13, он надежен и с запасом обеспечивает требуемую коммутационную способность. Ключи, светодиоды и лампы выбираются по таким же критериям.

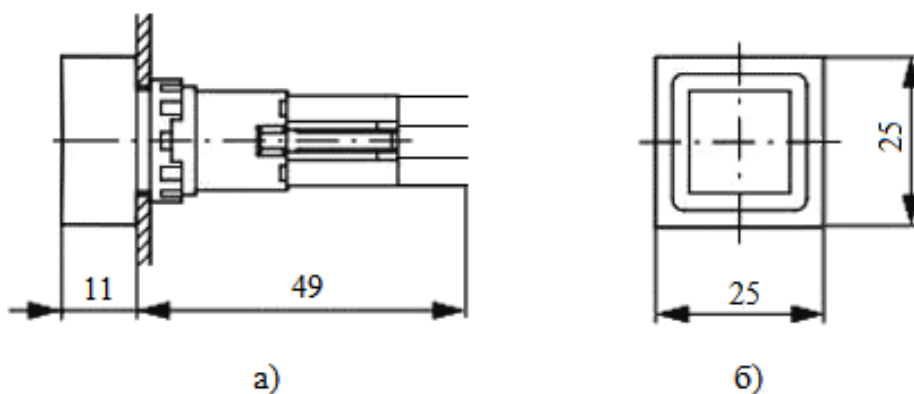


Рисунок 3.12 – Кнопка SB

а) вид справа; б) вид сверху

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР

Лист

25

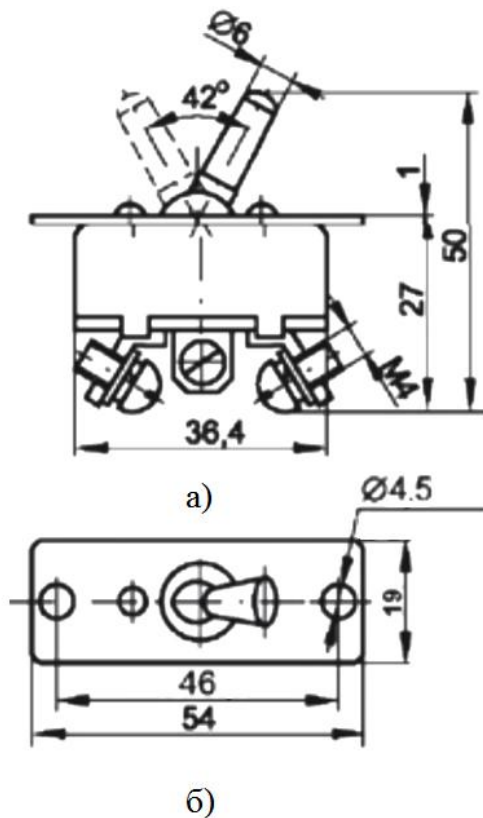


Рисунок 3.13 – Тумблер ПП-45М  
а) вид спереди; б) вид сверху

Вывод по разделу три

Разработанный лабораторный комплекс на базе ПЛК Delta DVP28SV11T соответствует требованиям для обучения студентов и обеспечивает большую вариативность реализуемых заданий для лабораторных работ.



## 4 ОБЗОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

### 4.1 Программное обеспечение для ПЛК

Главной особенностью ПЛК является система его программирования, она предоставляет собой простой подход к разработке программ для студентов. Собственно впервые в ПЛК появилась возможность программирования контроллера путем составления цепей для описания программы, представленной на рисунке 4.1. Простота программирования контроллера дает возможность студентам быстро осваивать язык программирования для выполнения лабораторных работ. Такое программирование называется языком релейной логики или Ladder Diagram (LD или LAD). Применение в программе счетчиков, таймеров и других блоков, значительно упрощают написание программы требуемой для выполнения лабораторных работ [14].

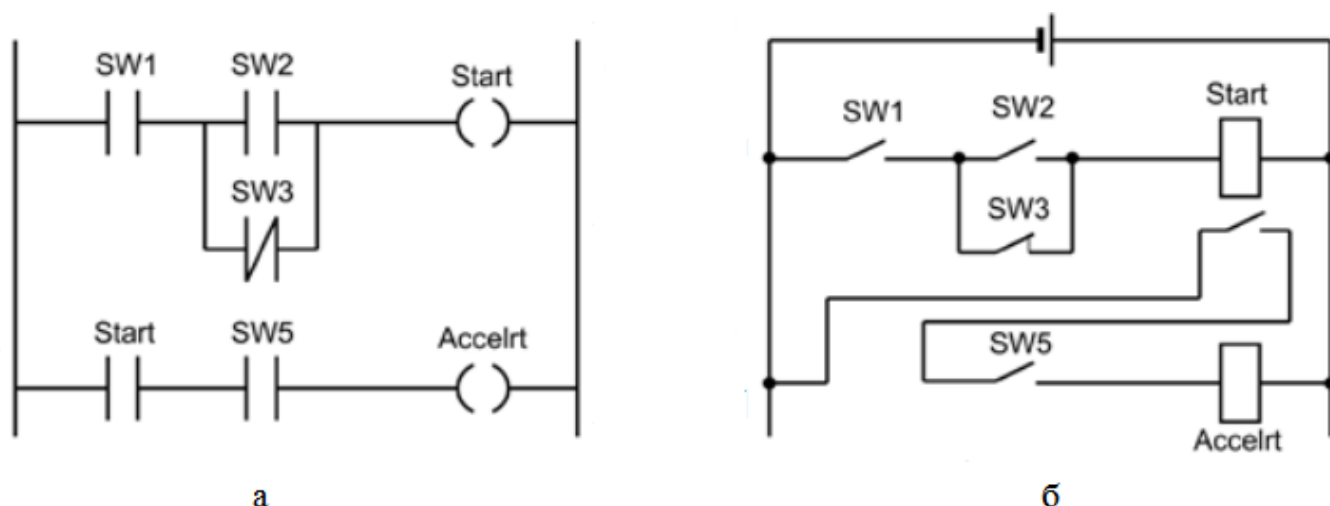


Рисунок 4.1 – Программная реализация электрической цепи:  
а)LD-диаграмма; б)цепь

Программирование контроллера еще более упрощается за счет существования пяти языков, стандартизованных для всех платформ ПЛК:

- Instruction List (IL) – текстовый язык (список инструкций) ;
- Ladder Diagram (LD) — графический язык программирования (релейные диаграммы), представляющий собой программное прочтение релейно-контактных схем;
- Function Block Diagram (FBD) — графический язык (функциональные блок-диаграммы), создаваемый последовательными соединениями, каждый функциональный блок которой представляет собой подпрограмму;
- Sequential Function Chart (SFC) — графический язык программирования высокого уровня (последовательные функциональные диаграммы) ;
- Structured Text (ST) — структурированный текстовый язык программирования.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Простота программирования обуславливается тем, что с программированием контроллера справиться любой студент, после ознакомления с одним из языков.

#### 4.2 Принципы построения ступенчатых диаграмм

Производитель программируемых логических контроллеров Delta Electronics использует язык ступенчатых диаграмм (Ladder Diagram, LD), который еще называется как релейно-контактные схемы.

Ступенчатые диаграммы включают в свой состав базовые компоненты такие как: нормально открытый контакт, нормально закрытый контакт, выходная катушка, таймер, счетчик.

Традиционные ступенчатые диаграммы и разработанные диаграммы для контроллеров внешне очень похожи, значки используемые в данном языке программирования адаптированы для исполнения диаграмм на компьютере.

Формирование ступенчатой диаграммы подразделяется на два подхода:  
комбинационная логика;  
последовательная логика.

Используя комбинированную логику, в состав схемы входит независимые друг от друга фрагменты. На рисунке 4.2 изображена комбинированная ступенчатая диаграмма в традиционном виде и в форме для контроллеров:

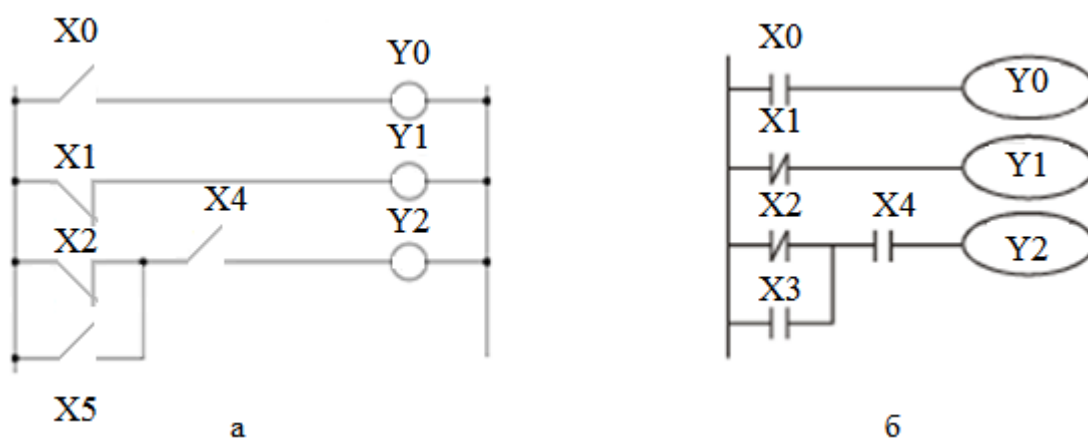


Рисунок 4.2 – Комбинированная ступенчатая диаграмма:  
а) традиционная ступенчатая диаграмма;  
б) ступенчатая диаграмма в форме для ПЛК

Используя последовательную логику, выход одного шага схемы является входным условием для другого. Следовательно, входы и выходы фрагментов схемы являются связанными, положение каждого фрагмента в схеме строго определено. Частным случаем последовательной логики является схема с самоблокировкой выхода. Условием включения выхода в последовательной логике может быть несколько параллельных входных контактов, один из которых логически связан с выходом. При замыкании выхода, связанный с ним входной

контакт также замыкается и выход самоблокируется, другими словами его состояние уже не зависит от состояния входных контактов [15]. Таким образом, выход может принимать разные состояния при одних и тех же входных условиях. Данная схема последовательной логики продемонстрирована на рисунке 4.3:



Рисунок 4.3 – Схема последовательной логики (с самоблокировкой выхода):  
 а) традиционная ступенчатая диаграмма;  
 б) ступенчатая диаграмма в форме для ПЛК

#### 4.3 Различия в работе релейно-контактных схем и ступенчатых диаграмм ПЛК

Невзирая на схожесть логики работы релейно-контактных схем и ступенчатых диаграмм ПЛК, между ними есть два серьезных отличия: релейно-контактные схемы отражают функциональные возможности реально существующих устройств (счетчиков, таймеров, контактов), а контроллер воспроизводит их в своем процессоре. Поскольку в ПЛК встроен один процессор, то обработка программы происходит последовательно, шаг за шагом, вызывая этим задержку во времени. Чем длиннее исходная программа, тем больше времени занимает обработка данных, а в следствии и появлении временной задержки. Контроллер первым делом опрашивает все входы, затем наступает процесс обработки всей программы, и только после всех этих действий обновляет все свои физические выходы. Таким образом, контроллеры работают циклично: опрос входов – отработка программы – установка выходов. Полный цикл этих действий называется сканом, а сам процесс циклическим сканированием.

В схемах, где все элементы являются физическими, временной задержки попросту нет, поскольку каждое устройство независимо друг от друга воспринимает входной сигнал, сам его обрабатывает, а затем обновляет свой выходной сигнал.

Кроме задержки на обработку программы, в контроллерах существует еще один вид задержки, а именно задержка на реакцию входов (цифровой фильтр) и время на изменение физических выходов, что в общей сложности дает еще большую временную задержку реакции. Единственным способом сократить и минимизировать это время задержки является уменьшение времени сканирования, достигается это путем использования более высокоскоростных процессоров.

Во время работы ПЛК может возникнуть условие, когда какой-нибудь входной сигнал окажется слишком коротким и попадет сразу в цикл обработки

программы, а в опросе входов уже не будет участвовать, возникает это из-за временной задержки. ПЛК не способен заметить данный сигнал и это может привести к ошибке. Поэтому при разработке лабораторного стенда выбирается модель контроллера с достаточным быстродействием. Схематично работа контроллера представлена на рисунке 4.4:

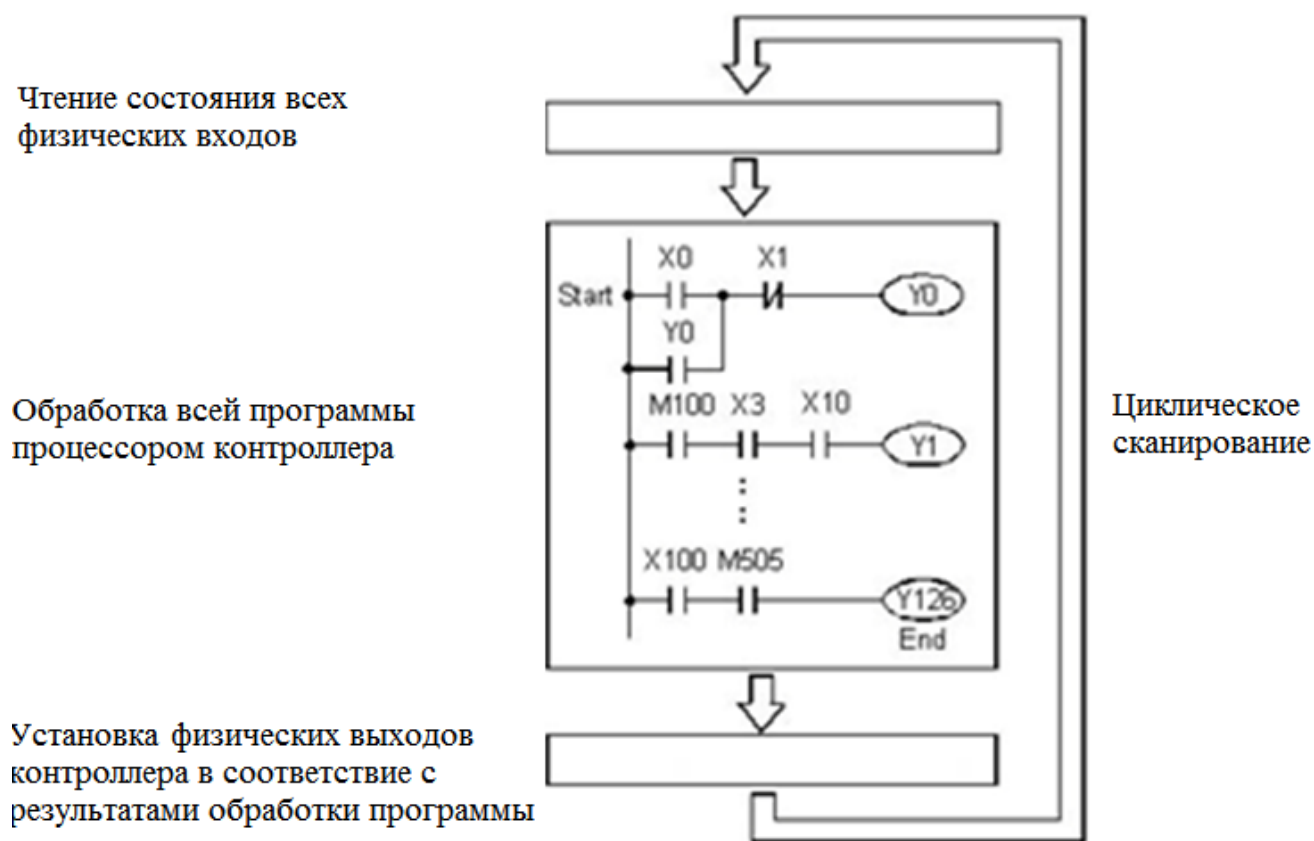


Рисунок 4.4 – Работа контроллера

Другим отличительным признаком релейно-контактных схем от ступенчатых диаграмм ПЛК является то, что контроллер обрабатывает программу только слева направо и сверху вниз. Именно по этой причине обратное протекание тока в цепи не допускается при выполнении программы.

