

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

институт

Электроэнергетика

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Г.Н. Чистяков

подпись

инициалы, фамилия

« ____ » _____ 20 ____ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Разработка системы цифрового управления

экструзионно-выдувного агрегата

на базе контроллера СПК 107

тема

Руководитель

подпись, дата

доцент, канд. техн. наук

должность, ученая степень

Е.Я. Глушкин

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

Н.Н. Потапов

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

И.А. Кычакова

инициалы, фамилия

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка системы цифрового управления экструзионно-выдувного агрегата на базе контроллера СПК 107» содержит 54 страниц текстового документа, 37 рисунков, 9 таблиц, 27 использованных источников, 3 листа графического материала.

МОДЕРНИЗАЦИЯ, ЧИСЛОВОЕ ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР, ОБРАБОТКА ПЛАСТМАСС

Объект исследований – экструзионно-выдувной агрегат CHODOS.

Предмет исследований – система числового программного управления, построенная на базе программируемого логического контроллера.

Методы исследования – изучение и анализ технологии обработки пластических масс, изучение и анализ современных систем числового программного управления, синтез системы цифрового управления на базе программируемого логического контроллера, лабораторные испытания.

Цель работы заключается в проектировании и изготовлении системы автоматизации, внедрение результатов работы на производстве.

Значимость работы – обусловлена тем, что применение современных систем управления, позволяет улучшить качество изготавливаемой продукции, снизить расход сырья, повысить удобство и безопасность работы персонала.

Область применения – работа выполнена по заказу предприятия ООО «Абакан-Пласт» и опробована в производственных условиях. Система управления может быть установлена с минимальными изменениями на аналогичных агрегатах, а материалы и методики исследований применены при разработке проектов для других установок.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- изучение объекта управления;
- проектирование и изготовление системы цифрового управления;
- монтаж и пусконаладка системы управления на производстве.

В течение проработки проекта были получены следующие результаты: изготовлена, смонтирована и опробована на производстве система цифрового управления на базе контроллера СПК 107.

ABSTRACT

Final qualifying work on "Development of a digital control system for an extrusion blowing unit based on the SPK 107 controller" contains 54 pages of a text document, 37 figures, 9 tables, 27 used sources, 3 sheets of graphic material.

MODERNIZATION, COMPUTER NUMERICAL CONTROL, PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER, PROCESSING PLASTICS

Object of research - extrusion blowing unit CHODOS.

The subject of research is a system of numerical program control, built on the basis of a programmable logic controller.

Research methods - study and analysis of the technology of plastic mass processing, study and analysis of modern numerical control systems, synthesis of a digital control system based on a programmable logic controller, laboratory tests.

The purpose of the work is to design and manufacture the automation system, the introduction of the results of work in production.

The significance of the work is due to the fact that the use of modern control systems allows improving the quality of manufactured products, reducing the consumption of raw materials, increasing the convenience and safety of personnel.

Scope of application - the work was commissioned by the LLC "Abakan-Plast" and tested in production conditions. The control system can be installed with minimal changes on similar aggregates, and materials and research methods are used to develop projects for other installations.

The tasks of the final qualifying work:

- study of the object of management;
- design and manufacture of a digital control system;
- installation and commissioning of the production control system.

During the development of the project, the following results were obtained:

A digital control system based on the SPK controller 107 has been manufactured, assembled and tested in production.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Общие сведения об установке	6
1.1 Описание технологического процесса и оборудования.....	6
1.2 Технические характеристики и особенности устройства экструзионно- выдувного агрегата «CHODOS».....	9
2 Разработка системы управления.....	12
2.1 Анализ исходных данных.....	12
2.2 Выбор электрооборудования	15
2.2.1 Выбор модели контроллера	15
2.2.2 Выбор модулей расширения	16
2.2.3 Выбор тиристорного преобразователя	20
2.2.4 Выбор органов управления	21
2.2.5 Выбор твердотельных реле	24
2.2.6 Гидравлические и пневматические элементы автоматики	24
2.2.7 Выбор источника питания цепей управления.....	25
2.2.8 Выбор контакторов	27
2.2.9 Выбор автоматических выключателей	28
2.3 Разработка и описание принципиальной схемы	29
2.4 Разработка монтажной схемы.....	32
3 Разработка программной части системы управления	34
3.1 Основные особенности работы программируемых контроллеров	34
3.2 Общие сведения о среде разработчика CODESYS.....	35
3.3 Разработка алгоритма работы программы.....	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	41
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	42
ПРИЛОЖЕНИЕ А	45
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	48

ВВЕДЕНИЕ

В современном промышленном производстве особое значение приобретает развитие автоматизированных систем управления технологическими процессами. Это связано с тем, что автоматизация технологических процессов является одним из решающих факторов повышения производительности и улучшения условий труда. Оборудование, используемое на предприятиях легкой промышленности, в той или иной степени оснащается средствами автоматизации. На производствах по переработке пластических масс значительную часть станочного парка составляет импортное оборудование 80–90-х годов прошлого столетия. Автоматизация таких производственных линий предусматривает в основном автоматическое регулирование режимов нагрева, прессования и других операций с целью облегчения физических усилий рабочего, однако в целом доля ручного труда еще достаточно велика и включает большое число разнородных операций на оборудовании. Применение современных систем цифрового управления на основе микропроцессоров при модернизации устаревшего оборудования позволяет приблизить их характеристики к новым, оставив механическую часть станков без изменений. При модернизации небольших производственных линий наиболее эффективным решением является применение программируемых логических контроллеров (ПЛК). ПЛК позволяют реализовать визуализацию технологического процесса; создать развитую систему самодиагностики; реализовать функции защиты оборудования от повреждения и неправильных действий персонала; уменьшить энергопотребление; полностью отказаться от электромеханических контактов в цепях управления. При этом ассортимент современных контроллеров позволяет обеспечить необходимую функциональность при минимальных затратах.

В данной работе была произведена разработка системы цифрового управления экструзионно-выдувного агрегата «CHODOS» по заказу предприятия «Абакан-Пласт». Был проведен комплекс работ, включающий проектирование и изготовление системы числового программного управления (ЧПУ) установки, а также ее монтаж на предприятии.

1 Общие сведения об установке

1.1 Описание технологического процесса и оборудования

Выдувательный агрегат предназначен для производства тонкостенных полых изделий из термопластического материала (полиэтилена). Полые изделия используют для упаковки пищевых, химических продуктов, технических масел, смазок, моющих и косметических средств. Для этих целей применяют полые изделия в виде канистр, бидонов, туб.

В основе работы выдувного агрегата лежит экструзионно-выдувной метод формования полых изделий [1].

Основное оборудование – это агрегат, состоящий из экструзионной машины, угловой кольцевой головки, формы, механизма смыкания и размыкания формы, пневмосистемы для раздувания заготовки.

Агрегат имеет горизонтальное расположение экструдера с угловой кольцевой головкой, направленной вниз по выходу экструдата. Установка работает в автоматическом режиме. Рабочий цикл включает следующие этапы: экструзия, выдача заготовки, раздув, снятие изделия. Имеется возможность регулирования параметров процесса экструзии, длительности цикла, времени выдувания и охлаждения, толщины стенок изделия.

Расплавление гранул до вязко-текучего состояния и непрерывная подача в формирующую головку осуществляется одночервячным экструдером. Рассмотрим основные особенности его работы на схеме (рисунок 1.1).

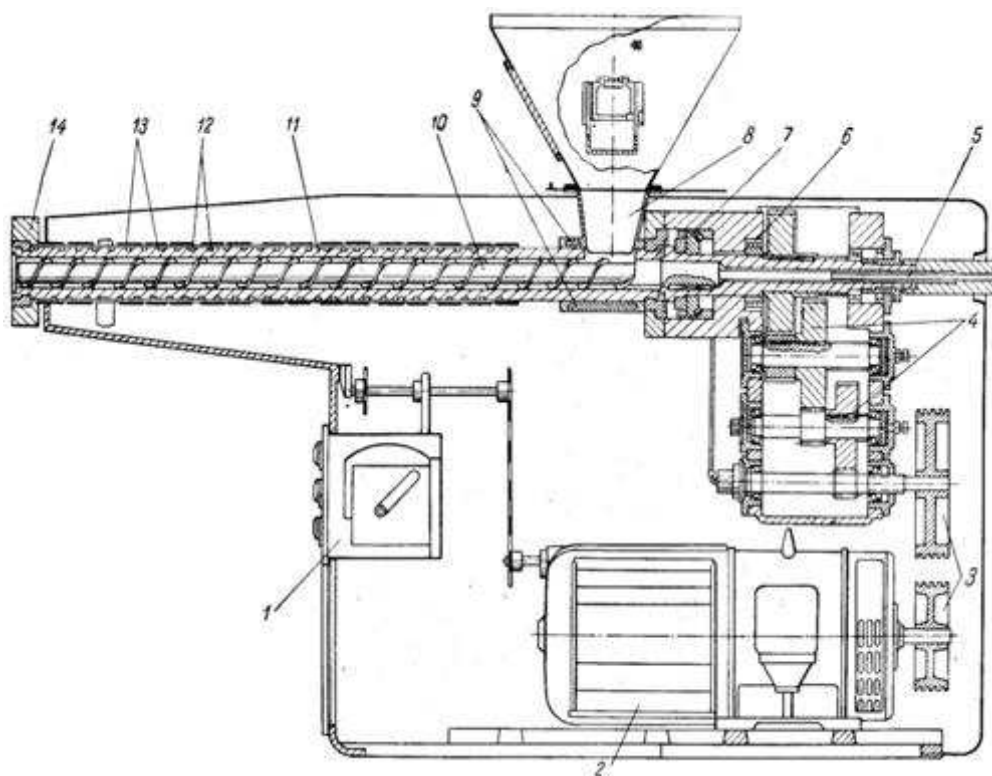


Рисунок 1.1 – Схема одночервячного экструдера

Вращаемый электродвигателем 2 через два клиновых шкива и зубчатый редуктор 4 червяк 10 захватывает из загрузочной воронки 8 материал, перемешивает его, пластифицирует, сжимает и перемещает по своему винтовому каналу вдоль цилиндра 11. С помощью червяка обеспечивается однородность (гомогенность) расплава и выдавливание через фильтрующие решетки (сетки) и экструзионную головку, устанавливаемые за фланцем 14 (слева).

Цилиндр 11 разделен на зоны, в которых осуществляется автономный автоматический контроль и регулирование температуры. Каждая зона подключена к системам обогрева и охлаждения. Обогрев цилиндра осуществляется электрическими нагревателями 13. Для охлаждения зон цилиндра сжатым воздухом предусмотрены каналы 9 и 12. Для охлаждения в червяке просверлен продольный канал, в который вставлена трубка 5. Измерение чисел оборотов червяка осуществляется тахогенератором 1. Нагнетающее действие червяка зависит от скорости его вращения, угла подъема винтовой линии и коэффициентов трения материала о стенки цилиндра и поверхность червяка. Эти коэффициенты зависят главным образом от свойств перерабатываемого материала и температуры поверхности цилиндра и червяка. Большое влияние на процесс экструзии оказывает температура цилиндра. Перегрев цилиндра вызывает термическую деструкцию прилегающих к поверхности цилиндра слоев материала, а повышение температуры загрузочной зоны цилиндра может привести к подплавлению материала (гранул), а это уменьшает возможность захватывания и подачи материала начальными витками червяка. Поэтому загрузочную зону цилиндра охлаждают водой, циркулирующей по каналам.