В контроллере все элементы ступенчатой диаграммы воспроизводятся процессором ПЛК, который работает циклично только вперед и не может вернуться на шаг назад в рамках одного скана [16].

Так как все элементы ступенчатой диаграммы воспроизводятся процессором контроллера, что ограничивает его в своих действиях – выполнения программы только вперед, а именно не позволяет ему вернуться на шаг назад. Данное ограничение приведет к сбою и будет выдана ошибка при компиляции.

#### 4.4 Внутренние объекты контроллера (операнды)

Процессор контроллера воспроизводит функции приборов и их работу. Все объекты, которые воспроизводятся самим контроллером и существуют только в

его памяти, называются операндами. Контроллер представляет определенный виртуальный набор контактов, выходных катушек, реле, таймеров, счетчиков и других приборов. Контроллер имеет свой ограниченный набор операндов [7]. Студенты могут использовать функции этих приборов при написании программы. Каждый операнд занимает объем памяти у контроллера – бит или байт (8 бит).

Для удобства написания программы и чтения ступенчатых диаграмм каждый операнд имеет свое название как показано в таблице 4.1 и условное обозначение, приведенное в таблице 4.2.

Таблица 4.1 – Тип, обозначение и описание операнда

Тип и обозначение операнда		Описание
Вход	X	Входное реле являются определителем состояния внешних устройств, подключенных к входным клеммам ПЛК. Способно принимать одно из двух состояний: 0 или 1. Адресация ведется в восьмеричной системе: X0, X1, ... X5,... X10, ... X15, ...
Выход	Y	Выходное реле является определителем состояния выходных клемм ПЛК, к которым подключается нагрузка. Способно принимать одно из двух состояний: 0 или 1. Адресация ведется в восьмеричной системе: Y0, Y1, ... Y5, ... Y10, Y15, ...
Маркер	M	Внутренние (вспомогательные) реле является памятью для промежуточных результатов. Способно принимать одно из двух состояний: 0 или 1. Адресация ведется в десятичной системе: M0, M1, ... M5, ... M10, ... M15, ...
Состояние шага	S	Управляющие шаговые реле используются для программирования последовательного управляющего процесса. Способно принимать одно из двух состояний: 0 или 1. Адресация ведется в десятичной системе: S0, S1, ... S5, ... S10, ...
Шестнадцатеричная константа	N	Данная константа является определителем числа в шестнадцатеричной системе отсчета.

Продолжение таблицы 4.1

Тип и обозначение операнда		Описание
Десятичная константа	К	Данная константа является определителем числа в десятичной системе отсчета.
Таймер	T	Реле времени используются для хранения текущего значения таймера. Способно принимать одно из двух состояний: 0 или 1. Адресация ведется в десятичной системе: T0, T1, ... T5, ... T10, ...
Счетчик	C	Счетчик используются для реализации счета в программе, а также для хранения текущего значения счетчика. Способно принимать одно из двух состояний: 0 или 1. Адресация ведется в десятичной системе: C0, C1, ... C5, ... C10, ...
Регистр данных	D	Память данных используется для хранения. Адресация ведется в десятичной системе: D0, D1, ... D5, ... D10, ... Один регистр занимает две ячейки, при обращении к определенной ячейки D, данные будут прочитаны из ячейки D и последующей.
Файловый регистр	-	Память данных используется для хранения, как дополнительная к регистру данных. Операнд не имеет своего символа. Адресация ведется с помощью десятичных констант: K0, K1, ..., K5, ...K10....
Индексный регистр	E, F	Память данных для промежуточных результатов и индексной идентификации. Адресация ведется с помощью констант: E0 – E7, F0 – F7





Окончание таблицы 4.1

Тип и обозначение операнда		Описание
Указатель	R	Адрес для перехода к подпрограмме.
Указатель прерывания	I	Адрес обработки прерывания.
Номера вложенности	N	Используются для нумерации вложенных схем исключения. Адресация ведется с помощью констант: N0 – N7.

Таблица 4.2 – Условные обозначения

Графический знак	Значение	Команда	Операнд
	Нормально-открытый контакт	LD	X, Y, M, S, T, C
	Нормально-закрытый контакт	LDI	X, Y, M, S, T, C
	Последовательный нормально-открытый контакт (логическое «И»)	AND	X, Y, M, S, T, C
	Параллельный нормально - открытый контакт (логическое «ИЛИ»)	OR	X, Y, M, S, T, C
	Параллельный нормально - закрытый контакт (логическое «ИЛИ-НЕ»)	ORI	X, Y, M, S, T, C
	Контакт, формирующий импульс по переднему фронту входного сигнала	LDP	X, Y, M, S, T, C
	Контакт, формирующий импульс по заднему фронту входного сигнала	LDF	X, Y, M, S, T, C

Окончание таблицы 4.2

Графический знак	Значение	Команда	Операнд
	Последовательный контакт, формирующий импульс по переднему фронту входного сигнала	ANDP	X, Y, M, S, T, C
	Последовательный контакт, формирующий импульс по заднему фронту входного сигнала	ANDF	X, Y, M, S, T, C
	Последовательный блок контактов	ANB	—
	Шаговое реле	STL	S

Выводы по разделу четыре

Программное обеспечение распространяется бесплатно в открытом доступе, имеет небольшой объем, что облегчает доступность для студента.

Язык релейной логики (Ladder Diagram) прост и удобен, совмещает в себе современные технические решения, используемые при программировании логических контроллеров начального профессионального обучения бакалавров.



## 5 РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

### 5.1 Лабораторная работа № 1 «Создание логических программ»

Цель работы: изучить принцип составления программ на языке релейно-контактной логики.

Содержание работы:

- 1 Приобрести навыки запускать среду разработки и создавать новые проекты.
- 2 Научиться составлению программ на языке релейно-контактной LD логики.
- 3 Составить программу управления выходом ПЛК в зависимости от входных сигналов.
- 4 Научиться загружать программу в ПЛК Delta DVP28SV11T.

Описание работы:

Для выполнения данной работы, необходимо запитать стенд вводными автоматами. Далее, включив персональный компьютер, найти ярлык программы ISPSOft. Запустив программу, появится рабочее окно программы продемонстрированное на рисунке 5.1:

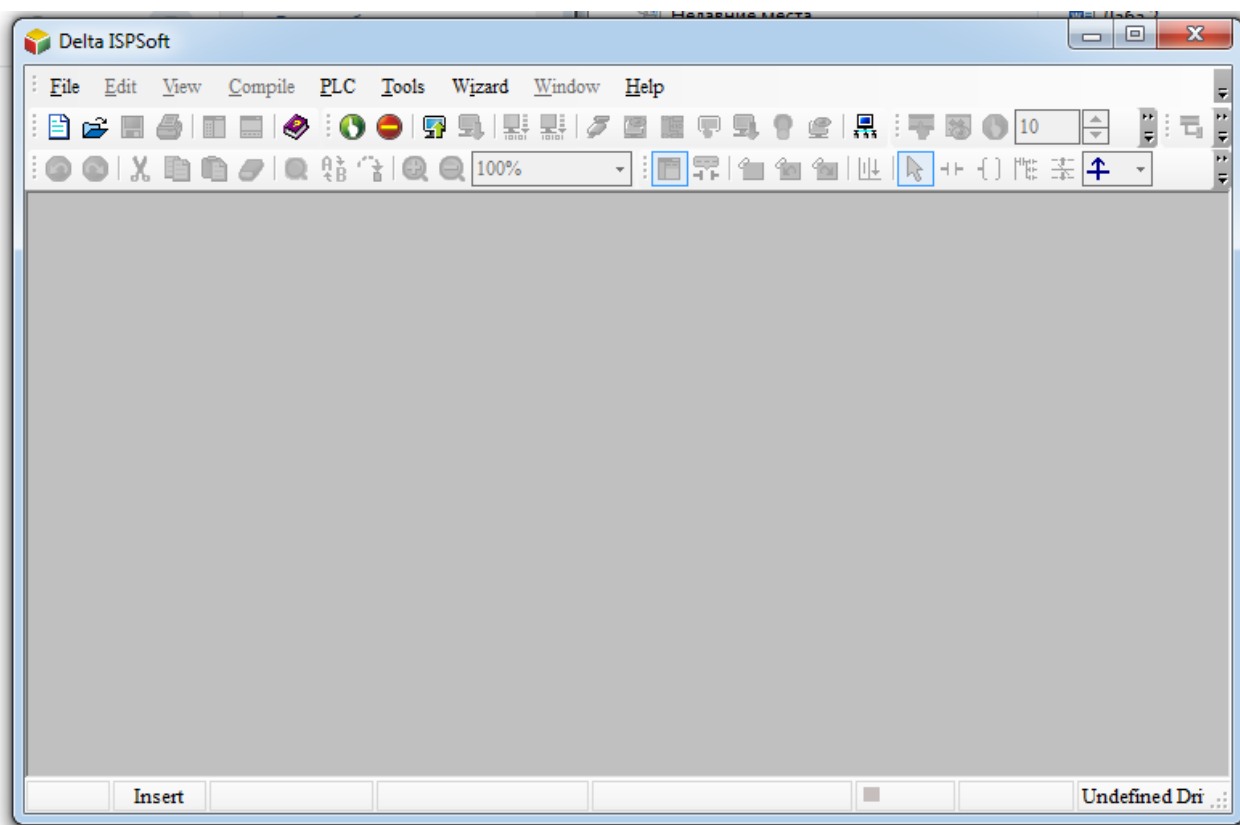


Рисунок 5.1 – Рабочее окно программы

Изучаются вкладки программы и после этого в меню File и создается новый файл, нажимается кнопка «new».

В сплывающем окне, показанном на рисунке 5.2 выбирается требуемые параметры ПЛК.

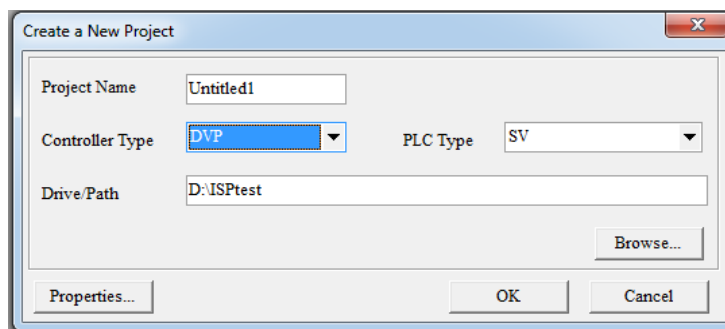


Рисунок 5.2 – Создание нового проекта

Для создания новой программы требуется нажать на пункт «Programs» левой кнопкой мыши и во всплывшем окне, показанном на рисунке 5.3 выбирается пункт «New».

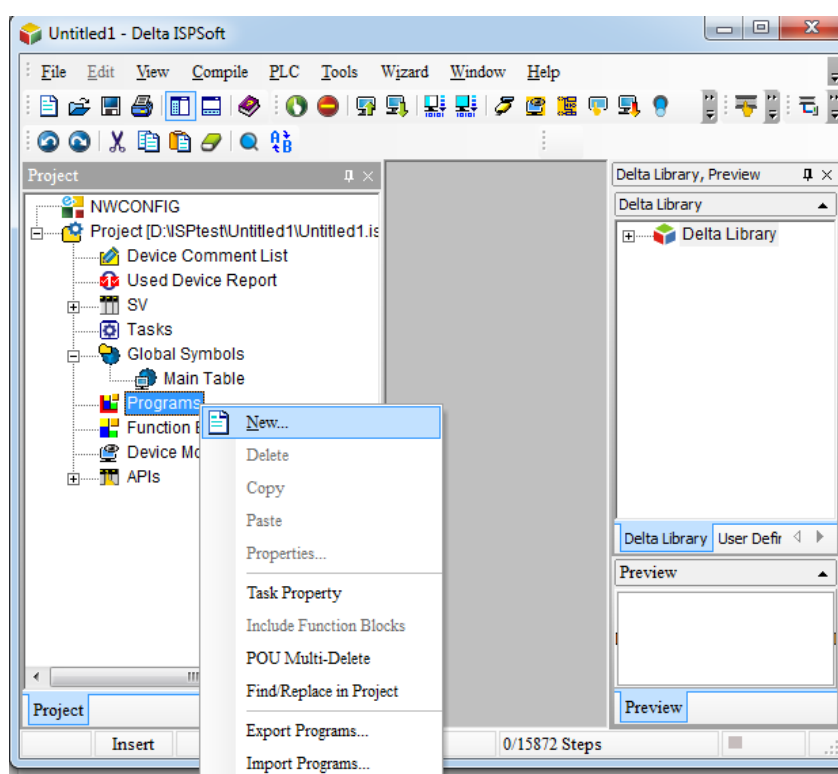


Рисунок 5.3 – Создание новой программы

Далее выбирается требуемый язык программирования и задачу программы, как показано на рисунке 5.4:

Открывается окно программы. На рисунке 5.5 изображено рабочее окно программного обеспечения, цифрами показаны все окна и панели, с которыми будет производиться работа в рамках данного комплекса лабораторных работ.

Очень часто в системах автоматизации необходимо организовать пуск и стоп с помощью кнопок без фиксации, то есть реализовать самоблокировку выхода. Одним из базовых и достаточно распространенных языков программирования промышленных логических контроллеров является язык релейной (лестничной) логики — Ladder Diagram.