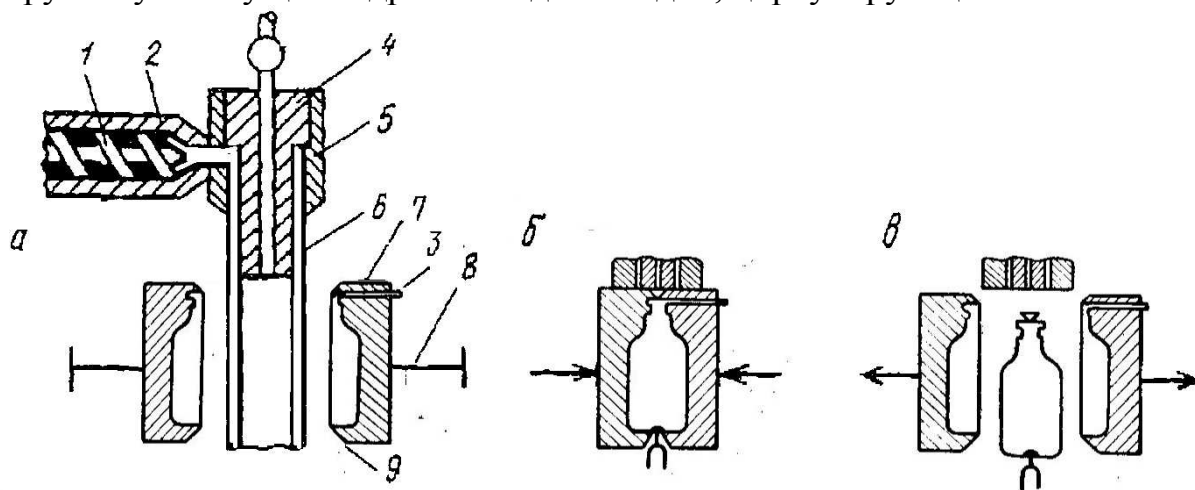


Рисунок 1.2 – Схема выдувного формования

Процесс выдувного формования представлен на рисунке 1.2. Полимерная заготовка в виде трубы 6 выдавливается в раскрытую форму 7 через угловую головку 4, 5 экструдером 1, 2. Выдача заготовки-расплава происходит до определенной длины (поз. а). Все это время шнек 1 вращается.

После этого полуформы 7 смыкаются при помощи гидропривода (поз. б). При смыкании форм один конец заготовки формирует горловину изделия, а другой сваривается пресс-кантом 9 полуформы. Сварной шов находится на дне будущего изделия. Герметизированную полимерную заготовку далее раздувают сжатым воздухом. Сжатый воздух подается по каналу 3 через формирующий горловину ниппель. Оформленное изделие охлаждается и форму размыкают (поз. в), удаляя изделие с помощью толкателей. Цикл повторяется в зависимости от массы и количества изделий с периодом в несколько секунд. При использовании многоручьевого головки можно формовать несколько изделий (от 1 до 6), причем различной формы. Формы обычно изготавливают из алюминия, бронзы или стали. Для охлаждения изделий проточной водой в форме просверлены каналы.

Для формирования полых изделий сложной формы с равномерной толщиной стенок, а также для изготовления изделий любой формы с дифференцированной, заранее заданной толщиной стенок применяется головка с перемещающимся в осевом направлении дорном, устройство которой приведено на рисунке 1.3. Относительное перемещение дорна осуществляется гидравлическим цилиндром. Угловая кольцевая головка оснащена коническим наконечником 7 дорна, который может перемещаться в вертикальном направлении под действием плунжера 14, расположенного в гидравлическом цилиндре 13. При нагнетании жидкости в штоковую полость цилиндра 13 через трубопровод 11 плунжер 14, шток 9 и конический наконечник 7 поднимаются, вследствие чего уменьшается кольцевая щель, расположенная между наконечником и нижней частью мундштука 8. При нагнетании жидкости в верхнюю полость цилиндра через трубопровод 12 подвижные детали головки опускаются, вследствие чего ширина щели увеличивается. При этом материал, нагнетаемый экструдером через канал 10, выдавливается через кольцевую профилирующую щель в виде заготовки с различной толщиной стенок по длине.

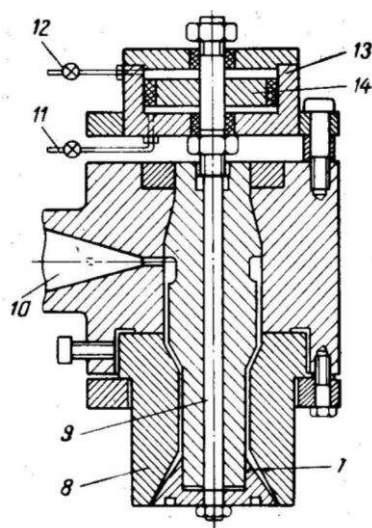


Рисунок 1.3 – Устройство головки с подвижным дорном

1.2 Технические характеристики и особенности устройства экструзионно-выдувного агрегата «CHODOS»

По своей конструкции выдувательный автомат представляет собой самостоятельную машину, финальным изделием которой является выдутый, охлажденный и лишенный заусенец полый продукт. Внешний вид установки представлен на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4 – Фотография экструзионно-выдувного агрегата «CHODOS»

Выдувательный автомат предназначен для выпуска изделий из разветвленного (высокого давления) полиэтилена (рПЭ), линейного (низкого давления) полиэтилена (лПЭ) на одно-, двух-, четырех- и шестиходовой экструзионной головке и для выпуска изделий из несмягченного поливинилхлорида (тПВХ) на одно- и двухходовой головке. Все головки, кроме предназначенных для поливинилхлорида, снабжены датчиком температуры. Используемые пластмассы должны быть подходящими для экструзионного выдувания и иметь соответствующую сортность. Максимальный диаметр сосуда различен в зависимости от кратности экструзионной головки и составляет:

- 110 мм у одноходовой головки;
- 110 мм у двухходовой головки;
- 90 мм у четырехходовой головки;
- 50 мм у шестиходовой головки.

Максимально допустимый внутренний диаметр горловины 30 мм и предельно достижимой высоты сосуда 260 мм.

Комплектная пластификационная установка с приводным устройством и щитом управления установлена на цельносварной раме. Внутри рамы размещены воздухораспределитель, трубопроводы охлаждающей жидкости, гидроагрегат. В торцевой части рамы подвешен механизм форм, совершающих движения по вертикали и по горизонтали. В пространстве под полуформами размещены выдувательные оправки и гидравлический цилиндр, приводящий их в движение по вертикали. Управление всеми рабочими операциями автомата может осуществляться вручную от щита управления или в автоматическом режиме. Установка закрыта защитным кожухом, механизм форм защищен дверцами. Привод форм по вертикали осуществляется при помощи гидравлического цилиндра, а по горизонтали – от двух механически сопряженных дюймовых гидромоторов. Привод выдувательных дорнов, механизма удаления заусенцев и регулировки толщины стенки тоже осуществляются от гидроцилиндров. Устройством для регулировки толщины стенки рукава могут быть оборудованы двух- и четырехходовые головки. Регулировка температуры первой зоны (в направлении от загрузочной воронки) рабочего цилиндра и зон нагрева экструзионной головки – двухпозиционная, регулировка температуры второй и третьей зоны – трехпозиционная и осуществляется при помощи нагревательных приборов сопротивления воротникового типа и сжатого воздуха, подаваемого в зоны нагрева через электромагнитные пневматические клапаны.

В качестве источника масла под давлением используется гидравлический агрегат со встроенным зубчатым насосом, всасывающим и напорным фильтром, манометром, перепускным клапаном, воздушным радиатором для охлаждения масла и другими устройствами. Для покрытия пикового отбора в напорной части насоса установлены два гидравлических аккумулятора.

Виды элементов автоматики – электрические, пневматические и гидравлические. Основные технические характеристики установки приведены в таблице 1.1.

Электрооборудование выполнено для обычной среды. Длительные условия эксплуатации: температура окружающей среды +5°C до +35°C, относительная влажность воздуха менее 80%.

Таблица 1.1 – Технические характеристики выдувательного агрегата «CHODOS»

Характеристика	Значение
Диаметр червяка экструзионной машины, мм	60 мм
Длина червяка экструзионной машины, D*	22 D*
Пластификационная производительность экструдера (максимальная), кг/ч:	
рПЭ/лПЭ	75-90
тПВХ (гранулат)	50-60
тПВХ (порошок)	40-45
Габариты установки, мм:	
ширина	865
длина	2905
высота с воронкой	2302
Занимаемая площадь, м ²	2,4
Масса автомата со всем оборудованием, кг	2325
Максимальные размеры формы, мм:	
ширина	440
высота	300
толщина	2x80
Давление гидравлики, МПа	4
Зажимное усилие форм, кН	0-50
Число зон нагрева рабочего цилиндра, ед.	3
Число зон нагрева экструзионной головки, ед.	2
Расход охлаждающей жидкости, л/мин	20
Давление охлаждающей жидкости, кПа	245-588
Температура охлаждающей жидкости максимальная, °С	14
Расход воздуха моментальный, л/мин	350
Потребляемая мощность установки в зависимости от режима работы, около, кВт	30
Потребляемая мощность электропривода червяка, кВт	22,5
Потребляемая мощность нагревательных приборов, кВт:	
1-ая зона рабочего цилиндра	3,6
2-ая зона рабочего цилиндра	2,5
3-я зона рабочего цилиндра	2,5
экструзионная головка одноходовая (рПЭ, лПЭ)	1,15+0,45
экструзионная головка двухходовая (рПЭ, лПЭ)	1,22+2x0,14
экструзионная головка четырехходовая (рПЭ, лПЭ)	1,82+4x0,140
экструзионная головка шестиходовая (рПЭ, лПЭ)	1,75+0,96
экструзионная головка двухходовая (тПВХ)	0,85+0,23
Потребляемая мощность двигателя гидроагрегата, кВт	2,2

2 Разработка системы управления

2.1 Анализ исходных данных

Установка была выпущена в начале 80-х годов и оснащалась гибридной системой управления, как и большинство установок тех времен. Управление последовательностью отдельных стадий цикла формования осуществлялось электронной системой управления «MLOG», построенной на интегральных элементах, в то время как задание температуры по каждой из тепловых зон производилось системой тепловой автоматики, включающей в себя комплект терморпар и комплект регулирующих приборов, собранных в общий пульт.

Заводская система управления не отвечает современным требованиям, а именно ремонтпригодности, уровню автоматизации, простоте в эксплуатации и обслуживании, расходу сырья и энергии. Поэтому было принято решение о ее замене на современную систему числового программного управления.