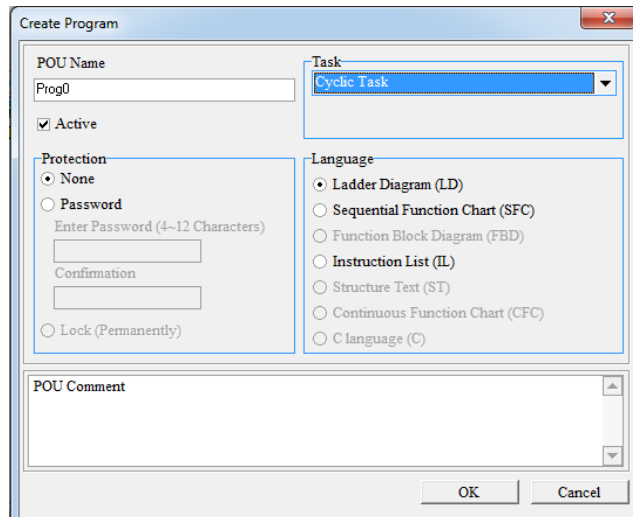


Рисунок 5.4 – Меню создания новой программы

Этот графический язык программирования основан на представлении коммутационных схем и удобен, так как нормально замкнутые и нормально разомкнутые контактные элементы языка LAD можно сопоставить с нормально замкнутыми и нормально разомкнутыми переключателями в электрических цепях. Элементы коммутационной схемы, такие как нормально разомкнутые контакты и нормально замкнутые контакты, группируют в сегменты. Один или несколько сегментов образуют раздел кодов логического блока.

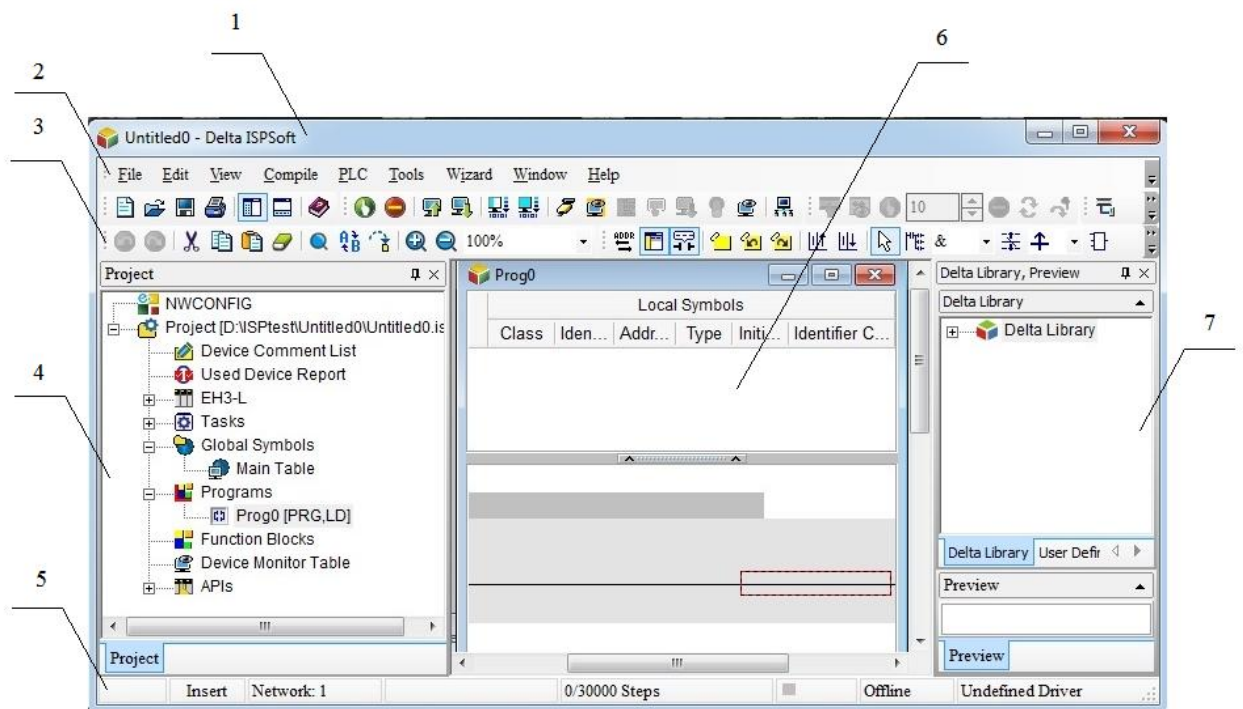


Рисунок 5.5 – Рабочее окно программы

1 – Заголовок окна; 2 – строка меню; 3 – панель доступных инструментов; 4 – область управления проектом; 5 – строка состояния; 6 – рабочая область; 7 – ElDeltaLibrary (библиотека)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

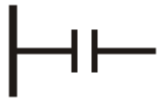



Заголовок окна отображает название проекта и название программы. Область управления проектом используется интерфейс, который использует иерархическую древовидную структуру. Строка состояния отображается информация о редактировании программы и соединения. Рабочая область включает в себя область редактирования программы, таблицу символов, таблицу устройств. EIDeltaLibrary в этой области отображается содержимое библиотеки Delta и пользовательской библиотеки.

Интерфейс программы, написанной на языке LD, понятен и прост, так как управляющая LD-программа является циклической и состоит из строк-ступенек, соединенных слева с вертикальной шиной, а протекание или отсутствие тока в цепи соответствует результату логической операции (истина - ток течет; ложь - ток отсутствует).

Основными элементами языка являются контакты, которые можно образно уподобить паре контактов реле или кнопки. Пара контактов отождествляется с логической переменной, а состояние этой пары – со значением переменной.

Различаются нормально замкнутые и нормально разомкнутые контактные элементы показанные в таблице 5.1, которые можно сопоставить с нормально замкнутыми и нормально разомкнутыми кнопками в электрических цепях.

Таблица 5.1 – Основные типы контактов

Графический знак	Значение	Команда (инструкция)	Операнд
	Нормально-открытый контакт, тип «А»	LD	X,Y,M,S,T,C
	Нормально-закрытый контакт, тип «В»	LDI	X,Y,M,S,T,C
	Последовательный нормально-открытый контакт (логическое «И»)	AND	X,Y,M,S,T,C
	Параллельный нормально-открытый контакт (логическое «ИЛИ»)	OR	X,Y,M,S,T,C

Всем возможным типам переменных в контроллерах присвоены системные имена. Обозначения «I» и «Q» присвоены соответственно дискретным входам и выходам. Для элементов логической схемы алгоритма предусматриваются специальные обозначения, напоминающие обозначения элементов электрических схем. На рисунке 5.6 показаны последовательно включенные ключ (вход) I0.1 и

катушка реле (выход) Q0.1. Вертикальная линия условно определяет собой цепь подачи питания. Выход Q0.1 активизируется, как только появится сигнал на входе I0.1.

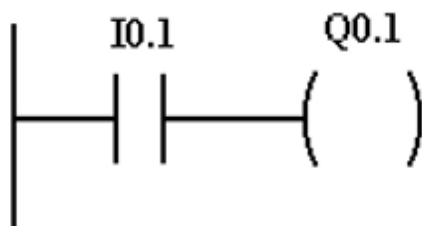


Рисунок 5.6 – Схема представления одной логической цепи

Выход Q0.1 в программе на рисунке 5.7 активизируется тогда, когда появится сигнал на входе I0.3 и сигналы хотя бы на одном из входов I0.1 или I0.2.

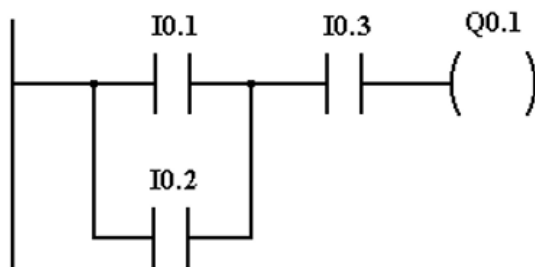


Рисунок 5.7 – Схема представления цепи с логическими элементами «ИЛИ» и «И»

Пояснение к работе: требуемые примеры реализации по вариантам приведены ниже.

Вариант 1: реализовать самоблокировку с приоритетом стопа.

При нажатии кнопки X1=On, сигнал проходит через нормально замкнутую кнопку X2 и вызывает замыкание катушки Y1. При этом замыкается связанный входной контакт Y1. При нажатии кнопки X2 (Стоп) цепь разомкнется и катушка (выход) Y1 отключится, что наглядно продемонстрировано на рисунке 5.8.

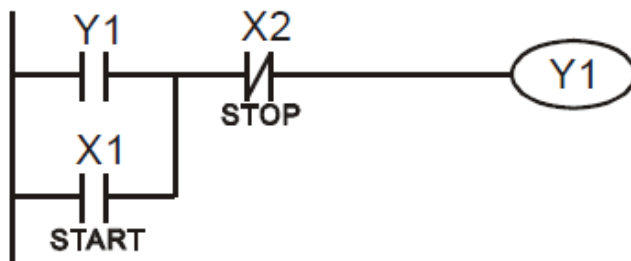


Рисунок 5.8 – Схема приоритет стопа

Вариант 2: реализовать самоблокировку выхода с приоритетом старта.

При нажатии кнопки X1=On, сигнал проходит через нормально замкнутую кнопку X2 и вызывает замыкание катушки Y1. При этом замыкается связанный входной контакт Y1. При нажатии кнопки X2 (Стоп) цепь не разомкнется и катушка (выход) Y1 останется включенной, что наглядно продемонстрировано на рисунке 5.9.

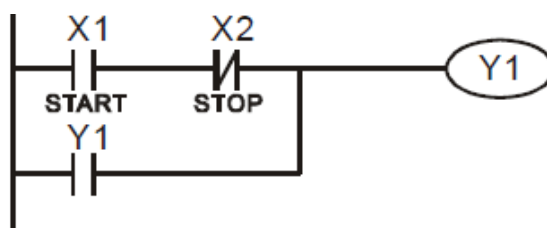


Рисунок 5.9 – Схема приоритета старта

Вариант 3: реализовать блокировку выхода с использованием команд RST приоритет «стоп».

Если команда RST следует за командой SET, то данная цепь называется с приоритетом стопа. Программа выполняется сверху вниз, поэтому при одновременном замыкании контактов X1 и X2 катушка (выход) Y1 сначала замкнется, а затем разомкнется, то есть состояние выхода в конечном итоге определяется кнопкой Стоп, что наглядно продемонстрировано на рисунке 5.10.

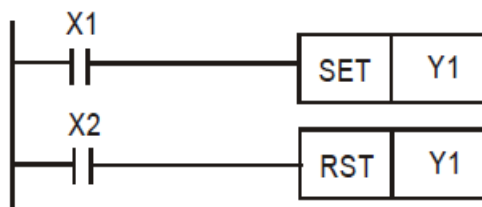


Рисунок 5.10 – Схема блокировки выхода с приоритетом стоп

Вариант 4: реализовать блокировку выхода с использованием команд RST приоритет «старт».

Если команда RST стоит перед командой SET, то данная цепь называется с приоритетом Старта. Программа выполняется сверху вниз, поэтому при одновременном замыкании контактов X1и X2 катушка (выход) Y1 сначала разомкнется, а затем снова замкнется, то есть состояние выхода в конечном итоге определяется кнопкой Старт, что наглядно продемонстрировано на рисунке 5.11.

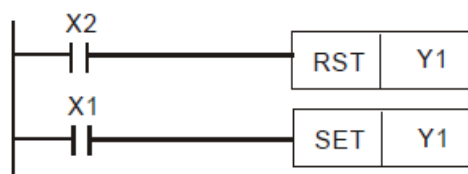


Рисунок 5.11 – Схема блокировки выхода с приоритетом старт

Контрольные вопросы:

- 1 Как создать проект в системе программирования ISPSOFT 3.07?
- 2 Раскройте понятие «ПЛК»?
- 3 Что такое дискретный вход или выход? Как определяются их состояния?
- 4 Какие базовые виды контактов бывают?
- 5 Дайте характеристику входам и выходам контроллера Delta DVP28SV11T.
- 6 В чем вы видите достоинства и недостатки ПЛК?

5.2 Лабораторная работа №2 «Построение систем логического управления на языке Ladder Diagram».

Цель работы: создание анимационной таблицы, разработка операторского экрана (экрана реального времени).

Содержание работы:

- 1 Приобрести навыки по запуску среды программирования.
- 2 Ознакомиться с внутренними объектами контроллера (операндами).
- 3 Создать анимационную таблицу и составить программу.

Основные теоретические сведения:

Язык LD – это графический язык - применяется для описания логических выражений различного уровня сложности, графического представления булевых уравнений. Он содержит контакты (входные аргументы) и катушки (выходные переменные). Элементы организуются в сеть релейно-контактных схем. При необходимости можно реализовывать более сложную логику, используя, например элементы языка FBD. Каждому контакту ставится в соответствие логическая переменная, определяющая его состояние. Ее имя ставится над контактом и служит его названием. Если контакт замкнут, то переменная имеет значение TRUE, если разомкнут – FALSE. Последовательное соединение контактов или цепей соответствует логической операции (инверсный) контакт равнозначен логической операции НЕ релейно-контактные схемы и элементы

Релейная схема представляет собой 2 вертикальные шины питания, между которыми расположены горизонтальные цепи из контактов и катушек реле. Графические символы языка LD соответствуют элементам электрических цепей и имеют те же названия и LD-программа выполняется последовательно слева направо и сверху вниз. В каждом рабочем цикле однократно выполняются все цепи, входящие в сеть. Любая переменная в рамках одной цепи всегда имеет одно и то же значение. Если даже реле в цепи изменит переменную, то новое значение поступит на контакты только в следующем цикле. Цепи, расположенные ниже, получают новое значение переменной сразу, а расположенные выше - только в следующем цикле. Строгий порядок выполнения цепей очень важен. Благодаря жесткому порядку выполнения LD-программы сохраняют устойчивость.

Для управления выполнением LD-программ, могут использоваться метки и условные/безусловные переходы к ним. Если линия соединения слева от длинного перехода имеет состояние TRUE, то выполнение программы продолжается с

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

фрагмента, расположенного после соответствующей метки. Структура программы LD соответствует ступени переключения реле. Левая шина питания расположена в левой части редактора LD. Левая шина питания соответствует фазе (L проводник) ступени. При программировании LD, также как для ступени, «обрабатываются» только те объекты LD, которые соединены с источником питания, т.е. соединены с левой шиной питания. Правая шина питания соответствует нейтральному проводу.

Задание: необходимо разработать программу по управлению режимом работы трехцветной гирлянды, осуществляя переключение цветов в заданный интервал времени.

1 В новом проекте создается секция на языке LD, для установки заданного интервала времени, необходимо использовать функциональный блок таймер, в нашем случае необходим счетчик TON, в противном случае пользователь может зайти в библиотеку функциональных блоков и выбрать необходимый, нажав на кнопку с тремя точками, которая расположена справа от окна ввода.

2 Необходимо создать программу в рабочем поле LD. Контакты, которые отвечают за запуск цикла устанавливаются согласно логике программы, при этом их необходимо подключить к таймеру, который будет обеспечивать задержку появления цвета в несколько секунд. Программа показана на рисунке 5.12.