Механическая часть установки осталась без изменений, а модернизации подверглись пневматические, гидравлические и электрические элементы автоматики, а также элементы логики. Пожеланием заказчика было сохранение механических органов управления (кнопки, переключатели), их расположения и назначения. Внешний вид шкафа управления приведен на рисунке 2.1. Также новая система должна отвечать ряду требований: максимальная функциональность при минимальных затратах на оборудование; безопасность при эксплуатации; надежность работы.

Разрабатываемая система управления должна обеспечивать:

- регулирование температуры трех зон экструзионного цилиндра и двух зон формирующей головки и контроль температуры посредством температурных датчиков;
- бесступенчатое регулирование скорости главного привода в широком диапазоне;
- запуск гидроагрегата и управление посредством гидрораспределителей механизмами открытия и подъема форм, передвижения выдувательного дорна, механизмом регулирования толщины рукава, механизмом удаления заусенец;
- управление подачей воздуха в контуры охлаждения и раздува заготовки;
- контроль положения механизмов и защитных кожухов посредством концевых выключателей;
- возможность хранения в памяти предустановленных параметров работы;
- работу в ручном и автоматическом режиме;
- защиту от ошибочных действий персонала;
- функции самодиагностики.



Рисунок 2.1 – Внешний вид шкафа управления до модернизации

Создание системы управления включает следующие этапы [2, 3, 4]:

- составление перечня параметров контроля, регулирования, управления и сигнализации;
- выбор оборудования;
- разработка принципиальной схемы;
- разработка схемы соединений (монтажной);
- установка оборудования на монтажную панель;
- разработка алгоритма работы;
- создание программы для ПЛК;
- отладка системы в лабораторных условиях на макете;
- монтаж панели в шкаф управления и пусконаладка на производстве.

Для объектов с несложным технологическим процессом и простыми системами автоматизации допускается вместо структурных и функциональных схем на начальных этапах разработки составлять перечни параметров контроля, регулирования, управления и сигнализации [2]. Параметры регулирования приведены в таблице 2.1.

Перечень будет определять структуру отдельных узлов автоматического управления технологическим процессом и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации.

Объектом управления в системах автоматизации технологических процессов является совокупность основного и вспомогательного оборудования вместе с встроенными в него запорными и регулирующими органами, а также энергии, сырья и других материалов, определяемых особенностями используемой технологии.

При разработке перечня параметров технологического процесса необходимо решить следующие задачи:

- получение первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- непосредственное воздействие на технологический процесс для управления им;
- контроль и регистрация технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования.

Указанные задачи решаются на основании анализа условий работы технологического оборудования, выявленных законов и критериев управления объектом, а также требований, предъявляемых к точности стабилизации, контроля и регистрации технологических параметров, к качеству регулирования и надежности.

Результатом составления перечня параметров являются:

- выбор методов измерения технологических параметров;
- выбор основных технических средств автоматизации, наиболее полно отвечающих предъявляемым требованиям и условиям работы автоматизированного объекта;
- определение приводов исполнительных механизмов регулирующих и запорных органов технологического оборудования, управляемого автоматически или дистанционно;
- размещение средств автоматизации на щитах, пультах, технологическом оборудовании и трубопроводах и т.п. и определение способов представления информации о состоянии технологического процесса и оборудования. Основные параметры регулирования сведены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Параметры регулирования

Назначение	Параметры
Нагреватели зон	
Зона 1	220 В; 16,36 А; переменный ток
Зона 2	220 В; 11,36 А; переменный ток
Зона 3	220 В; 11,36 А; переменный ток
Зона 4	220 В; 8,27 А; переменный ток
Зона 5	220 В; 4,36 А; переменный ток
Диапазон температур зон нагрева	
Зона 1-5	0-200 °С
Клапаны	
Клапан гидравлики 1-10	24 В; 1 А; постоянный ток
Клапан пневматики 11-13	24 В; 1 А; постоянный ток
Приводы	
Электропривод экструдера	22,5 кВт; Уяк=440 В; Ияк=56 А; Увозб=190 В; Ивозб=3,2 А
Скорость привода шнека	0-78 об/мин
Электропривод гидроагрегата	2,2 кВт; 380 В; 50 Гц

2.2 Выбор электрооборудования

2.2.1 Выбор модели контроллера

На начальной стадии проектирования необходимо было решить, какая аппаратная база будет использована при модернизации.

Список мировых производителей ПЛК весьма широк: Allen-Bradley, Omron, Schneider Electric, Siemens, Advantech, Delta, VIPA, Mitsubishi Electric, WAGO I/O, Phoenix Contact, российские Контар, Овен, Segnetics, Fastwel, Текон и многие другие.

Как во время проектирования, так и во время эксплуатации важным условием является наличие русскоязычной техподдержки и документации. Учитывая существующую в нашей стране тенденцию импортозамещения, было решено рассмотреть ПЛК от российских производителей. Сегодня отечественные ПЛК мало чем уступают зарубежным аналогам по своим характеристикам и надежности, при этом их цена существенно ниже.

Проведя анализ спектра предлагаемых ПЛК, специфики применения и примеров по их внедрению мы выбрали продукцию российской фирмы «Овен». При выборе мы учитывали тот факт, что перечень выпускаемой продукции содержит большое количество модулей расширения и сенсорных панелей, что позволило нам создать полноценную цифровую систему управления, не используя подобную продукцию других фирм. Немаловажно, что на заводе, где размещен модернизируемый агрегат, уже имеются установки под управлением контроллеров Овен. Однообразие номенклатуры ПЛК на производстве облегчает обслуживание и обучение персонала.

При модернизации потребовалось заменить аналоговые средства отображения технологической информации, а также некоторые органы управления. Для этих целей необходима сенсорная панель. Рациональным решением является применение устройства объединяющего в себе функции ПЛК и графической панели оператора. Это позволяет сэкономить пространство в щите и стоимость системы управления. Таким устройством является сенсорный программируемый контроллер СПК 107.

ОВЕН СПК107 представляет собой устройство класса человеко-машинный интерфейс со встроенными функциями свободно программируемого контроллера.

Параметры:

- графический цветной экран с диагональю 7 дюймов;
- сенсорное управление экраном;
- два независимых последовательных интерфейса RS-232/RS-485;
- встроенная операционная система Linux.\

Установочные размеры контроллера приведены на рисунке 2.2.

Разработка программ и алгоритмов управления в единой среде

программирования позволяет сократить сроки разработки за счет использования одних и тех же переменных системы, тем самым экономит человеческие и финансовые ресурсы исполнителя.

Сенсорный экран управления – позволяет создавать элементы управления технологическим процессом в удобных для пользователя местах. Осуществлять необходимые подписи и комментарии к элементам управления.

Операционная система – дает возможность использовать стандартные программные средства для увеличения функциональных возможностей изделия.

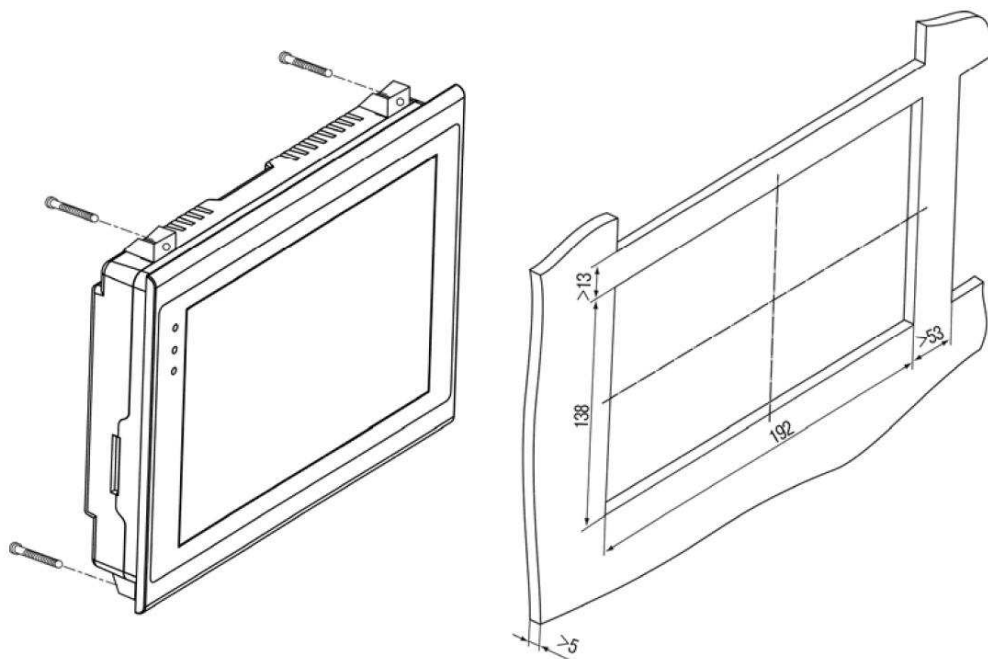


Рисунок 2.2 – Установочные размеры контроллера СПК107

2.2.2 Выбор модулей расширения

Для подключения к контроллеру датчиков и исполнительных органов необходимо выбрать модули расширения. Модули будут обмениваться данными с контроллером через сеть RS-485 по протоколу ModBus. Конфигурирование модулей для работы с контроллером осуществляется на ПК через адаптер интерфейса RS-485/RS-232 или RS-485/USB (например ОВЕН АС3-М или АС4) с помощью соответствующего программного обеспечения, которое поставляется в комплекте с оборудованием. Для питания модулей расширения и контроллера был выбран блок питания БП60Б-Д4.

Для подбора модулей расширения составим список входных и выходных сигналов, который представим в виде таблицы 2.2. По данным о количестве и типе необходимых входов и выходов были выбраны модули расширения.