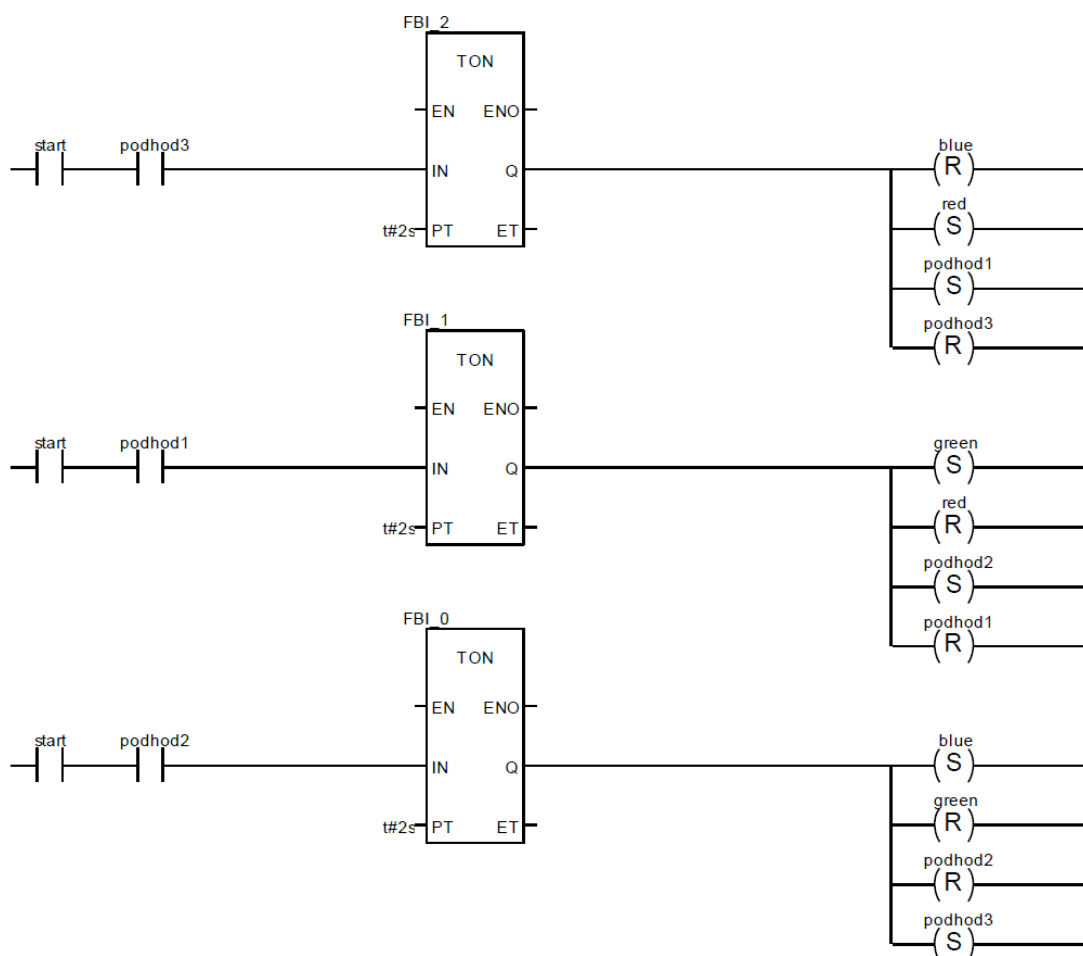


Рисунок 5.12 – Схема с таймером, который обеспечивает задержку появления цвета



Принцип действия схемы: при включении схемы нажатием на кнопку старт замыкаются контакты «Start» на всех трех строках программы. Далее один из трех контактов Podhod находясь в замкнутом положении, подается сигнал разрешения на свой блок «TON» вход «IN». На вход «PT» с двухсекундной задержкой подается сигнал разрешения запуска, с выхода Q на цвет «Green» подается сигнал изменения положения реле, то есть включения, а на цвет «Red» включенный предыдущим блоком подается сигнал (R) сброса и происходит отключение. На элемент Podhod2 приходит сигнал включения (S), контакт Podhod1 из-за команды (R) размыкается и вся рассмотренная ранее цепь «обесточивается».

В это время вся цепь после элемента Podhod1 является не действующей, а цепь после элемента Podhod2 запущена. Лампочки Зеленого цвета будут гореть еще 2 секунды, пока FBI\_0 не получит 2 разрешения на входы «IN» и «PT», после этого произойдет отключение зеленого цвета, включение синего, отключение Podhod2 и включение Podhod3. Далее схема действует в уже описанном порядке и закикливается до отмены сигнала старт.

3 Необходимо создать анимационную таблицу, для отслеживания текущего состояния переменных, а так же управления элементами.

4 Операторский экран демонстрирует цветовое переключение гирлянды в интервале две секунды. Так же необходимо разместить кнопки по запуску работы механизма на экране как продемонстрировано на рисунке 5.13. Элементы гирлянды создаются с помощью панели инструментов редактора.

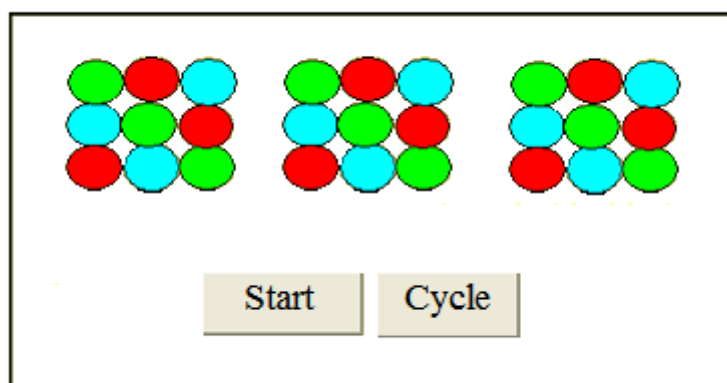


Рисунок 5.13 – Световая панель цикла световой гирлянды

Контрольные вопросы:

1 Нарисуйте условные обозначения и объясните принцип работы нормально-открытых и нормально-закрытых контактов, SET/RESET.

2 Какой элемент реализует ячейку памяти в языке LD?

3 Изобразите простейшую цепь с самофиксацией.

4 Благодаря чему в LD снижена возможность возникновения эффекта «гонок», встречающемуся в электронных схемах с триггерами?

5 Какими способами возможно объявление типа переменных ISPSoft 3.07?

### 5.3 Лабораторная работа №3 «Изучение назначения таймеров и их реализации в IPSoft»

Цель работы: изучение назначения таймеров и их реализации в IPSoft.

Содержание работы:

1 Ознакомиться с теорией операнды таймера при программировании.

2 Изучить типовые виды таймеров и их реализацию.

3 По примеру разобрать и экспериментально исследовать заданные в лабораторной работе схемы.

Пояснения к работе: таймер предназначен для отсчета заданной уставки времени при выполнении входного условия. По достижении установленного значения замыкается контакт таймера с соответствующим номером. В программе таймеры могут использоваться как контакты и выходы. Однако воздействовать на внешние выходы не могут.

Таймеры бывают трех разновидностей: общие, аккумулятивные и для подпрограмм. По шагу уставки таймеры подразделяются также на три вида: с шагом 1 мс, 10 мс и 100 мс. Счет всегда идет вверх (в сторону увеличения). Количество шагов, которые необходимо отсчитать, задается десятичной константой "К". Также можно использовать регистр "D".

ПЛК должен иметь в своем составе таймеры как часть языка его программирования. Наиболее распространенным является таймер, осуществляющий задержку включения, действие которого проиллюстрировано на рисунке 5.14 а). На его основе, можно смоделировать все другие типы таймеров. Переход из 0 в 1 осуществляется с задержкой на заранее заданное время  $T$ , но переход из 1 в 0 происходит совершенно без запаздывания. Входной сигнал длительностью менее  $T$  игнорируется.

Таймер, осуществляющий задержку выключения, обеспечивает мгновенный переход из 0 в 1, но переход из 1 в 0 — с задержкой. Его действие проиллюстрировано на рисунке 5.14 б). Задержка выключения обычно используется для устранения эффекта дребезга контактов или шума из входного сигнала. Задержку выключения можно получить на основе задержки включения, используя инверсию входного сигнала и инверсию выходного сигнала таймера.

На рисунке 5.14 в) проиллюстрировано действие запускаемого фронтом входного сигнала импульсного таймера, который обеспечивает формирование импульса фиксированной ширины для каждого перехода из 0 в 1 на входе таймера. Импульсы полезны для восстановления исходного состояния счетчиков или для управления переносом некоторых данных из одного места в другое.

Таймер любого типа имеет несколько параметров, которые должны быть установлены пользователем. Типичными единицами являются 10 мс, 100 мс, 1 с, 10 с и 100 с. Базовая единица не влияет на точность таймера; эта точность обычно совпадает с точностью цикла выполнения программы.

Следующим параметром (preset) является длительность задаваемого таймером интервала времени (этот параметр часто называется уставкой). Длительность измеряется в базовых единицах времени; например, при базовой

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

единице 10 мс таймер с уставкой 150 будет формировать длительность 1,5 с.

Таймер, осуществляющий задержку выключения и используемый в системе торможения автомобиля, может иметь различные уставки в зависимости от того, с какой скоростью движется автомобиль — с высокой или низкой.

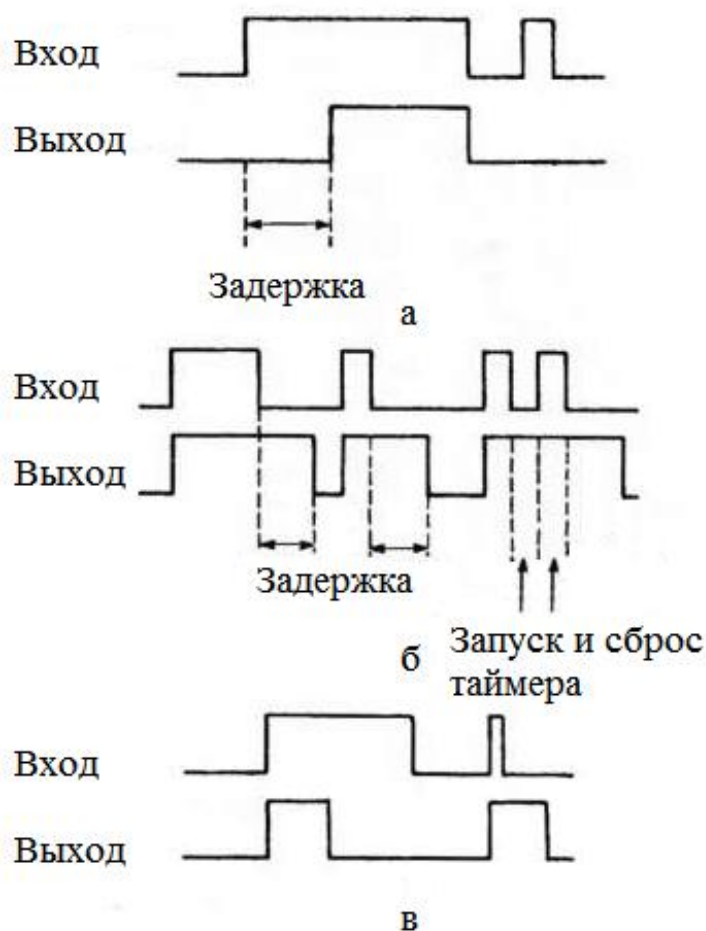


Рисунок 5.14 – Различные типы таймеров:

- а) задержка включения;
- б) задержка выключения;
- в) формирование импульса фиксированной ширины

Работу таймера можно описать с помощью ряда сигналов. На рисунке 5.15 изображены сигналы таймера PLC-5, осуществляющего задержку включения (называемого TON) и задержку выключения (называемого TOF). Обозначения сигналов следующие: EN - имитация входа (запуска) таймера, TT - присутствует, пока идет отсчет времени, DN - сообщает, что работа таймера закончена.

Требуемые для реализации и анализа виды таймеров:

1 Общие таймеры отсчитывают заданную уставку при непрерывном выполнении входного условия до достижения заданного значения. Если выполнение условия прерывается, тотаймер сбрасывается в ноль и при возобновлении входного условия начинает отчитыватьуставку заново.

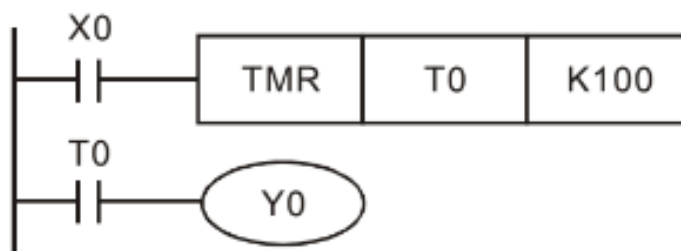


Рисунок 5.15 – Общий таймер

При замыкании контакта X0 начнется отсчет уставки таймера T0 (10 сек). При достижении уставки замкнется контакт таймера T0, который замкнет катушку Y0. Как только перестанет выполняться входное условие, контакт T0 разомкнется и разомкнет выходной контакт Y0. Если при отсчете уставки таймера контакт X0 хотя бы на мгновение разомкнется, таймер T0 сбросится в ноль и при восстановлении входного условия отсчет начнется заново с нуля.

2 Аккумулятивный таймер показанный на рисунке 5.16 сохраняет текущее отсчитанное значение уставки при прекращении выполнения входного условия. При восстановлении входного условия отсчет уставки таймера продолжается с последнего места и до достижения заданного значения. Сброс аккумулятивного таймера осуществляется командой RST.

Допустим уставка таймера T250 10 сек. (K=100). При замыкании контакта X0 первый раз отсчет уставки не достигает заданного значения, так как контакт X0 размыкается раньше. Но таймер T250 «запомнит» накопленное значение и при повторном замыкании контакта X0 продолжит отсчет уставки дальше до достижения заданного значения, при достижении которого замкнется контакт T250, который замкнет катушку Y0. После этого состояние X0 уже не будет влиять на состояние контакта T250. Таймер можно будет сбросить только командой RST.

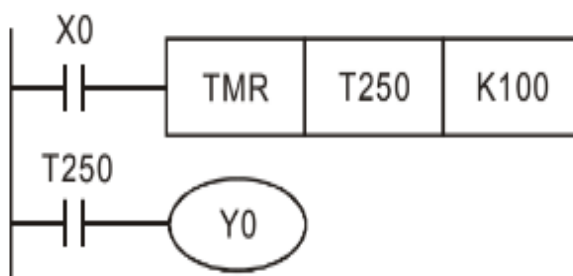


Рисунок 5.16 – Аккумулятивный таймер

3 Таймеры для подпрограмм. Если таймер используется в подпрограмме или имеет прерывание в подпрограмме, применяются таймеры с адресами T192-T199, так как обычные таймеры в этих случаях не будут работать корректно.

В контроллерах таймер начинает отчет времени после команды END в начале следующего скана. Таймер начинает отчет времени сразу с выполнением команды

TMR как показано на рисунке 5.17.