Таблица 2.2 – Список входных и выходных сигналов

Наименование	Номера клемм модуля
1	2
Выходы цифровые (МУ110-8К)	
Нагрев зоны 1	DO1A – DO1B
Нагрев зоны 2	DO2A – DO2B
Нагрев зоны 3	DO3A – DO3B
Нагрев зоны 4	DO4A – DO4B
Нагрев зоны 5	DO5A – DO5B
-	DO6A – DO6B
Сигнал контроля привода экструдера	DO7A – DO7B
Сигнал разрешения работы привода экструдера	DO8A – DO8B
Выходы релейные (МУ110-16Р)	
Клапан гидравлики 1	DO4 – COM1
Клапан гидравлики 2	DO5 – COM2
Клапан гидравлики 3	DO6 – COM2
Клапан гидравлики 4	DO7 – COM2
Клапан гидравлики 5	DO8 – COM2
Клапан гидравлики 6	DO9 – COM3
Клапан гидравлики 7	DO10 – COM3
Клапан гидравлики 8	DO11 – COM3
Клапан гидравлики 9	DO12 – COM3
Клапан гидравлики 10	DO13 – COM4
Клапан пневматики 1	DO14 – COM4
Клапан пневматики 2	DO15 – COM4
Клапан пневматики 3	DO16 – COM4
-	DO1 – COM1
Сигнал включения гидроагрегата	DO2 – COM1
-	DO3 – COM1
Входы цифровые (МВ110-32ДН)	
Конечный выключатель SQ1	DI1 – SS1
Конечный выключатель SQ2	DI2 – SS1
Конечный выключатель SQ3	DI3 – SS1
Конечный выключатель SQ4	DI4 – SS1
Конечный выключатель SQ5	DI5 – SS2
Конечный выключатель SQ6	DI6 – SS2
Конечный выключатель SQ7	DI7 – SS2
Кнопка SB3	DI8 – SS2
Кнопка SB4	DI9 – SS3
Кнопка SB5	DI10 – SS3
Кнопка SB6	DI11 – SS3
Кнопка SB7	DI12 – SS3
Кнопка SB8	DI13 – SS4
Кнопка SB9	DI14 – SS4
Кнопка SB10	DI15 – SS4
Кнопка SB11	DI16 – SS4

Окончание таблицы 2.2

1	2
Кнопка SB12	DI17 – SS5
Кнопка SB13	DI18 – SS5
Кнопка SB14	DI19 – SS5
Переключатель SA2	DI20 – SS5
Переключатель SA3	DI21 – SS6
Переключатель SA5	DI22 – SS6
Переключатель SA6	DI23 – SS6
Переключатель SA7 (1 поз)	DI24 – SS6
Переключатель SA7 (2 поз)	DI25 – SS7
-	DI26 – SS7
-	DI27 – SS7
-	DI28 – SS7
Сигнал готовности привода экструдера	DI29 – SS8
-	DI30 – SS8
-	DI31 – SS8
-	DI32 – SS8
Входы аналоговые (МВА8)	
Температура зоны 1	Вход 1
Температура зоны 2	Вход 2
Температура зоны 3	Вход 3
Температура зоны 4	Вход 4
Температура зоны 5	Вход 5
-	Вход 6
-	Вход 7
-	Вход 8

Модуль дискретного ввода MB110-32ДН (габаритный чертеж изображен на рисунке 2.3).

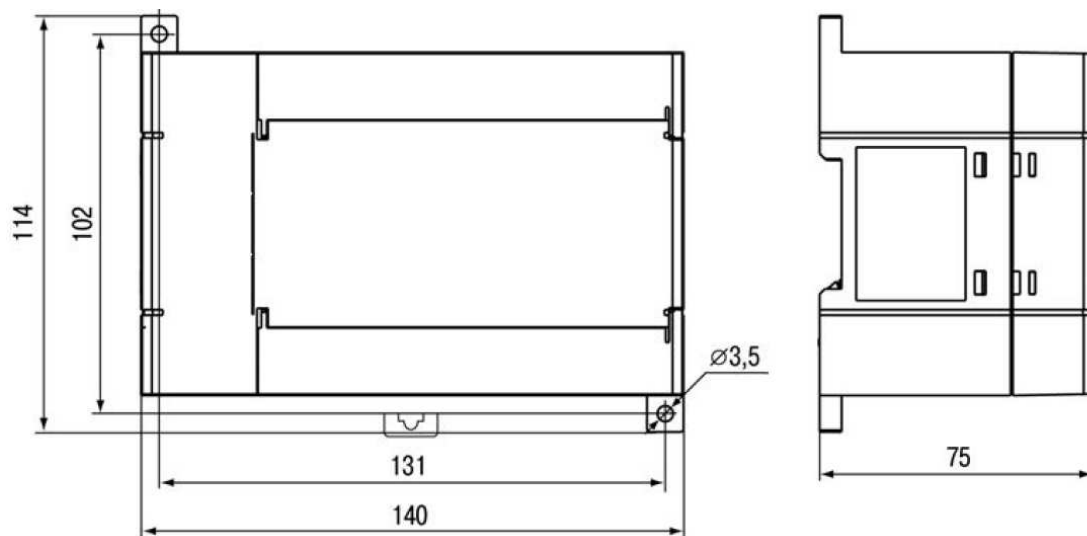


Рисунок 2.3 – Габаритный чертеж модуля MB110-220.32ДН

Прибор предназначен для сбора данных со встроенных дискретных входов. Модуль имеет 32 канала цифрового ввода. Встроенные дискретные входы могут работать в режиме счетчиков импульсов частотой до 1 кГц (минимальная длительность импульса 0,5мс). Напряжение питания: ≈ 24 В.

Параметры входов:

- транзисторные ключи n-p-n p-n-p типа;
- гальваническая развязка: групповая;
- электрическая прочность: 1.5кВ;
- напряжение: 24 \pm 3В;
- максимальный входной ток: 8,5мА (при напряжении питания дискретного входа 27В);
- минимальный ток «логической единицы»: 4,5мА;
- максимальный ток «логического нуля»: 1,5мА.

Модуль МУ110-16Р (габаритный чертеж изображен на рисунке 2.4).

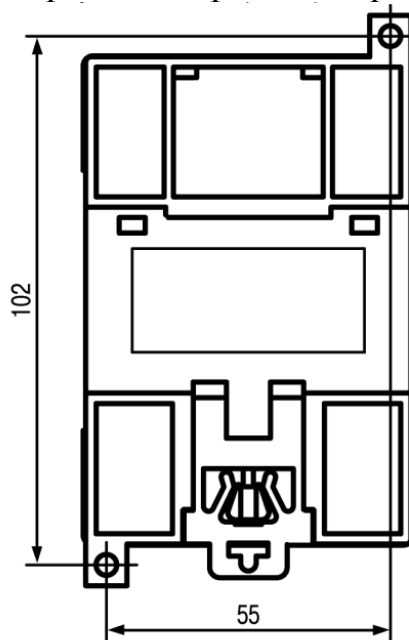


Рисунок 2.4 – Габаритный чертеж модуля МУ110-16Р

Прибор предназначен для управления встроенными релейными выходами, используемыми для подключения исполнительных механизмов с дискретным управлением. Модуль имеет 16 каналов дискретного вывода. Встроенные выходы могут работать в режиме ШИМ. Напряжение питания: ≈ 24 В.

Параметры выходов:

- гальваническая развязка: групповая ;
- электромагнитные реле 3 А ~250 В или ≈ 30 В.

Модуль МУ110-8К (размеры аналогичны МУ110-16Р).

Прибор предназначен для управления встроенными транзисторными выходами, используемыми для подключения исполнительных механизмов с дискретным управлением. Модуль имеет 8 каналов дискретного вывода.

Встроенные выходы могут работать в режиме ШИМ. Напряжение питания: ≈ 24 В.

Параметры выходов:

- транзисторная оптопара, открытый коллектор;
- гальваническая развязка: групповая;
- максимальный входной ток 400мА, (при напряжении ≈ 60 В).

Модуль ввода аналоговый МВА8 (габаритный чертеж изображен на рисунке 2.5).

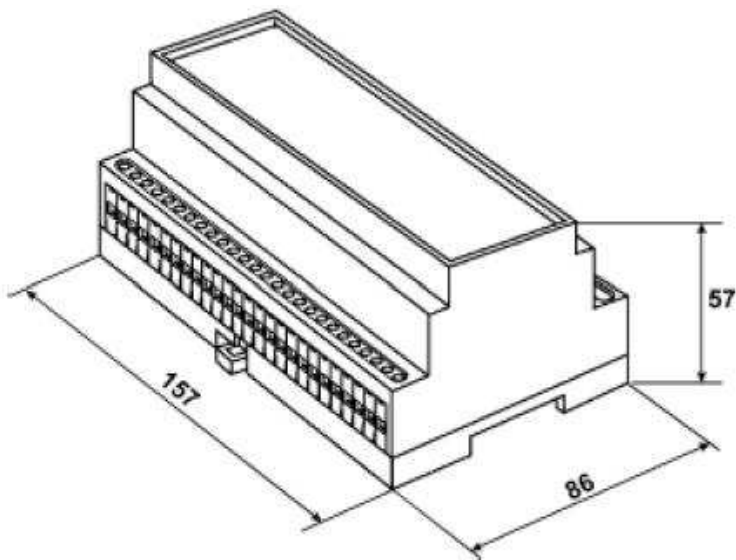


Рисунок 2.5 – Внешний вид модуля МВА8

Универсальный измерительный модуль ввода. Имеет восемь универсальных входов для подключения широкого спектра датчиков температуры, давления, влажности, расхода, уровня и других физических величин. Осуществляет цифровую фильтрацию и коррекцию входных сигналов, масштабирование показаний датчиков с унифицированным выходным сигналом (активных датчиков).

2.2.3 Выбор тиристорного преобразователя

Привод должен надежно обеспечивать необходимый для работы экструдера вращающий момент во всем рабочем диапазоне частот вращения червяка. С этой целью агрегат оснащен приводом постоянного тока MEZ BRNO MF 160 L2-T мощностью 22,5 кВт. Систему тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока (ТП-Д) широко применяют для регулирования частоты вращения двигателя, поскольку обеспечивает широкий диапазон скоростей при постоянной мощности. По параметрам обмотки якоря $U_{\text{як}}=440$ В, $I_{\text{як}}=56$ А, обмотки возбуждения $U_{\text{возб}}=190$ В, $I_{\text{возб}}=3,2$ А был выбран тиристорный преобразователь SDC1-47 фирмы «ArtTech». Компактный, надежный и недорогой преобразователь SDC1-47 имеет следующие технические характеристики:

- номинальный ток до 70 А;
- аналоговая обратная связь по скорости;
- аналоговое задание скорости;
- 4-квadrантное действие;
- высокая скорость реакции;
- диапазон регулирования 1:10000;
- самосинхронизации.

Для питания схемы управления и обеспечения синхронизации был подобран трансформатор ТП121-11 с первичной обмоткой 220 В и вторичной 18 В. Обмотка возбуждения подключена к диодному мосту VS-26МВ120А на ток 25А и напряжение до 1200 В. Обратная связь по скорости реализована с помощью тахогенератора ТМГ-30ПУ3. Задание скорости производится с помощью схемы, состоящей из двух потенциометров на 10 и 1 кОм и двух резисторов на 1,6 и 1 кОм. Габаритные размеры преобразователя представлены на рисунке 2.6.