Точность таймера составляет:  $(T-\alpha) \leq T \leq (T+T_0)$ ,

где  $T$  – заданное значение времени;

$T_0$  – время цикла программы;

$\alpha$  – дискретность таймера (100 мс, 10 мс, 1 мс).

Если исполняемая инструкция рабочего контакта таймера находится в программе перед записью инструкции TMR, то ошибочная задержка будет составлять  $(+2T_0)$ , так как  $T+T_0+T_0 = T+2T_0$ .

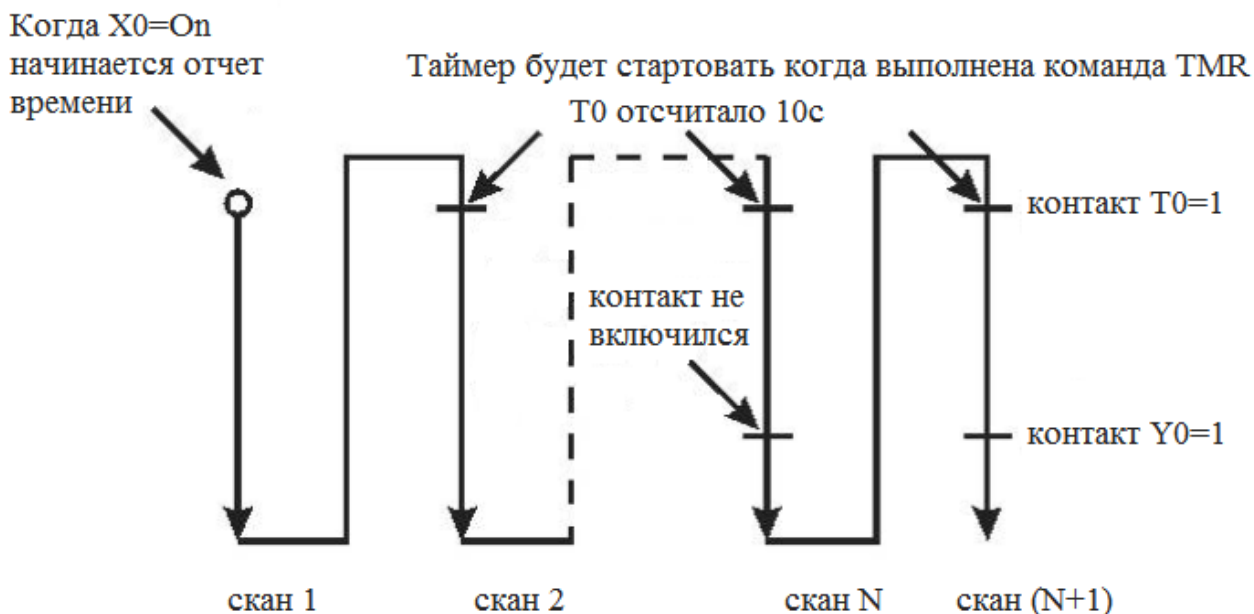


Рисунок 5.17 – Работа таймера с выполнением команды TMR

Если уставка времени  $T = 0$ , то рабочий контакт таймера сработает, как только в программе начнет обрабатываться инструкция, содержащая этот контакт.

Контрольные вопросы:

- 1 Что такое Таймер?
- 2 Какие виды таймеров бывают?
- 3 Для чего предназначается таймер в системах автоматизации?
- 4 Какой командой можно произвести сброс аккумулятивного таймера ?

5.4 Лабораторная работа №4 «Преобразование аналоговой схемы управления реверсивным пуском двигателя в схему на базе ПЛК»

Цель работы: изучить методы и принципы преобразования схем управления на базе современных программируемых контроллеров.

Содержание работы:

- 1 Ознакомиться с пояснением к работе, изучив принцип работы схемы реверсивного пуска двигателя.
- 2 Проанализировать схему, оптимизировать ее для работы на базе ПЛК.
- 3 Произвести подбор логических блоков опираясь на описание работы, запрограммировать контроллер для работы с преобразованной схемой.

4 В соответствии с видоизмененной схемой произвести подключение вторичных цепей схемы и произвести запуск.

Пояснение к работе: в зависимости от механизма, который приводится во вращение электродвигатель, может возникнуть необходимость в изменении направления вращения механизмов, а следовательно, и вала двигателя, в нашем случае трех фазного асинхронного электродвигателя.

Для изменения направления вращения вала (реверса) электродвигателя необходимо поменять местами две фазы. Стоит отметить, что не имеет значения какие фазы меняются, но принято менять две крайние фазы, то есть фазу «А» с фазой «В». Схема управления представлена на рисунке 5.18.

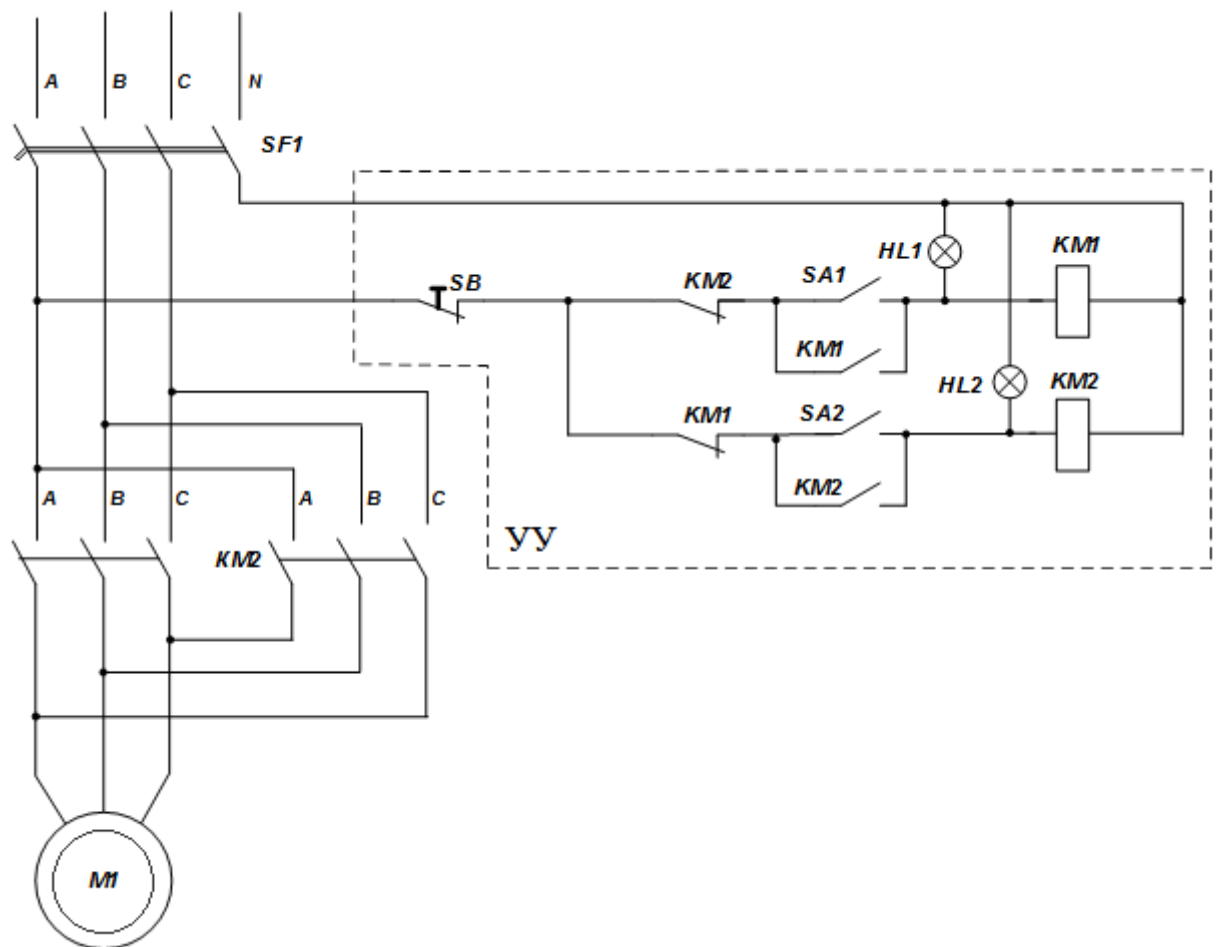


Рисунок 5.18 – Схема реверсивного пуска двигателя

Для наглядности каждая фаза подписаны: фаза «А», фаза «В» и фаза «С», так же имеется цепь управления, взятая с фазы А. Как и элементарная схема пуска асинхронного двигателя, схема этого же двигателя состоит из следующих элементов (устройств):

- Вводной автомат SF1 – через него подается трехфазное напряжение силовой цепи и цепи управления.
- Два магнитных пускателя KM1 и KM2, через силовые контакты которых,

подаётся питание на двигатель. Катушки этих пускателей также включены в цепь управления. Каждый из магнитных пускателей отвечает за определенное вращение ротора. Питание подаётся через магнитный пускатель КМ1, то вал электродвигателя будет вращаться по часовой стрелке (вперед), если же питание подаётся через силовые контакты магнитного пускателя КМ2, то вал асинхронного двигателя будет вращаться против часовой стрелки (назад), как показано на рисунке 5.19.

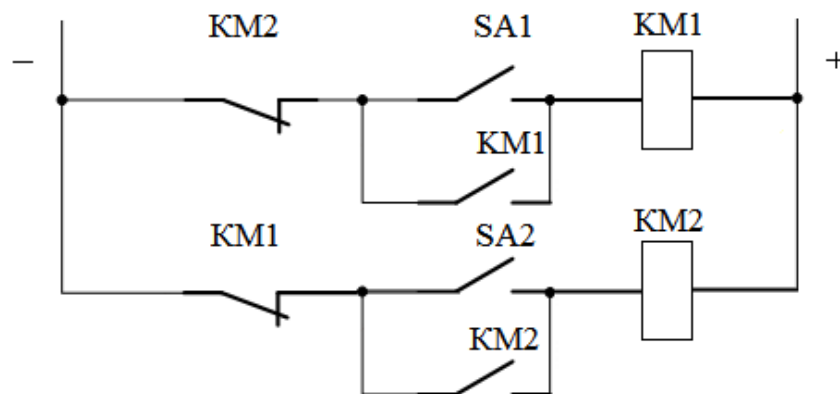


Рисунок 5.19 – Блокирующие контакты пускателей

Наличие электрической блокировки, которая выражается постоянно замкнутыми блок контактами магнитных пускателей КМ1 и КМ2, включенных в цепь управления изображенных на рисунке 5.19. Данные контакты запрещают от ключа одновременно включать 2 пускателя, исключая короткое замыкание в цепях питания двигателя.

В схеме используются катушки магнитных пускателей, рассчитанные на линейное напряжение фазное напряжение 220В. Если же катушки магнитных пускателей были рассчитаны на фазное напряжение сети 380В, то в цепи управления использовалась бы не нейтраль, а фаза В или С.

Нормально разомкнутые контакты ключей самовозвратных SA1 и SA2 это команды пуск, каждая из которых соответствует направлению вращения вала электродвигателя (вперед и назад). Нормально замкнутый контакт SB1 – кнопка стоп, разрывающая все цепи управления. Трех фазный асинхронный двигатель Д.

Описание работы схемы: для того, чтобы привести схему в готовность к пуску, необходимо включить вводной автомат SF1 нужно ввести в работу. В таком состоянии схема реверса асинхронного двигателя готова к пуску. При этом напряжение в силовой цепи подается через вводный автоматический выключатель SF1 на верхние губки магнитных пускателей КМ1 и КМ2, а в цепи управления через нормально замкнутый контакт кнопки SB подаётся напряжение на нормально разомкнутые контакты ключей SA1 и SA2, а также на нормально разомкнутые блок контакты магнитных пускателей КМ1 и КМ2.

Для запуска необходимо повернуть ручку пуск SA1. После замыкания контакта SA1, напряжение через замкнутый блок контакт блокировки магнитного пускателя КМ2, через катушку магнитного пускателя КМ1, выйдет на «N». Образуется замкнутая цепь, по которой начнет протекать переменный ток.

Проходя через катушку магнитного пускателя КМ1, она образует магнитное поле, которое втянет якорь магнитного пускателя КМ1, при этом его силовые контакты замкнутся, вследствие чего асинхронный электродвигатель получит питание, по его обмоткам начнет протекать ток, и он запустится, ротор будет вращаться. При срабатывании магнитного пускателя, его разомкнутый контакт в цепи управления замкнется, он шунтирует ключ SA1, то есть ток будет протекать параллельно пусковой кнопки, так что при отпускании пусковой кнопки машина не остановится. Так же в цепи пусковой SA2 разомкнется блок контакт магнитного пускателя КМ1, этим исключит возможность срабатывания второго магнитного пускателя КМ2, что вызовет межфазное короткое замыкание. Все перечисленное происходило при нажатии кнопки «Пуск», замыкания контакта SA1.

Чтобы остановить двигатель, необходимо нажать кнопку «Стоп», то есть разомкнуть контакт кнопки SB1. Вследствие чего цепь, в которую включены катушки будет разомкнута, электрический ток не будет по ним протекать. Магнитный пускатель разомкнет свои силовые контакты, из-за чего двигатель потеряет питание и остановится. При этом нормально разомкнутый блок контакт КМ1 (подхват) разомкнется, это приведет к тому, что при возврате кнопки SB3 двигатель не запустится снова. Так же нормально замкнутый блок контакт электрической блокировки КМ1 в цепи катушки магнитного пускателя КМ2 замкнется, обеспечивая возможность включения обратного хода. Схема вернется в состояние готовности очередному пуску двигателя.

Если замкнется контакт SF2, произойдут те же действия что и при замыкании контакта SF1, но с другим магнитным пускателем КМ2, и направление вращения вала асинхронного двигателя будет обратным. Магнитный пускатель КМ2 включен в цепи так, что фазы «А» и «С» поменяны местами, это и гарантирует изменение направления вращения вала. Для остановки необходимо так же разомкнуть контакт кнопки SB3.

Лампы, рассчитанные на фазное напряжение 220 Вольт, загораются во время замыкания цепи управления и подачи напряжения на пускатель соответственного направления вращения двигателя.

Преобразования данной схемы в схему, где большую часть функций вторичных цепей и контроля выполнения операций будет выполняться при помощи программируемого логического контроллера.

Дополнительно к схеме прибавляются два реле контактора с катушкой на 24В показанных на рисунке 5.20.

Постоянно разомкнутые контакты ключей управления SA1 и SA2, выполняющие роль управляющего сигнала подсоединяются к входным контактам ПЛК. Постоянно разомкнутые блок контакты пускателей КМ1 и КМ2, выполняющие роль самоподхвата можно упразднить, так как их можно убрать из за наличия шаговых реле. Постоянно замкнутые блоки контакта пускателей КМ1 и КМ2 выполняющие роль взаимоблокировки управляющих сигналов так же упраздняются, из за наличия идентичных цепей в программе ПЛК.

Контакты катушки пускателя 220В фазного напряжения подключаются с одной стороны к постоянно разомкнутым контактам реле К1 и К2 с другой сто-

						Лист
					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



роны к нейтрали. Катушки реле K1 и K2 на 24В подключаются к выходным реле ПЛК. K3 и K4 , так же по одному постоянно замкнутому и разомкнутому контакту на каждое реле.

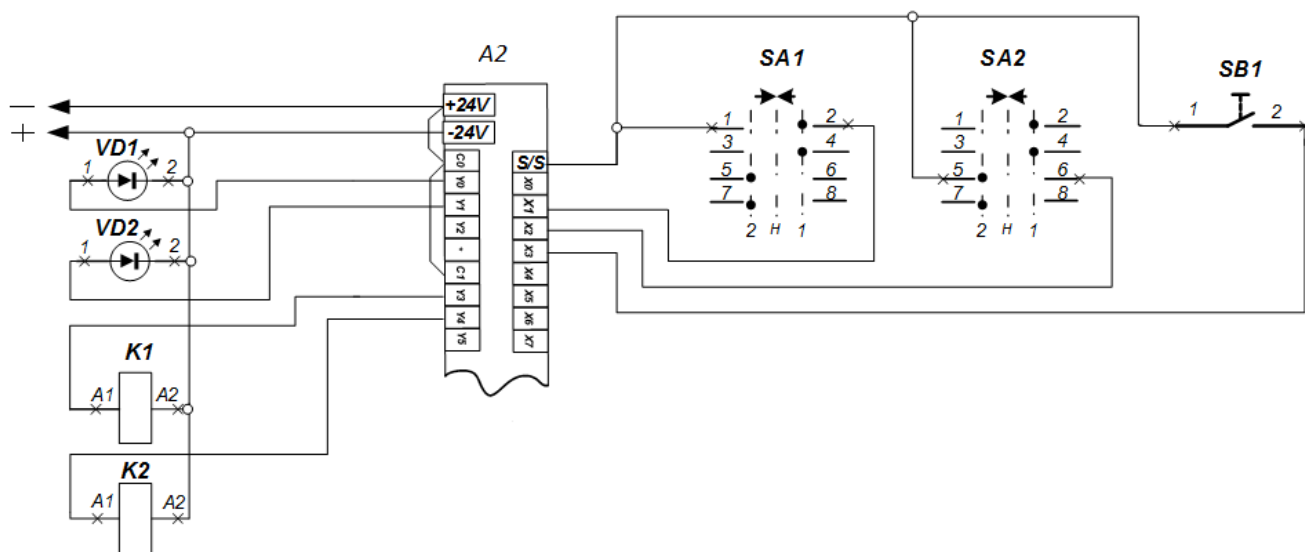


Рисунок 5.20 – Элементы схемы управления на базе ПЛК

Светодиоды 24В для указания наличия сигнала управления подключаются к выходным реле ПЛК. Лампы 220 В подключаются с одной стороны к постоянно разомкнутым контактам реле K4 и K3, но для этого потребуются подключить параллельно катушки реле K1, K3 и K2, K4, соответственно. Контакт кнопки прерывания сигнала управления «Стоп» подключается так же ко входным контактам ПЛК.

Вопрос прерывания сигнала решается используя замыкающий контакт SB и самоподхват использованием далее описанной смемы. Ранее в лабораторных работах рассматриваются типовые блоки, которые пригодятся в данной лабораторной работе. Вопрос прерывания сигнала решается используя замыкающий контакт SB и самоподхват использованием далее описанной смемы.

При нажатии кнопки X1=On, сигнал проходит через нормально замкнутую кнопку X2 и вызывает замыкание катушки Y1. При этом замыкается связанный входной контакт Y1. При нажатии кнопки X2 (Стоп) цепь разомкнется и катушка (выход) Y1 отключится. Поэтому данную схему называют приоритетом Стопа.

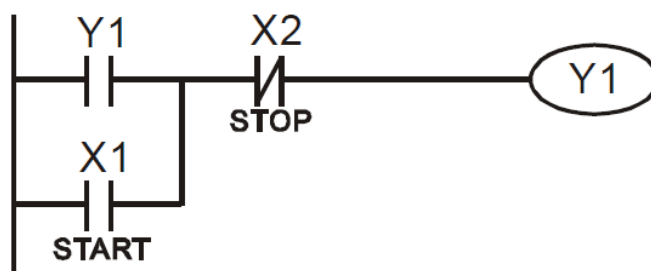


Рисунок 5.21– Схема с самоподхватом и приоритетом стопа

Схема пуска является реверсивной, то есть двигатель будет крутиться в две стороны поочередно, с приоритетом существующего направления, поэтому схема на рисунке 5.21 усложняется наличием второго управляющего сигнала и превращается в схему показанной на рисунке 5.22.

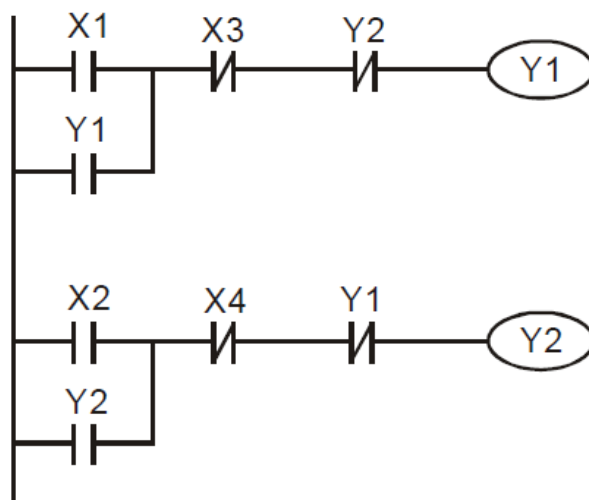


Рисунок 5.22 – Схема со взаимоблокировкой выходов

Контакты X1 и X2 включают выходы Y1 и Y2 соответственно. Однако, выходы Y1 и Y2 не могут быть активны одновременно, так как включены последовательно в цепь друг друга. Когда Y1 включен, Y2 не может быть включен, так как взаимосвязанный с выходом Y1 контакт будет разомкнут и наоборот.

Даже если X1 и X2 сработают одновременно, выходы Y1 и Y2 не включатся сразу оба ввиду прохождения программы сверху вниз. Для подключения лампочек, индикации аварийной остановки или запрета выполнения команд можно использовать блок продемонстрированный на рисунке 5.23:

При помощи вышеприведенной схемы организуется управление длительностью периодов свечения лампочек или звучания зуммера. С этой целью используется два таймера, которые управляют одним выходом Y1. При замыкании контакта X0 сигнал проходит через нормально закрытые контакты T2 и T1, замыкая выход Y1 лампочка зажглась или зуммер начал звучать, а также начинается отсчет уставки времени таймера T1.

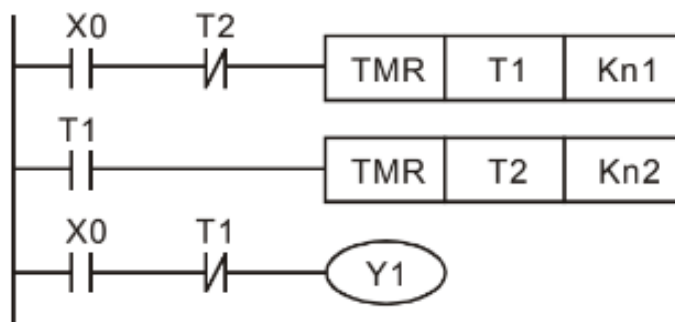


Рисунок 5.23 – Схема для организации повторно-прерывистого свечения лампочек

По достижении уставки  $K_{n1}$  замыкается нормально открытый контакт  $T1$ , начинается отсчет уставки времени таймера  $T2$ , размыкается нормально закрытый контакт  $T1$ , который размыкает выход  $Y1$  лампочка перестает гореть или зуммер звучать.

По достижении уставки таймера  $T2$  размыкается нормально закрытый контакт  $T2$  и соответственно сбрасывается таймер  $T1$ , замыкается нормально закрытый контакт  $T1$ , который замыкает выход  $Y1$  лампочка снова начинает гореть или зуммер звучать. Данный цикл будет продолжаться до тех пор пока замкнут контакт  $X0$ . Уставка таймера  $T1$  определяет продолжительность горения лампочки или звучания зуммера, а уставка таймера  $T2$  определяет время отсутствия свечения лампочки, звучания зуммера. На временной диаграмме сверху « $T$ » – это шаг таймера, « $n1$ » - количество шагов, отсчитываемых таймером  $T1$  (вместе это уставка), « $n2$ » - количество шагов, отсчитываемых таймером  $T2$ .

Для возможности задержки работы двигателя после нажатия кнопки стоп, используется блок задержки, как показано на рисунке 5.24:

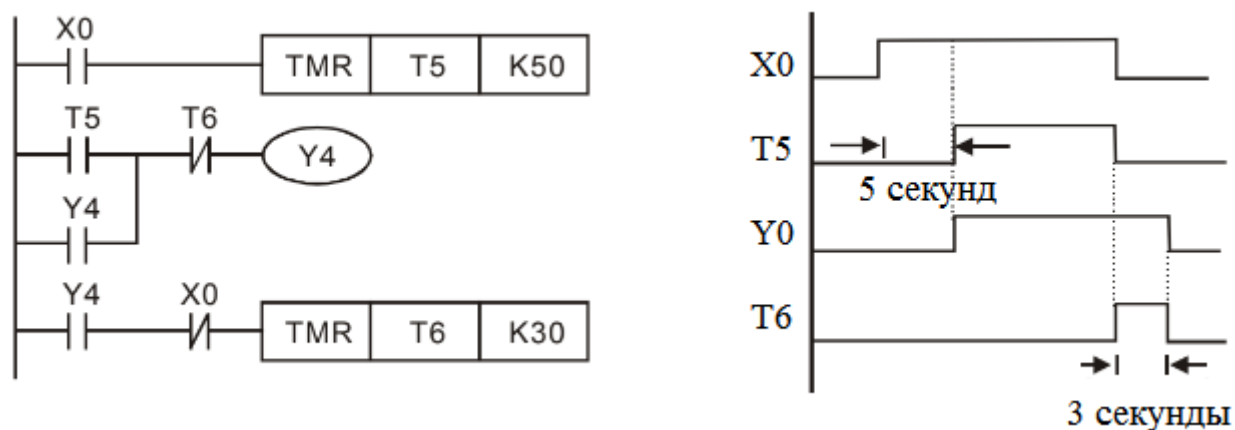


Рисунок 5.24 – Блок задержки сигнала

Исходным состоянием считается, когда  $X0$  разомкнут, все таймеры отсчитали свои уставки и выход  $Y4$  соответственно отключен. При подаче сигнала замыкается контакт  $X0$ , таймер  $T5$  начинается отсчет своей уставки и по ее достижении замыкается контакт  $T5$ , который включает самоблокирующийся выход  $Y4$ . Входной сигнал на  $X20$  размыкает также нормально закрытый контакт  $X20$  в линии таймера  $T6$ , блокируя тем самым возможность одновременной работы таймеров  $T5$  и  $T6$ . При активации катушки  $Y4$  замыкается контакт  $Y4$  на линии таймера  $T6$ , который начинает отсчет своей уставки при пропадании входного сигнала на нормально закрытом контакте  $X0$ , то есть его замыкании. При достижении значения уставки таймер  $T6$  активирует свой контакт, что приведет к размыканию нормально закрытого контакта  $T6$  на линии выхода  $Y4$  и его сброса. Соответственно размыкаются все контакты  $Y4$  и таймер  $T6$  сбрасывается. Схема переходит в исходное состояние.

Таймер  $T5$  организует задержку включения выхода  $Y4$  (уставка 5 сек = шаг 0,1 сек · 50 шагов), а таймер  $T6$  определяет время задержки отключения выхода  $Y4$  (уставка 3 сек = шаг 0,1 сек · 30 шагов).

После формирования логической составляющей и программирования выходных сигналов, необходимо построить схему вторичных соединений от выходных контактов ПЛК до реле, от реле до пускателей, от пускателей до двигателя. Так же требуется запитать входа ПЛК через ключи и кнопки.

Для проведения следующей операции предоставлены схемы соединений всех устройств находящихся на стенде, и используемых в этой лабораторной работе. Для подключения цепей управления двигателем к ПЛК требуется выяснить схему работы контактов ключей и кнопок. В лабораторном стенде используются ключи Типа ПК-16 2001, ключ с автоматическим возвратом. Схема работы контактов представлена на рисунке 5.25.

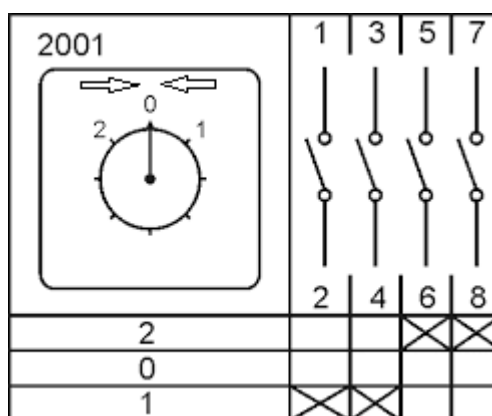


Рисунок 5.25 – Схема работы ключа.

В нейтральном положении ручки переключателя все контакты разомкнуты. В положении 1 – замкнуты контакты 2-1 и 4-3. В положении 2 – замкнуты контакты 6-5 и 8-7. В качестве ключей SA1 и SA2 нужно использовать всего один ключ. Но для команды стоп, нужно использовать кнопку SB1, так как в ключе присутствует самовозврат.

На кнопке Q18LT-WS/WB EATON один замыкающийся контакт, нужно использовать его. Нужно проверить сопротивление на контакте мультиметром. Реле контактор VS220-11 24V нужно использовать как сухие контакты, для предотвращения выноса потенциала за шкаф автоматике и для изменения уровня напряжения на контактах реле до 220 Вольт. Для правильного использования данного реле, одни концы контактов нужно подключить к фазе 220В, а вторые к катушке пускателей или к лампам.

Все контакты пускателя являются разомкнутыми. К контактам пускателя 1 фазы подаются в прямом чередовании, на пускатель 2 в обратном.

Для подключения двигателя, используется схема подключения «Звезда». После подключения двигателя к пускателям проверяется его работа поочередно поджимая пускатели и подавая напряжение на двигатель, при этом двигатель будет вращаться, по часовой и против часовой стрелки соответственно.

Контрольные вопросы:

1 Что такое самоподхват команды управления и как он осуществляется в языке программирования, используемом в данной лабораторной работе.

- 2 Какое напряжение приходит на входные контакты ПЛК ?
- 3 Для чего нужны сухие контакты в схеме управления ?
- 4 Как самовозврат ключа команды управления влияет на логику ПЛК? Какие элементы логики при этом добавляются?

Вывод по разделу пять

Разработанные лабораторные работы по дисциплине «Автоматизация типовых технологических процессов» обеспечивают изучение принципов программирования, а также позволяют освоить профессиональные навыки по составлению программ на языке Ladder Diagram для ПЛК Delta DVP28SV11T.