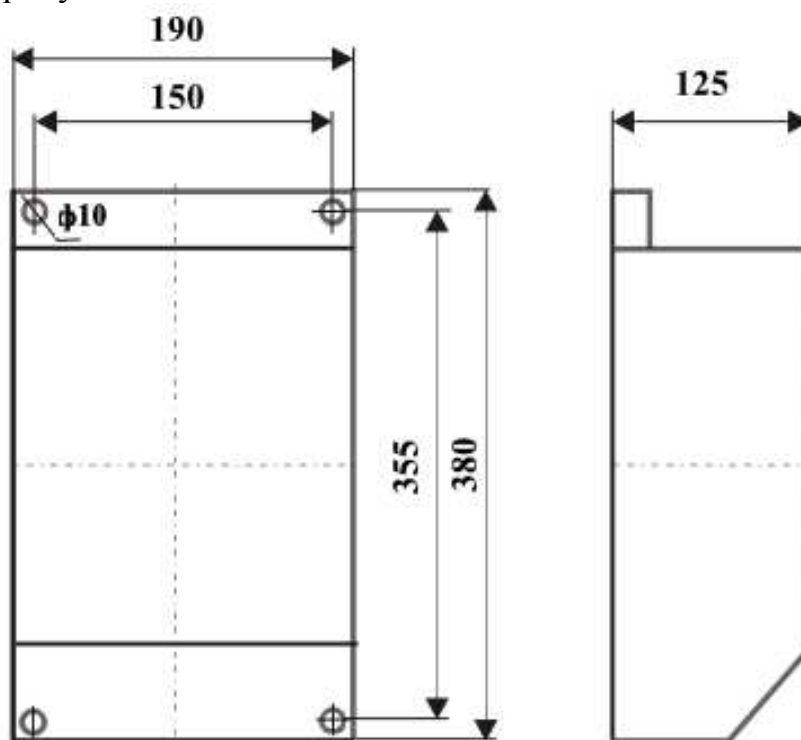


Рисунок 2.6 – Габаритный чертеж преобразователя SDC1-47

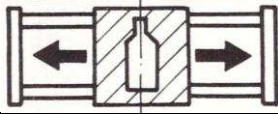
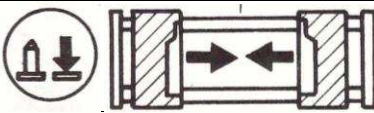

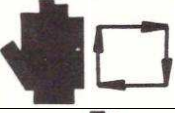

2.2.4 Выбор органов управления

Составим список кнопок, переключателей, потенциометров которые будут установлены на лицевой панели шкафа управления. Для пояснения назначения органов управления сохранены заводские таблички с пиктограммами. Сведения о назначении и графическом обозначении приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Назначение кнопок и переключателей

Условное обозначение	Пиктограмма	Назначение
1	2	3
SA1	-	Включение контроллера
SB1	-	Пуск
SB2	-	Аварийный стоп
SA2		Нагрев всех зон цилиндра
SA3		Нагрев всех зон головки
RP1		Бесступенчатая регулировка / грубая
RP2		Бесступенчатая регулировка / точная
SA4		Замыкание кнопки «пуск»
SA6		Включение движения экструзионного дорна
SB7		Оправка вверх (условие: формы должны быть закрыты)
SB8		Оправка вниз
SA8		Изменение режима работы экструдера: медленно/быстро
SB9		Запуск вращения экструдера
SB11		Остановка вращения экструдера
SB10		Запуск гидравлического агрегата
SB12		Остановка гидравлического агрегата
SB5		Формы наверх
SB6		Формы вниз

Окончание таблицы 2.3

1	2	3
SB3		Формы врозь (условие опривка должна быть в нижней позиции)
SB4		Формы к себе (условие опривка должна быть в нижней позиции)
SB13		Пуск автоматического цикла
SB14		Останов автоматического цикла
SA5		Выбор режима работы установки: ручной/автоматический
SA7		Включение режима наладки

Выбор кнопок и переключателей осуществляется по номинальному напряжению и категории применения согласно стандартам [5, 6].

Список органов управления, расположенных на дверце шкафа представлен в виде таблицы 2.4.

Таблица 2.4 – Кнопки, переключатели, регуляторы

Условное обозначение	Номинальное напряжение, В	Кат. прим.	Марка	Примечание
SA1	220	AC-15	MTB2-BDZ112	2 положения, NO
SA4	220	AC-15	MTB2-BGZ112	2 положения, с ключом, NO
SB1	220	AC-15	MTB2-EC4	NC
SB2	220	AC-15	MTB2-BAZ112	NO
SA2, SA3, SA6, SA5	24	DC-13	MTB2-BDZ112	2 положения, NO
SA7	24	DC-13	MTB2-BDZ133	3 положения, NO
SB3-SB14	24	DC-13	MTB2-BAZ112	NO
RP1	-	-	PTD901-2015K-B103	переменный резистор
RP2	-	-	PTD901-2015K-B103	переменный резистор

2.2.5 Выбор твердотельных реле

Простым и надежным способом регулирования температуры является широтно-импульсная модуляция. Для ее реализации наиболее подходящим коммутационным устройством является твердотельное реле. По току нагревательных элементов (таблица 2.1) были выбраны твердотельные реле КИРРИВОР HD-2544.ZD3 рассчитанные на максимальный ток 25 А, для категории АС-1 [5, 7]. По рекомендации производителя при коммутации резистивной нагрузки ток не должен превышать 20 А. Для сокращения номенклатуры изделий и оптимизации складского резерва установлены шесть реле одного номинала. Габаритные размеры представлены на рисунке 2.7.

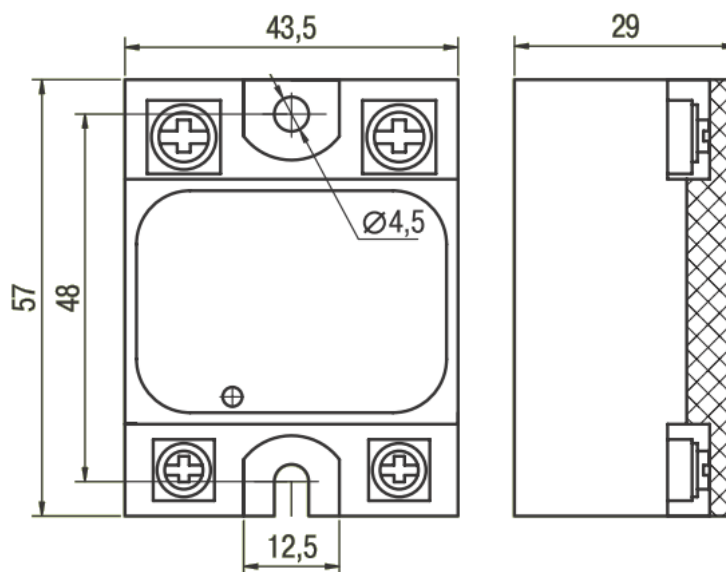


Рисунок 2.7 – Габаритный чертеж твердотельного реле

2.2.6 Гидравлические и пневматические элементы автоматики

Для управления гидравлическими цилиндрами используются трехходовые гидравлические распределители. Для приведения в движение гидроцилиндров служит гидроагрегат ХИДРАВЛИКА ВРА2-632, давление в гидравлической системе составляет 4 МПа. Для управления подачей воздуха в охлаждающие контуры и устройство раздува используются трехходовые электропневматические вентили. Для изменения давления в пневматической системе служит регулятор KOVOFINIS RT-4. Давление воздуха 588 кПа. Открытие и закрытие клапанов производится подачей напряжения на электромагниты. Параметры клапанов сведем в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Параметры электромагнитных клапанов

Условное обозначение	Модель	Условный диаметр	Ном. напряжение, В	Ном. ток, А	Назначение
Клапаны пневматические					
Y13	3VE10D	10	24	1	Устройство раздува
Y11, Y12	3VE4D	4	24	1	Контур охлаждения
Клапаны гидравлические					
Y1, Y2	RSEH1-203Z12	20	24	1	Закрытие форм
Y3, Y4	RSE1-103Z11	10	24	1	Перемещение форм
Y5, Y6	RSE1-063Z11	6	24	1	Перемещение выдувательного дорна
Y7, Y8	MPRS2-4304-10-A	6	24	1	Отделение заусенцев
Y9, Y10	MPRS2-4304-10-A	6	24	1	Регулирование толщины стенки

2.2.7 Выбор источника питания цепей управления

Выберем трансформатор для питания электромагнитных клапанов. Поскольку электромагниты установлены на распределители парами, одновременно могут быть задействованы не более семи электромагнитов. Рассчитаем мощность потребляемую электромагнитами , по формуле

$$(2.1)$$

где – ток потребляемый электромагнитами;
– номинальное напряжение электромагнитов;
– количество электромагнитов.

Выбираем ближайший по мощности трансформатор ОСМ1-0,16У3 мощностью 160 ВА, напряжением 24 В. Для получения выпрямленного напряжения к вторичной обмотке подключим диодный мост. Выбираем диодный мост VS-26MB120A на ток 25А и напряжение до 1200 В.

Габаритный чертёж трансформатора представлен на рисунке 2.8, диодного моста на рисунке 2.9.

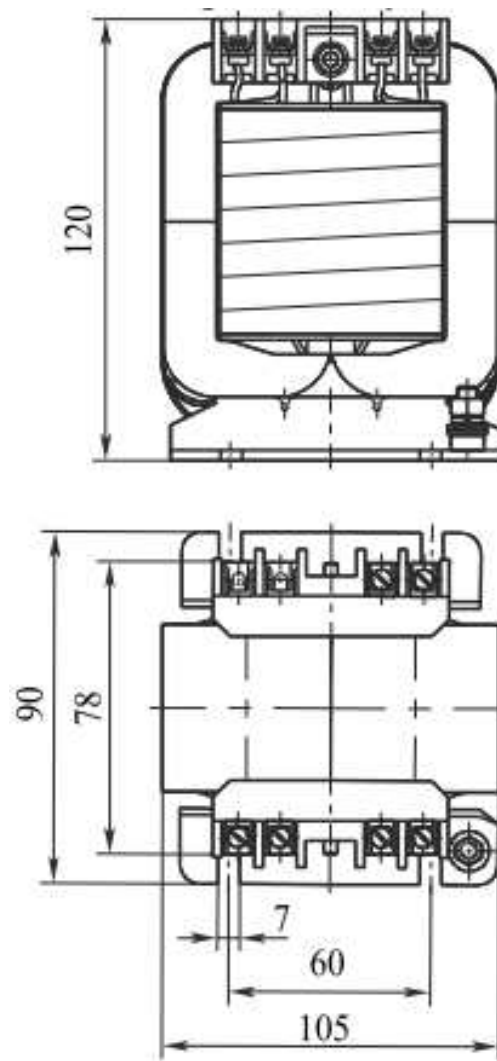


Рисунок 2.8 – Габаритный чертеж трансформатора ОСМ1

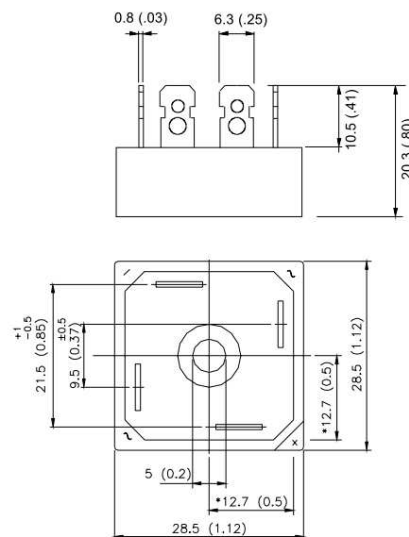


Рисунок 2.9 – Габаритный чертеж диодного моста

2.2.8 Выбор контакторов

Функция «аварийный стоп» реализована с помощью контактора. Также с помощью контактора будет включаться в работу гидроагрегат. Выбор осуществляется по номинальному напряжению катушки контактора U_n , В и номинальному току I_n , А питаемых приборов, рассчитываемому по формуле

$$I_n = \frac{P_n}{U_n \cdot \eta} \quad (2.2)$$

где P_n – номинальная мощность питаемых электроприемников, кВт;
 U_n – номинальное напряжение питаемых электроприемников, кВ;
 η – коэффициент активной мощности нагрузки;
 η – коэффициент полезного действия.

Ток потребляемый двигателем гидроагрегата $I_{дв}$, А рассчитаем по формуле 2.2

$$I_{дв} = \frac{P_{дв}}{U_n \cdot \eta}$$

Сигнал на включение гидроагрегата подается с модуля МУ110-16Р (релейные выходы =30 В, 3А), поэтому выбираем контактор с катушкой на 24 В (ток при срабатывании 2,5 А) КМЭп-9А. Данный контактор в категории применения АС-3 [5, 8] рассчитан на ток 9 А.

Ток потребляемый приводом экструдера $I_{эк}$, также рассчитаем по формуле 2.2:

$$I_{эк} = \frac{P_{эк}}{U_n \cdot \eta}$$

Ток потребляемый при максимальной загрузке трансформатора, питающего цепи управления $I_{тн}$ рассчитаем по формуле:

$$I_{тн} = \frac{P_{тн}}{U_n \cdot \eta} \quad (2.3)$$

где $P_{тн}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА;

$$I_{тн} = \frac{P_{тн}}{U_n \cdot \eta}$$

Распределение однофазных нагрузок по фазам, представлено в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Распределение нагрузки по фазам

Потребитель	Ток по фазам, А		
	А	В	С
Зона нагрева 1	16,36		
Зона нагрева 2		11,36	
Зона нагрева 3			11,36
Зона нагрева 4	8,27		
Зона нагрева 5		4,36	
Трансформатор Т1	0,8		
Обмотка возбуждения М1			3,2
Итого	24,63	15,72	14,56

Примем эквивалентный ток однофазной нагрузки равный утроенному значению тока в самой загруженной фазе. Эквивалентный трехфазный ток потребляемый всеми нагревателями составит $=24,63$ А.

Суммарный ток, потребляемый силовым оборудованием, которое питается от вводного контактора найдем по формуле:

$$; \quad (2.4)$$

Сигнал на включение установки подается с кнопки «пуск», поэтому выбираем вводной контактор с катушкой на 220 В КМ95-11. При работе в категории АС-3 рассчитан на ток 80 А.

2.2.9 Выбор автоматических выключателей

Автоматические выключатели обеспечивают одновременно функции коммутации силовых цепей и защиты электроприемников. Модульные автоматы серий ВА47-63 и ВА47-100 категории применения А [9], времятоковой характеристикой С (выключатель срабатывает между 5- и 10-кратным значением номинального тока) рекомендуются к установке в сетях со смешанной нагрузкой, предполагающей умеренные пусковые токи. Автоматы выбираем по их номинальному току. Токи, потребляемые приводами экструдера и гидроагрегата, а также ток вводного контактора рассчитаны в п. 2.2.8. Автоматические выключатели для защиты нагревателей подбираются в соответствие с твердотельными реле, выбранными в п. 2.2.8. Ток потребляемый блоком питания контроллера и модулей расширения БП60Б-Д4, также как и катушка контактора (в момент срабатывания) составляет менее 0,5 А. Для исключения срабатывания автоматического выключателя от тока намагничивания сердечника трансформатора, питающего цепи

управления, выбираем его на номинальный ток 5 А.

Соединительные провода в сигнальных цепях выполнены одножильным проводом в ПВХ изоляции сечением 0,5 мм². Подбор сечения s , мм² соединительных проводов в силовых цепях, осуществлялся по допустимому длительному току $I_{доп}$, А, таблица 1.3.4 [10]. Параметры выбранных автоматических выключателей и проводников сведем в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 – Параметры выключателей

Условное обозначение	Номинальный ток, А	Марка	Защищаемый элемент	s , мм ²	$I_{доп}$, А
SF1	80	ВА47-100	Вводной пускатель	16	80
SF2	50	ВА47-63	Привод экструдера	8	51
SF3	10	ВА47-63	Привод гидроагрегата	1	14
QF1	5	ВА47-63	Обмотка возбуждения М1	1	14
QF2	20	ВА47-63	Электронагреватель	2,5	25
QF3	20	ВА47-63	Электронагреватель	2,5	25
QF4	20	ВА47-63	Электронагреватель	2,5	25
QF5	20	ВА47-63	Электронагреватель	2,5	25
QF6	20	ВА47-63	Электронагреватель	2,5	25
QF7	20	ВА47-63	Электронагреватель	2,5	25
QF8	5	ВА47-63	Трансформатор Т1	1	15
QF9	0,5	ВА47-63	Вводной контактор	1	15
QF10	0,5	ВА47-63	Питание контроллера	1	15

2.3 Разработка и описание принципиальной схемы

Принципиальные электрические схемы определяют полный состав приборов, аппаратов и устройств (а также связей между ними), действие которых обеспечивает решение задач управления, регулирования, измерения и сигнализации. Принципиальные схемы служат основанием для разработки других документов проекта: монтажных таблиц щитов и пультов, схем внешних соединений и др. Эти схемы служат также для изучения принципа действия системы, они необходимы при производстве наладочных работ и в эксплуатации.

Разработанная схема должна обеспечивать высокую надежность, простоту и экономичность, четкость действий при аварийных режимах, удобство оперативной работы, эксплуатации, четкость оформления.

Принципиальные электрические схемы управления, регулирования, измерения, сигнализации, питания, входящие в состав проектов автоматизации технологических процессов, выполнены в соответствии с требованиями государственных стандартов по правилам выполнения схем, условным графическим обозначениям, маркировке цепей и буквенно-цифровым обозначениям элементов схем [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25].

С учетом выбранного оборудования была разработана принципиальная электрическая схема.

На вводе установлен автоматический выключатель SF1, который защищает силовое оборудование и цепи управления. Контроллер А0 с модулями расширения А1, А2, А3, А4 запитаны от блока А5, который защищен автоматическим выключателем Q10. Включение контроллера осуществляется переключателем SA1. Автоматический выключатель Q9 защищает цепь управления контактором KM1.

Для реализации функции «Общий стоп» после вводного выключателя SF1 установлен контактор KM1. Катушка контактора KM1 управляется кнопками SB1, SB2 и переключателем с ключом. При включении кнопка SB2 шунтируется нормально разомкнутыми контактами KM1.4. Контроллер получает данные о состоянии контактора с помощью нормально замкнутого контакта KM1.5. В результате замыкания контактора KM1, напряжение подается на автоматические выключатели:

SF2 – выключатель привода экструдера;

SF3 – выключатель привода гидроагрегата;

QF1 – выключатель обмотки возбуждения M1;

QF2 – выключатель нагревателя первой зоны цилиндра экструдера;

QF3 – выключатель нагревателя второй зоны цилиндра экструдера;

QF4 – выключатель нагревателя третьей зоны цилиндра экструдера;

QF5 – выключатель нагревателя первой зоны формирующей головки;

QF6 – выключатель нагревателя второй зоны формирующей головки;

QF7 – резервный выключатель, питающий твердотельное реле;

QF8 – выключатель трансформатора T1.

От нажатия кнопки SB1 происходит обесточивание установки, при этом контроллер остается включенным.

Трансформатор T1, диодный мост VD7 и конденсатор С служат для питания цепей управления 24 В выпрямленным током.

Коммутация электронагревателей цилиндра и формирующей головки экструдера EK1-EK6 осуществляется твердотельными реле VD1-VD6, которые управляются транзисторными выходами модуля А3.

Двигатель гидроагрегата M2 включается в работу пускателем KM2. Замыкание катушки KM2 производится с помощью релейного выхода модуля А2. Также с помощью релейных выходов модуля А2 происходит управление электромагнитами клапанов Y1-Y13.

Двигатель главного привода M1 управляется тиристорным преобразователем А6. Разрешение на работу и сигнал открытия тиристоров преобразователь получает от выходов модуля А3. Сигналом готовности привода является замыкание преобразователем контактов модуля А1. Для питания печатной платы тиристорного преобразователя, используется трансформатор T2. Задатчик скорости выполнен двумя потенциометрами на 10 и 1 кОм, а также двумя резисторами на 1,6 и 1кОм. Обмотка возбуждения

подключена через диодный мост VD8. Обратную связь по скорости обеспечивает тахогенератор BR.

К аналоговым входам 1-6 модуля А4 подключены датчики температуры (термопары).

Кнопки SB3-SB14, переключатели SA2-SA7, концевые выключатели SQ1-SQ7 подключены к модулю А1. Их назначение описано в пп.

Связь всех модулей с контроллером А0 осуществляется по двухпроводной последовательной сети.

Перечень электрооборудования установки представлен в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Спецификация электрооборудования

Позиционное обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1	2	3	4
SF1	Автоматический выключатель ВА47-100 125 А	1	
SF2	Автоматический выключатель ВА47-63 63 А	1	
SF3	Автоматический выключатель ВА47-63 16 А	1	
QF2-QF7	Автоматический выключатель ВА47-63 20 А	6	
QF1, Qf8	Автоматический выключатель ВА47-63 5 А	1	
QF9-QF10	Автоматический выключатель ВА47-63 0,5 А	2	
KM1	Контактор КМЭ-9511 80А	1	
KM2	Контактор КМЭ-0910 9А	1	
EK1	Электронагреватель 3,6 кВт,	1	комплектно с установкой
EK2- EK3	Электронагреватель 2,5 кВт,	2	комплектно с установкой
EK4	Электронагреватель 1,15/1,22/1,82/1,75/0,85 кВт, (мощность зависит от кратности установленной головки)	1	комплектно с установкой
EK5	Электронагреватель 0,45/0,28/0,56/0,96/0,23 кВт, (мощность зависит от кратности установленной головки)	1	комплектно с установкой
M1	Электродвигатель MEZ BRNO MF160L2-T	1	комплектно с установкой
M2	Электродвигатель ЕЛПРОМ 4АО-100L-4D	1	комплектно с гидроагрегатом ВРА2-632
A6	Тиристорный преобразователь ArtTech SDC1-47	1	
A0	Контроллер СПК107	1	
A1	Модуль расширения MB110-32ДН	1	
A2	Модуль расширения МУ110-16Р	1	
A3	Модуль расширения МУ110-8К	1	
A4	Модуль расширения MB8А	1	
A5	БП60Б-Д4 24 В, 60 Вт	1	
T1	Трансформатор ОСМ1-0,16У3, 0,16 кВА	1	

Окончание таблицы 2.8

1	2	3	4
T2	Трансформатор ТП112-13, 18 В, 0,4 А	1	
Y1-Y13	Электромагниты клапанов	13	комплектно с установкой
VD1-VD6	Твердотельные реле KIPPRIBOR HD-2544.ZD3, 25 А	6	
SQ1-SQ7	Концевые выключатели	7	комплектно с установкой
SA1	MTB2-BDZ112, 2 положения, NO	1	220 В
SA4	MTB2-BGZ112, 2 положения, с ключом, NO	1	220 В
SB1	MTB2-EC4, NC	1	220 В
SB2	MTB2-BAZ112, NO	1	220 В
SA2, SA3, SA6, SA7	MTB2-BDZ112, 2 положения, NO	4	24 В
SA5	MTB2-BDZ133, 3 положения, NO	1	24 В
SB3-SB14	MTB2-BAZ112, NO	12	24 В
RP1	PTD901-2015K-B103, переменный резистор	1	
RP2	PTD901-2015K-B103, переменный резистор 10 кОм	1	
C	Конденсатор 100 мкФ	1	
R	Резистор 1 кОм	1	
VD7, VD8	VS-26MB120A, 25 А, 1200 В	2	

2.4 Разработка монтажной схемы

Щиты систем автоматизации предназначены для размещения средств контроля и управления технологическим процессом, а также устройств сигнализации, защиты блокировки, питания и линии связи между ними. На схеме общих видов щита изображены: вид на рабочую плоскость пульта и вид на внутреннюю плоскость щита с упрощенным изображением монтируемых на плоскости приборов, средств автоматизации и элементов мнемосхем; спецификация щитов и пультов. Ввод в щит электрических проводов предусмотрен снизу.