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

## 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Себестоимость определяется по формуле (6.1) [17]:

$$S = C_m + C_{зн} + C_{есн.}, \quad (6.1)$$

где  $C_m$  – материалы и оборудование;  
 $C_{зн}$  – затраты на оплату труда инженера и электромонтажника;  
 $C_{есн.}$  – единый социальный налог;

Затраты на материалы и оборудование представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Затраты на материалы и оборудование

Наименование продукции	Единица измерения	Количество	Стоимость за единицу, руб.	Сметная стоимость, руб.
Монтажная панель	шт	6	2500	15000
Профиль ОВ-2020-ВР	м	4	195	780
ПЛК	шт	1	26411	26411
Панель оператора	шт	1	34115	34115
Дифференциальный автомат АВДТ ЭРА NO-902-142 АВДТ2	шт	1	1270	1270
Выключатель автоматический двухполюсный UC В S202M	шт	1	4635	4635
Тумблер ПП-45М	шт	3	520	1560
Светодиод	шт	6	110	660
Лампа	шт	6	230	1380
Мультиметр	шт	1	3103	3103
Кнопки типа Q18LT-WS/WB EATON	шт	2	1191	2382
Модульный контактор VS220-11	шт	2	1384	2768
Реле	шт	4	400	1600
Двигатель переменного тока XINRUI MS561-2	шт	1	3072	3072

Окончание таблицы 6.1

Наименование продукции	Единица измерения	Количество	Стоимость за единицу, руб.	Сметная стоимость, руб.
Блок питания MDR-100-24	шт	1	3336	3336
Провод	м	35	30	1050
Винт	шт	50	32	1600
Уголок	шт	2	34,9	69,8
Кожух	шт	6	2949	17694
DIN-рейка	м	2	89	178
Итого, $C_m$ :				122663,8

Транспортные расходы приняты 10% от сметной стоимости затрат на материалы и оборудование. Они составили  $T_p = 12266,4$  руб.

В разработке участвует инженер и специалист по монтажу оборудования, оклад которых составляет  $O_{и1} = 18000$  руб. и  $O_{и2} = 16000$  руб.

Время разработки комплекса  $T'_{рк}$ , мес, рассчитывается по формуле (6.2):

$$T'_{рк} = \frac{T_{рк}}{D}, \quad (6.2)$$

где  $T_{рк}$  — время, затраченное на разработку всего комплекса, дни;  
 $D$  — количество рабочих дней в месяце,  $D = 22$  дня.

$$T'_{рк1} = \frac{35}{22} = 1,59 \text{ мес}$$

$$T'_{рк2} = \frac{25}{22} = 1,14 \text{ мес}$$

Основная заработная плата  $C_{оз}$ , руб, рассчитывается по формуле (6.3) [18]:

$$C_{оз} = O_{и} \cdot T'_{рк} \cdot (1 + k_{пояс}), \quad (6.3)$$

где  $k_{пояс} = 0,15$  – поясной коэффициент.

$$C_{оз1} = 18000 \cdot 1,59 \cdot 1,15 = 32913 \text{ руб}$$

$$C_{оз2} = 16000 \cdot 1,14 \cdot 1,15 = 20976 \text{ руб}$$

Дополнительная заработная плата персонала  $C_{дз}$ , руб рассчитывается по формуле (6.4):

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

$$C_{\partial 3} = 0,1 \cdot C_{o3}, \quad (6.4)$$

$$C_{\partial 31} = 0,1 \cdot 32913 = 3291,3 \text{ руб}$$

$$C_{\partial 32} = 0,1 \cdot 20976 = 2097,6 \text{ руб}$$

Заработная плата состоит из основной заработной платы и дополнительной

$$З_1 = 32913 + 3291,3 = 36204,3 \text{ руб}$$

$$З_2 = 20976 + 2097,6 = 23073,6 \text{ руб}$$

Отчисления в пенсионный фонд, рассчитываются по формуле (6.5):

$$O_{нф} = \frac{З \cdot P_{nc}}{100}, \quad (6.5)$$

где  $O_{нф}$  – размер отчислений в пенсионный фонд, руб;  
 $З$  – начисленная заработная плата, руб;  
 $P_{nc}$  – процент отчислений в пенсионный фонд,  $P_{nc} = 22\%$ .

$$O_{нф1} = \frac{36204,3 \cdot 22}{100} = 7964,9 \text{ руб}$$

$$O_{нф2} = \frac{23073,6 \cdot 22}{100} = 5076,2 \text{ руб}$$

Отчисления в фонд социального страхования РФ рассчитываются по формуле (6.6):

$$O_{cc} = \frac{З \cdot P_{cc}}{100}, \quad (6.6)$$

где  $O_{cc}$  – размер отчислений в фонд социального страхования, руб;  
 $З$  – начисленная заработная плата, руб;  
 $P_{cc}$  – процент отчислений на социальное страхование,  $P_{cc} = 2,9\%$ .

$$O_{cc1} = \frac{36204,3 \cdot 2,9}{100} = 1049,9 \text{ руб}$$

$$O_{cc2} = \frac{23073,6 \cdot 2,9}{100} = 669,1 \text{ руб}$$

Отчисления в фонд обязательного медицинского страхования производятся за счет издержек производства и обращения, рассчитываются по формуле (6.7) [19]:

$$O_{mc} = \frac{З \cdot P_{pm}}{100}, \quad (6.7)$$



где  $O_{мс}$  – отчисления в фонд обязательного медицинского страхования;  
 $Z$  – начисленная заработная плата и другие приравненные к ней выплаты;  
 $P_{мс}$  – установленный процент отчислений на обязательное медицинское страхование,  $P_{мс} = 5,1\%$ .

$$O_{мс1} = \frac{36204,3 \cdot 5,1}{100} = 1846,4 \text{ руб}$$

$$O_{мс2} = \frac{23073,6 \cdot 5,1}{100} = 1176,7 \text{ руб}$$

Общая сумма отчислений на социальные нужды определяется по формуле (6.8):

$$O_{сн} = O_{нф} + O_{сс} + O_{мс}, \quad (6.8)$$

$$O_{сн1} = 7964,9 + 1049,9 + 1846,4 = 10861,2 \text{ руб}$$

$$O_{сн2} = 5076,2 + 669,1 + 1176,7 = 6922 \text{ руб}$$

Смета затрат на разработку лабораторного стенда приведена в таблице 6.4.

Таблица 6.4 — Смета затрат на разработку лабораторного комплекса

Статьи затрат	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Затраты на материалы и оборудование, с учетом транспортных затрат	134930,2	63,7
Заработная плата	59277,9	27,9
Отчисления на социальные нужды	17783,2	8,4
Итого $S$ , руб.:	211991,3	100

Выводы по разделу шесть

Составлена смета затрат включает в себя затраты на материалы и оборудование используемое при разработке и изготовлении лабораторного стенда. Полная себестоимость лабораторного комплекса составляет 211991 руб. 30 коп.

## 7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 7.1 Краткое описание производственного участка

Лаборатория располагается в здании университета филиала ЮУрГУ в городе Златоусте в кабинете 2-305 «Электролаборатория кафедры ЭАПП». Лаборатория специализирована для выполнения лабораторных работ на учебно-лабораторных стендах специального назначения. В лаборатории присутствует электронно-вычислительная техника для обработки проведенных опытов и полученных результатов. Лаборатория рассчитана на преподавателей, лаборантов и студентов, занимающихся научно-исследовательской работой, в том числе и над выпускной квалификационной работой.

В учебно-лабораторном стенде присутствуют токоведущие части, которые представляют угрозу поражения электрическим током. Эта угроза была решена путем разделения силовой и управляющей части электроснабжения стенда, а также установкой защитного заземления. Стенд устанавливается на поверхность рабочего стола сделанного из диэлектрического материала.

### 7.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов

Рабочая деятельность в лаборатории напрямую связана с ПК и работой с лабораторными стендами, соответственно с вредными условиями труда, что значительно уменьшает эффективность работы. Лабораторные стенды, а также персональные компьютеры имеют свойство ломаться. При проведении внепланового и планового ремонта вычислительной техники выполняются следующие действия [22]:

- отключение компьютера и лабораторного стенда от сети;
- проверка отсутствия напряжения;
- заземление отключенных токоведущих частей.

Уже после выполнения данных операций, можно осуществлять ремонт неисправного оборудования.

Разработка мероприятий и требований, дают возможность сформировать безопасные и благоприятные условия для работы студентов. Во время выполнения лабораторных работ на студентов воздействуют физические факторы [23]:

- температура, влажность, скорость потока воздуха;
- электрически заряженные частицы воздуха;
- тепловое излучение;
- электромагнитные поля и излучения: электростатические поля, постоянные магнитные поля, электрические;
- шум;
- освещение: естественное (отсутствие или недостаточность), искусственное (недостаточная освещенность), прямая и отраженная слепящая местность, пу-

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

льсация освещенности;

- электрический ток.

Помимо физических факторов на студентов действуют психофизиологические факторы, к ним относятся:

- физические перегрузки (статические, динамические, гиподинамия) ;
- нервно-психические перегрузки (эмоциональное, умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов (слуха, зрения, кожи), монотонность труда) [29].

Влияние отмеченных выше неблагоприятных факторов приводит к уменьшению трудоспособности, утомлению, а также раздражению и возникновению недомогания и болей.

### 7.3 Выбор значений факторов рабочей среды и трудового процесса

Для нормальной и высокопроизводительной работы в помещении лаборатории необходимо, чтобы метеорологические условия (температура, влажность и скорость движения воздуха) находились в определенных соотношениях [24].

В лаборатории 2-305 применяется естественная вентиляция, а именно ветровой напор. Наиболее часто изменения микроклимата в помещениях лаборатории вызываются изменением температуры рабочих помещений [28]. Температуру в помещении лаборатории следует корректировать в зависимости от времени года, числа тепловыделений. Оптимальные нормы (ГОСТ 12.1.005-88) [39] приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Оптимальные нормы микроклимата для лаборатории

Период года	Температура воздуха, °С не более		Относительная влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с
	22	24	40	60	
Холодный	22	24	40	60	0,1
Теплый	23	25	40	60	0,1

В лаборатории также присутствуют устройства производящие шум. Стандарт устанавливает допустимые уровни шума на рабочих местах при эксплуатации вычислительных машин и лабораторного стенда, характеризующихся эквивалентным уровнем звука [30]. Допустимые значения (ГОСТ 12.1.003-2014) приведены в таблице 7.2.

К числу неблагоприятных факторов относятся электромагнитные поля. В таблице 7.3 представлены параметры допустимых значений электромагнитных излучений [33].

Таблица 7.2 – Допустимые уровни шума

Категория рабочего места	Допустимое значение, дБ не более	Примеры устройств, которыми снабжены указанные рабочие места
Рабочие места с использованием устройств в лабораториях	До 60	ЭВМ для проведения лабораторных работ
Рабочие места с использованием устройств для исследований и программирования	До 50	Дисплеи, клавиатуры, настольные вычислительные машины

Таблица 7.3 – Предельно допустимые значения электромагнитного излучения

Наименование параметров	Допустимое значение
Напряженность электромагнитного на расстоянии 45 см от монитора (электрическая составляющая)	10 В/м
Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 45 см от поверхности монитора (магнитная составляющая)	0,3 А/м
Напряженность электростатического поля	20 кВ/м (не более)
Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 45 см вокруг монитора должна находиться в пределах: – в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц; – в диапазоне частот 2 – 400 кГц	25 В/м 2,5 В/м (не более)

#### 7.4 Охрана труда

Студенты должны ознакомиться с инструктажем по охране труда, а также проходить проверку по правилам нормативно – технических документов (правил и инструкций по технической эксплуатации, пожарной безопасности) [26].

К работе в лаборатории допускаются студенты, прошедшие:

- вводный инструктаж по охране труда;
- инструктаж по пожарной безопасности;
- проверку знаний требований охраны труда.

Студентам чтобы избежать поражения электрическим током в лаборатории, необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

- не использовать поврежденный шнур и устройства;
- не трогать оборудование мокрыми руками;
- отсоединять от источника питания компьютер и лабораторный стенд, когда они длительное время не используются;
- не передвигать компьютер и стенд;
- не включать компьютер и учебно-лабораторный стенд со снятым корпусом и кожухом;
- не эксплуатировать компьютер и стенд с неисправным шнуром питания;

Электропитание компьютера и лабораторного стенда подключается посредством автоматических выключателей, установленных в месте, подходящем для быстрого отключения питания рабочего места, вдобавок ко всему организованы мероприятия с целью обесточивания в аварийных режимах.

На рабочем месте студента (лаборанта, преподавателя) металлическим является корпус системного блока компьютера и сам стенд, где кроме рабочей изоляции предусмотрен элемент для заземления и провод с заземляющей жилой для присоединения к источнику питания [21].

Для защиты студентов и преподавателей от поражения электрическим током используются заземление. Сопротивление заземления должно быть не больше 10 Ом.

Характерной чертой лаборатории считается разрядные токи статического электричества, образующие при прикосновении студентов, лаборантов и преподавателей к некоторым элементам компьютера и лабораторных стендов. Подобные разряды не представляют опасности, однако приводят к неприятным ощущениям в виде удара или толчка. С целью уменьшения возникающих зарядов статического электричества, покрытия технологических полов в лабораторных помещениях выполняется из антистатического материала [27].

## 7.5 Производственная санитария

Лаборатория, в которой работают студенты (лаборанты, преподаватели), принадлежит к помещениям без повышенной опасности. В эту категорию включаются помещения, характеризующиеся пониженной влажностью воздуха, оснащенные вентиляционной системой и отоплением. Полы в данном помещении выполняются из не токопроводящего материала [31].

Освещение в помещении лаборатории 2-305 является гибридным, а именно естественным и искусственным. Естественное освещение осуществляется через оконные проемы в боковой части здания филиала ЮУрГУ. Для предотвращения малой освещенности искусственное освещение в лаборатории с ЭВМ осуществляется люминесцентными источниками света в потолочных светильниках.

Освещенность плоскости рабочего места должна быть в пределах 300-500 лк, а общая освещенность помещения - не менее 400 лк. Величина коэффициента

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

естественной освещенности (к.е.о.) соответствует СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» [32].

Освещение искусственным светом в лаборатории осуществляется общим освещением, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно или применительно к расположению оборудования [25].

Необходимо рассчитать освещение помещения лаборатории. Система освещения общая равномерная, светильники типа ЛВО с светодиодными лампами которые обладают следующими характеристиками: мощность лампы  $W = 22$  Вт, напряжение питания  $U = 220$  В. Расчет выполняется методом коэффициента использования светового потока.