Схемы соединений щитов и пультов выполняют на основании принципиальных схем и чертежей общих видов адресным способом согласно стандартам [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25].

Выбранное оборудование было смонтировано на монтажной панели шкафа управления, согласно разработанным схемам. Внешний вид панели представлен на рисунке 2.10. После проверки правильности соединений в лабораторных условиях шкаф готов к установке на производстве.

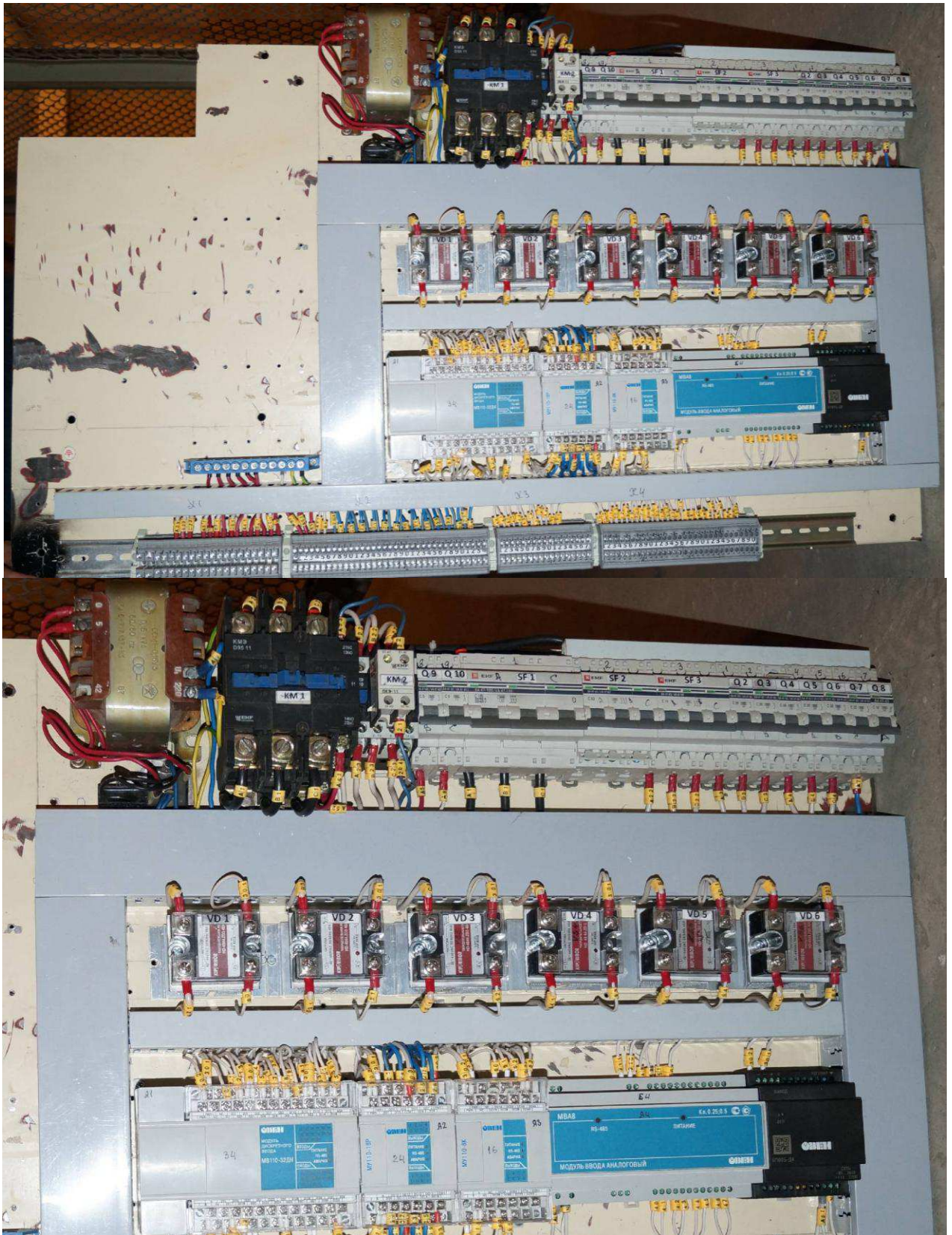


Рисунок 2.10 – Внешний вид монтажной панели с установленным оборудованием

3 Разработка программной части системы управления

3.1 Основные особенности работы программируемых контроллеров

Физически, типичный ПЛК представляет собой блок, имеющий определенный набор выходов и входов, для подключения датчиков и исполнительных механизмов. Опрос входов и выходов контроллер осуществляет автоматически. Логика управления описывается программно. Принцип работы ПЛК представлен на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Принцип работы ПЛК

Задачи управления требуют непрерывного циклического контроля. В любых цифровых устройствах непрерывность достигается за счет применения дискретных алгоритмов, повторяющихся через достаточно малые промежутки времени. Таким образом, вычисления в ПЛК всегда повторяются циклически. Одна итерация, включающая замер, обсчет и выработку воздействия, называется рабочим циклом ПЛК. Выполняемые действия зависят от значения входов контроллера, предыдущего состояния и определяются пользовательской программой.

Рабочий цикл состоит из нескольких фаз.

- 1) начало цикла;
- 2) чтение состояния выходов;
- 3) выполнение кода программы пользователя;
- 4) запись состояния выходов;
- 5) обслуживание аппаратных ресурсов ПЛК;
- 6) мониторинг системы исполнения;
- 7) контроль времени цикла;
- 8) переход на начало цикла.

В самом начале цикла ПЛК производит физическое чтение выходов. Считанные значения размещаются в области памяти входов. Далее выполняется код пользовательской программы. Пользовательская программа работает с копией значений входов и выходов, размещенной в оперативной памяти. После выполнения пользовательского кода физические выходы ПЛК приводятся в соответствие с расчетными значениями. Обслуживание аппаратных ресурсов подразумевает обеспечение работы системных таймеров, часов реального времени, оперативное самотестирование, индикацию состояния и другие аппаратно-зависимые

задачи. Монитор системы исполнения включает большое число функций, необходимых при отладке программы и обеспечении взаимодействия с системой программирования, сервером данных и сетью. Пользовательская программа работает только с мгновенной копией входов. Таким образом, значения входов в процессе выполнения программы не изменяется в пределах одного рабочего цикла. Это фундаментальный принцип построения ПЛК сканирующего типа. Такой подход исключает неоднозначность алгоритма обработки данных в различных его ветвях. Кроме того, чтение копии значения входа из ОЗУ выполняется значительно быстрее, чем прямое чтение входа. Аппаратно чтение входа может быть связано с формированием определенных временных интервалов, передачей последовательности команд для конкретной микросхемы или даже запросом по сети. Нужно отметить, что не всегда работа по чтению входов полностью локализована в фазе чтения входов. Например, аналого-цифровые преобразователи (АЦП) обычно требуют определенного времени с момента запуска до считывания измеренного значения. Часть работы системное программное обеспечение контроллера выполняет по прерываниям. Грамотно реализованная система исполнения никогда и нигде не использует пустые циклы ожидания готовности аппаратуры. При этом для прикладного программиста существенно то, что значения входов обновляются автоматически исключительно в начале каждого рабочего цикла. Общая продолжительность рабочего цикла ПЛК называется временем сканирования. Время сканирования сканирования в значительной степени определяется длительностью фазы кода пользовательской программы. Время, занимаемое прочими фазами рабочего цикла, практически является величиной постоянной. Существуют задачи, в которых плавающее время цикла существенно влияет на результат, например это автоматическое регулирование. Для устранения этой проблемы в развитых ПЛК предусмотрен контроль времени.

Код прикладной программы размещается в энергонезависимой памяти контроллера. Изменение кода прикладной программы выполняется пользователем ПЛК при помощи системы программирования и может быть выполнено многократно.

3.2 Общие сведения о среде разработчика CODESYS

Для автоматизации работы специалиста, разрабатывающего программу для ПЛК, избавления от рутинной работы разработаны многочисленные комплексы программирования ПЛК. Хорошо организованная среда программирования обладает определенным набором возможностей, таких как, встроенные текстовые и графические редакторы, средства отладки и управления проектом и т.д. Используемая среда программирования является важным фактором при выборе контроллера. Выбранный контроллер ОВЕН СПК107 программируется в среде CoDeSys 3.5.

Комплекс CoDeSys разработан фирмой 3S (Smart Software Solutions). Это универсальный инструмент программирования контроллеров и встраиваемых систем на языках МЭК 61131-3, не привязанный, к какой либо аппаратной платформе и удовлетворяющий современным требованиям быстрой разработки программного обеспечения. Для привязки к конкретному ПЛК требуется адаптация, касающаяся низкоуровневых ресурсов – распределение памяти, интерфейс связи и драйверы ввода-вывода.

Среди особенностей данного пакета можно выделить следующее.

Прямая генерация машинного кода. Генератор кода CoDeSys – это классический компилятор, что обеспечивает очень высокое быстродействие программ пользователя.

Полноценная реализация МЭК-языков, в некоторых случаях даже расширенная.

Текстовый редактор имеет широкие возможности, автоматизирующие и упрощающие ввод и модификацию исходного кода программы.

Встроенный эмулятор контроллера позволяет проводить отладку проекта без аппаратных средств. Причем эмулируется конкретный ПЛК с учетом аппаратной платформы. При подключении реального контроллера отладчик работает аналогичным образом.

Встроенные элементы визуализации дают возможность создать модель объекта управления и проводить отладку проекта без изготовления средств имитации.

Очень широкий набор сервисных функций, ускоряющих работу программиста.

Для CoDeSys доступен адаптированный русский перевод документации, выполненный ПК «Пролог». [26]

В соответствии с требованиями стандарта МЭК 61131, ПО CoDeSys поддерживает следующие текстовые:

- Instruction List (IL);
- Structured Text (ST)

и графические МЭК языки:

- Sequential Function Chart (SFC);
- Function Block Diagram (FBD);
- Ladder Diagram (LD).

Кроме того, CoDeSys включает поддержку, основанного на Функциональных Блоковых Диаграммах, редактора Continuous Function Chart (CFC).

Список инструкций (IL).

Язык IL (Instruction list) дословно – список инструкций. Каждая инструкция начинается с новой строки и содержит оператор и, в зависимости от типа операции, один и более операндов, разделенных запятыми. Пример на рисунке 3.2.

```

LD      17
ST      lint      (* комментарий*)
GE      5
JMPC   next
LD      idword
EQ      istruct.sdword
STN     test
next:

```

Рисунок 3.2 – Фрагмент кода программы на языке IL

Структурированный текст (ST).