Световой поток лампы  $\Phi$ , вычисляется по формуле (7.1):

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{N \cdot n \cdot \gamma \cdot \eta_n}, \quad (7.1)$$

где  $E_n$  – нормированная освещенность, лк;

$S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$K_z$  – коэффициент запаса, учитывающий запыление светильников и износ источников света в процессе эксплуатации;

$Z$  – поправочный коэффициент, учитывающий неравномерность освещения,  $Z=1,1$ ;

$N$  – количество светильников;

$n$  – количество ламп в светильнике;

$\gamma$  – коэффициент затенения рабочего места работающим человеком,  $\gamma=0,9$ ;

$\eta_n$  – коэффициент использования светового потока.

Выбирается лампа соответствующей мощности, обладающая необходимым световым потоком и обеспечивающая нормативную освещенность. Для учебных аудиторий нормированная освещенность составляет  $E_n=400$  лк. Световой поток одной лампы принимается  $\Phi=1800$  лм, коэффициенты отражения потолка, стен и пола принимаются соответственно 70%, 50%, 10%. Из формулы (7.1) выразим  $N$ , тогда количество ламп будет вычисляться по формуле (7.2):

$$N = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{\Phi \cdot n \cdot \gamma \cdot \eta_n}, \quad (7.2)$$

Коэффициент использования светового потока определяется в зависимости от типа светильника, а также коэффициента отражения стен и потолка помещения и индекса помещения, определяемого по формуле (7.3):

$$i = \frac{A \cdot B}{h_0 \cdot (A + B)}, \quad (7.3)$$

где  $A$  – длина помещения, м;

$B$  – ширина помещения, м;

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

$h_0$  – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м.  
Значения подставляются в формулу (7.4):

$$i = \frac{6 \cdot 7}{2,7 \cdot (6 + 7)} = 1,2 \quad (7.4)$$

В соответствии с индексом помещения получается коэффициент использования светового потока равный 0,42. Количество ламп вычисляется по формуле (7.2):

$$N = \frac{400 \cdot 42 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{1800 \cdot 3 \cdot 0,9 \cdot 0,42} = 11,77.$$

Получившееся значение округляется до 12 ламп, следовательно, принимается количество светильников равное 4.

## 7.6 Эргономика

Немаловажную значимость играет планировка рабочей зоны. Взаимное расположение всех элементов на рабочем месте должно соответствовать эргономическим, физическим и психологическим требованиям [34].

Эргономическими требованиями рабочих мест являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, расстояние от глаз студента до лабораторного стенда, экрана монитора, документа, клавиатуры, характеристики рабочего стула, требования к поверхности рабочего стола, а также регулируемость элементов рабочего места согласно ГОСТ 12.2.032-78.

Так как рабочим положением студента является положение сидя, главными сопутствующими элементами являются стол и стул. Основным. Конструкция стола, стула должна обеспечиваться возможностью индивидуальной регулировки соответственно росту студента.

Для плодотворной работы студента стол должен удовлетворять комфортным условиям [26]:

- высота стола должна быть выбрана с учетом норм ГОСТ 12.2.032-78;
- нижняя часть стола не должна мешать студенту, чтобы он не был вынужден поджимать ноги;
- блики от поверхности рабочего стола студента не допускаются;
- высота рабочей поверхности должна осуществляться в пределах 680 – 750 мм.

Для создания благоприятных условий труда для студентов в лаборатории, следует брать во внимание психофизические особенности студентов, а также общую гигиеническую ситуацию. Большим значением в создании оптимальных условий труда является социальный климат. При выполнении лабораторных работ на ПК у студентов появляется значительное напряжение зрительного аппа-

рата. Появление жалоб на неудовлетворенность работой, мигрени, раздражительность, усталость и болезненные ощущения в пояснице, в области шеи и руках также является следствием продолжительной работы за компьютером. Кроме этого возникает перенапряжение анализаторов .

Для предотвращения нервно-эмоционального напряжения и снижения работоспособности студентов следует делать 5 минутные перерывы. Во время перерывов, после каждых 25 минут работы за компьютером, следует выполнять комплексы упражнений (гимнастику), направленный на профилактику зрительного аппарата, шеи, спины. В таблице 7.4 представлены визуальные эргономические параметры и пределы их изменения.

Таблица 7.4 – Визуальные эргономические параметры

Наименование параметров, размерность	Пределы значений параметров	
	не менее	не более
Яркость знака (фона), кд/м <sup>2</sup>	35	120
Внешняя освещенность экрана, лк	100	250
Угловой размер знака, угл. мин	16	60

В случаях появления зрительного дискомфорта или неблагоприятных индивидуальных ощущениях, к студентам выполняющие работу за компьютером или стендом требуется индивидуальный подход в ограничении времени на выполнение работы и увеличить количество перерывов для отдыха.

#### 7.7 Противопожарная и взрывобезопасность при работе в лаборатории

Пожарная безопасность направлена на безопасность студентов, лаборантов и преподавателей. Сбережение материальных ценностей лаборатории также учитывается пожарной безопасностью.

Пожары в лаборатории представляют собой особую угрозу. Отличительной чертой лаборатории является небольшое пространство. Пламя, в котором может возникнуть при взаимодействии горючих веществ и окислителя при наличии источников зажигания. В помещениях лаборатории находятся все три основных компонента для возникновения пламени, а вследствие и пожара. Горючими элементами считаются материалы эстетической отделки лаборатории, перегородки, двери, изоляция силовых сигнальных кабелей, обмотки деталей, панели, стойки, шкафы, столы, стулья и прочие элементы находящиеся внутри помещения [36]. Причины возможного возникновения пожара в помещении лаборатории:



- несоблюдение правил эксплуатации электроустановок и электросети;
- перегрев мест соединений токоведущих частей;
- несоблюдение правил пожарной безопасности студентами.

Для предотвращения пожаров проводится инструктаж, постоянный контроль преподавателем правильности эксплуатации аппаратуры и оборудования.

Вдобавок ко всему, в лаборатории используются носители информации на бумажной основе, образующие большое количество бумажной пыли. Пыль, оседая на элементах электронных схем вызывает нагревание устройств ЭВМ, что в конце концов может привести к возгоранию оборудования.

Источниками пожара в помещении лаборатории могут быть электронное оборудование, используемое в процессе обучения, а именно приборы для технологического обслуживания ЭВМ, устройства питания, оборудование лабораторного стенда, различные датчики, контроллеры.

Предотвращение пожара достигается следующими мероприятиями:

- установка пожарной сигнализации;
- установкой вентиляторов на платы компьютера;
- не оставлять без присмотра работающий компьютер и стенд;
- не допускается перегиб, передавливание и натяжение питающих кабелей;
- не допускается установка компьютера и учебно-лабораторных стендов вблизи источников тепла;
- не допускается закрытие вентиляционных отверстий.

В здании университета ЮУрГУ в г.Златоусте для ликвидации пожаров применяются пожарные краны, которые в свою очередь устанавливаются в доступных и заметных местах. Также применяются огнетушители типа ОП – 10 и ОУ – 2, ОУ – 5, ОУ – 8, ОП – 5 – 01[37].

## 7.8 Экологическая безопасность

При выполнении работ в лаборатории выбросов вредных веществ в атмосферу не происходит. Компьютеры и учебно-лабораторные стенды являются экологической опасностью. Компоненты, подтвержденные утилизации представляют собой твердые отходы, не разлагающиеся. Некоторые электронные компоненты перерабатываются, но в большинстве случаев, корпуса и различные электронные устройства не перерабатываются. Отходы, получаемые при эксплуатации ЭВМ и учебно-лабораторных стендов, вывозятся и перерабатываются специализированными организациями [27].

## 7.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайной ситуации

В период проведения лабораторных работ, при первых признаках аварийной ситуации (возникновение дыма, запаха) необходимо отключить ПК и лабораторный стенд от питающей сети [38]. Подготовка студентов и преподавателей к чрезвычайной ситуации увеличивает безопасность.

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Ответственным, за оповещение лаборанта, преподавателя и студентов, а также их эвакуацию, считается заведующий лабораторией. При наличии сигнала тревоги также следует отключить оборудование лаборатории от питающей сети, чтобы не допустить аварийных ситуаций при коротком замыкании или обрыве токоведущих частей. При выходе из помещения лаборатории необходимо проконтролировать отсутствие там кого-либо и уже после этих действий, закрыть дверь с целью исключения проникновения посторонних лиц. Затем следуя за преподавателем необходимо покинуть университет согласно планам эвакуации, которые находятся на каждом этаже здания.

#### Вывод по разделу семь

Выполнен анализ вредных и негативных факторов. Производимая работа за персональным компьютером и лабораторным стендом отрицательно сказываются на студентах и преподавателях, для предотвращения снижения работоспособности у студентов следует делать перерывы. Предусмотрены мероприятия по обеспечению безопасности при угрозе чрезвычайной ситуации.

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы произведено сравнение ПЛК. ПЛК Delta 28SV11T имеет достаточно низкую стоимость, простой язык и удобный интерфейс среды программирования. ПЛК компании Delta Electronics превосходят по количеству поддерживаемых сетевых протоколов, по надежности и быстродействию. Контроллер имеет 16 входов и 12 выходов, что достаточно для реализации лабораторных работ.

Разработанные лабораторные работы по дисциплине «Автоматизация типовых технологических процессов» позволяют закрепить теоретические знания и получить навыки методов разработки программирования логических контроллеров и панелей оператора.

Разработанный лабораторный комплекс на базе ПЛК Delta DVP28SV11T соответствует требованиям для обучения студентов и обеспечивает большую вариативность реализуемых заданий для лабораторных работ.

Программное обеспечение распространяется бесплатно в открытом доступе, имеет небольшой объем, что облегчает доступность для студента.

Язык релейной логики (Ladder Diagram) прост и удобен, совмещает в себе современные технические решения, используемые при программировании логических контроллеров начального профессионального обучения бакалавров.

Разработанные лабораторные работы по дисциплине «Автоматизация типовых технологических процессов» обеспечивают изучение принципов программирования, а также позволяют освоить профессиональные навыки по составлению программ на языке Ladder Diagram для ПЛК Delta DVP28SV11T.

Составлена смета затрат включает в себя затраты на материалы и оборудование используемое при разработке и изготовлении лабораторного стенда. Полная себестоимость лабораторного комплекса составляет 211991 руб. 30 коп.

Выполнен анализ вредных и негативных факторов действующих на студентов и преподавателей. Производимая работа за персональным компьютером и лабораторным стендом отрицательно сказываются на студентах и преподавателях, для предотвращения снижения работоспособности у студентов следует делать перерывы. Предусмотрены мероприятия по обеспечению безопасности при угрозе чрезвычайной ситуации.

Результаты выпускной квалификационной работы планируются к внедрению в филиале ЮУрГУ в г. Златоусте.

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования. – <https://fgos.ru/>
- 2 Программируемые устройства автоматизации: учебное пособие / А.М. Борисов, А.С. Нестеров, Н.А. Логинова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 186 с.
- 3 Основы автоматики: учебное пособие / А.М. Борисов, Р.З. Хусаинов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 86 с.
- 4 Автоматизация технологических процессов и установок: учебное пособие / А.М. Борисов, А.С. Нестеров, А.Н. Горожанкин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 160 с.
- 5 Автоматизация типовых технологических процессов и установок: учебник для вузов / А.М. Корытин, Н.К. Петров, С.Н. Радимов – 2-е издание, переработанное и дополненное – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 432 с.
- 6 Основы теории управления. Системы автоматического управления. – <https://ideafix.name/UNIVERSITY/ASU/lectures/3.pdf>
- 7 Введение в ПЛК. – <https://www.compel.ru/lib/95591>
- 8 Техническое описание программируемого логического контроллера s7-1200. – <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-1200.htm>
- 9 Техническое описание программируемого логического контроллера DVP 28SV. – [https://www.delta-electronics.info/files/DVP28SV\\_manual\\_rus.pdf](https://www.delta-electronics.info/files/DVP28SV_manual_rus.pdf)
- 10 Программируемый логический контроллер Delta серии DVP 28SV11T. – [https://kipservis.ru/delta/logicheckiy\\_kontroller\\_dvp\\_sv.htm](https://kipservis.ru/delta/logicheckiy_kontroller_dvp_sv.htm)
- 11 Техническое описание программируемого логического контроллера Mitsubishi с FX3U. – <https://ru3a.mitsubishielectric.com/ru/products/plc/index.html>
- 12 Техническое описание программируемого логического контроллера ПЛК63 ОВЕН. – [https://owen.ua/media/wysiwyg/downloads/re\\_plc63\\_8241.pdf](https://owen.ua/media/wysiwyg/downloads/re_plc63_8241.pdf)
- 13 Описание сенсорной панели оператора Delta серии DOP-B05S101. – [https://www.delta-electronics.info/content/files/announcement\\_dopb05s101.pdf](https://www.delta-electronics.info/content/files/announcement_dopb05s101.pdf)
- 14 Орлов, С. А. Теория и практика языков программирования / С. А. Орлов.– 1-е изд. – Санкт-Петербург: Стандарт 3-го поколения, 2013. – 530 с.
- 15 Соколов, Б. В. Теория и практика языков программирования / Б. В. Соколов, Пасмуров А. Я. – 2-е изд. – Санкт-Петербург: Стандарт 3-го поколения, 2017. – 688 с.
- 16 Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / И.В. Петров. – Москва: Изд-во СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.
- 17 Матушкина, О.Е. Расчет полной себестоимости продукции: Учебное пособие. / О.Е. Матушкина, Н. В. Некрасова. – Челябинск: ЮУрГУ, 2001. – 17 с.
- 18 Туровец, О.Г. Вопросы экономики и организации производства в дипломных проектах/ О.Г. Туровец, В.Д. Билинчис. – М.: Высшая школа, 1988. – 174 с.

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

19 Заслонов, В.Г. Организационно-экономическая часть дипломного проекта : учебное пособие / В.Г. Заслонов. – Челябинск: ЧГТУ, 1996. – 60 с.

20 Основы бизнес-планирования: Методические указания по выполнению экономической части дипломных проектов для студентов технических специальностей / И.А.Баев, В.Н.Голиков, В.Г.Заслонов. – Челябинск: ЧГТУ, 1995. – 15 с.

21 Порядок обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций. Совместное постановление Министерства труда и социального развития РФ № 1 и Министерства образования от 13.01.2003 № 29.

22 ПТЭ ЭП. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. Главгосэнергонадзор России от 01.07. 2003 г.

23 СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.

24 СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

25 Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие по дипломному проектированию для студентов технических специальностей / под ред. С.Н. Трофимовой. С.П. Максимов, Т.Б. Балакина. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 55 с.

26 ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

27 Трофимова, С.Н. Методические рекомендации для студентов электротехнических специальностей. Выполнение разделов «Охрана труда», «Экологическая безопасность», «Гражданская оборона» в дипломном проекте// <http://www.zb-susu.ru>

28 СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимат производственных помещений.

29 ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

30 ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ Шум. Общие требования безопасности.

31 СН 2.2.4/2.1.8.582-96 Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения.

32 СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.

33 ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

34 ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования

35 ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

36 ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования.

37 ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ Взрывобезопасность. Общие требования.

38 ГОСТ Р 22.0.02-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

					13.03.02.2020.212.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71