ST представляет собой набор инструкций высокого уровня, которые могут использоваться в условных операторах ("IF...THEN...ELSE") и в циклах (WHILE...DO). Пример на рисунке 3.3.

```

IF value < 7 THEN
  WHILE value < 8 DO
    value:=value+1;
  END_WHILE;
END_IF;

```

Рисунок 3.3 – Фрагмент кода программы на языке ST

Язык последовательных функциональных схем (SFC).

SFC – это графический язык, который позволяет описать хронологическую последовательность различных действий в программе. Для этого действия связываются с шагами (этапами), а последовательность работы определяется условиями переходов между шагами. Пример на рисунке 3.4.

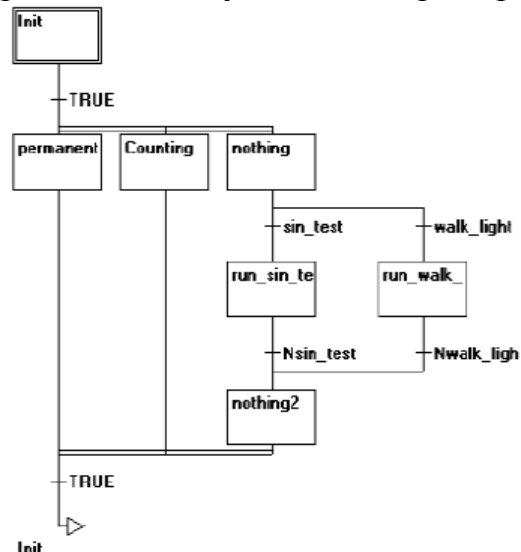


Рисунок 3.4 – Фрагмент кода программы на языке SFC

Язык функциональных блоковых диаграмм (FBD).

FBD – это графический язык программирования. Он работает с последовательностью цепей, каждая из которых содержит логическое или арифметическое выражение, вызов функционального блока, переход или инструкцию возврата. Пример на рисунке 3.5

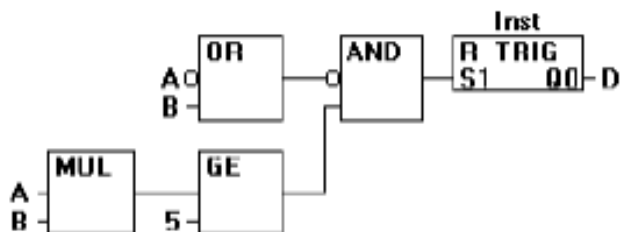


Рисунок 3.5 – Фрагмент кода программы на языке FBD

Непрерывные функциональные схемы (CFC).

В отличие от FBD редактор непрерывных функциональных схем не использует цепи, но дает возможность свободно размещать компоненты и соединения, что позволяет создавать обратные связи. Пример на рисунке 3.6.



Рисунок 3.6 – Фрагмент кода программы на языке CFC

Язык релейных диаграмм (LD).

Язык релейных или релейно-контактных схем (РКС) – графический язык, реализующий структуры электрических цепей. Лучше всего LD подходит для построения логических переключателей, но достаточно легко можно создавать и сложные цепи - как в FBD. Кроме того, LD достаточно удобен для управления другими компонентами РОУ. Диаграмма LD состоит из ряда цепей. Слева и справа схема ограничена вертикальными линиями - шинами питания. Между ними расположены цепи, образованные контактами и обмотками реле, по аналогии с обычными электронными цепями. Слева любая цепь начинается набором контактов, которые посылают слева направо состояние "ON" или "OFF", соответствующие логическим значениям ИСТИНА или ЛОЖЬ. Каждому контакту соответствует логическая переменная. Если переменная имеет значение ИСТИНА, то состояние передается через контакт. Иначе правое соединение получает значение выключено ("OFF"). Пример на рисунке 3.7.

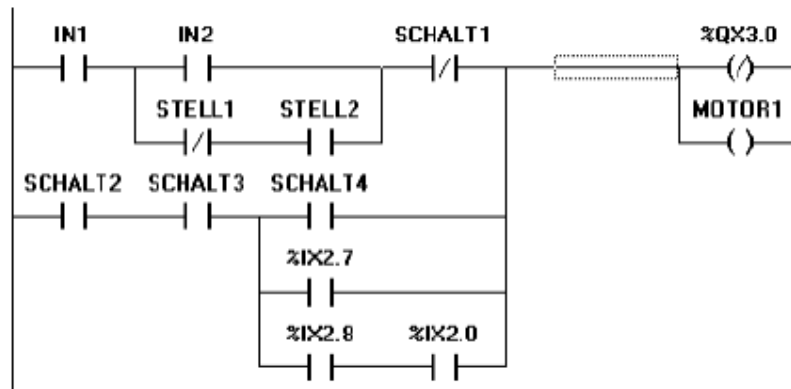


Рисунок 3.7 – Фрагмент кода программы на языке LD

3.3 Разработка алгоритма работы программы

Основной задачей при разработке программы для ПЛК является создание алгоритма. Алгоритм это описание последовательности действий для достижения определенной цели. Разработанный алгоритм программы представлен в виде блок-схемы на рисунке 3.8. Виртуальные экраны сенсорной панели приведены в приложении А. Фрагменты программы приведены в приложении Б.

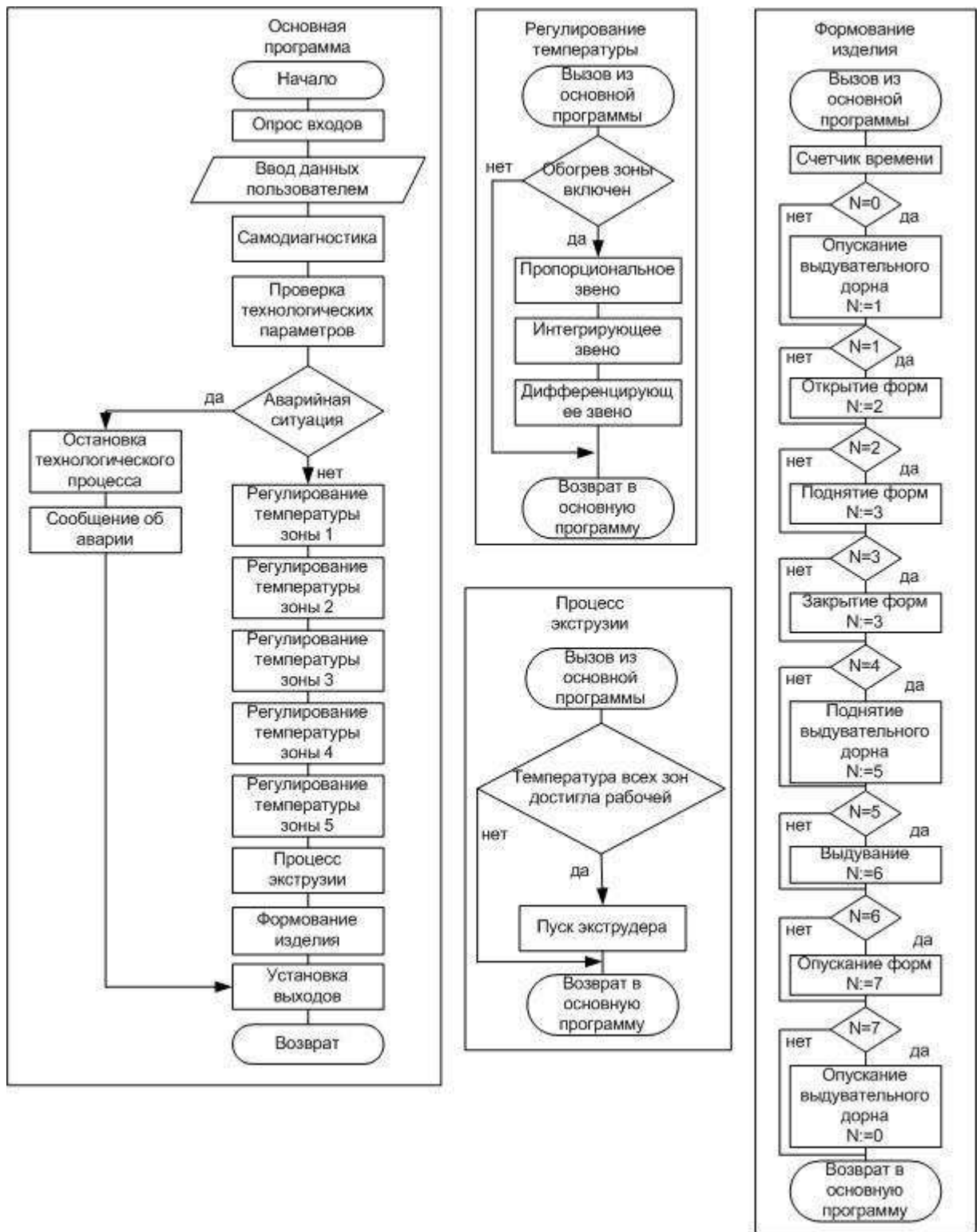


Рисунок 3.8 – Алгоритм работы программы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения данной работы была произведена модернизация системы управления экструзионно-выдувного агрегата «CHODOS». Новая система управления построена на базе ПЛК СПК107 фирмы «ОВЕН». Были разработаны принципиальная и монтажная схема. Произведена замена силовой и управленческой схемы в электрическом шкафу управления, установлены современные датчики. Для управления главным приводом был применен современный, надежный и компактный преобразователь. Сенсорный дисплей с диагональю 7 дюймов позволил повысить удобство работы и добавить новые функции. Благодаря системе блокировок и сигнализации возможность ошибочных действий персонала при работе с установкой сведена к минимуму. Система управления смонтирована и успешно опробована на производстве. Материалы и методики использованные в данной работе могут быть успешно применены при разработках аналогичных систем для других станков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Торнер Р. В., Акутин М. С. Оборудование заводов по переработке пластмасс. – М.: Химия, 1986. – 400 с.
2. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А. С. Клюев, Б. В. Глазов, А. Х. Дубровский, А. А. Клюев; Под ред. А. С. Клюева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
3. Гусев Н. В. Автоматизация технологических комплексов и систем в промышленности: учебное пособие / Н. В. Гусев, С. В. Ляпушкин, М. В. Коваленко; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 198 с.
4. Волошенко А. В. Проектирование систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие / А. В. Волошенко, Д. Б. Горбунов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 108 с.
5. ГОСТ 12434-83 Аппараты коммутационные низковольтные. Общие технические условия. – Взамен ГОСТ 12434-73; введ. 01.01.1985. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 18 с.
6. ГОСТ ИЕС 60947-5-1-2014 Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 5-1. Аппараты и коммутационные элементы цепей управления. Электромеханические устройства цепей управления. – Взамен ГОСТ 30011.5.1-2012; введ. 01.01.2016. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 70 с.
7. ГОСТ 50030.4.2-2012 Аппаратура распределения и управления низковольтная. Раздел 2. Полупроводниковые контроллеры и пускатели для цепей переменного тока. – Введ. 17.09.2012. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 78 с.
8. ГОСТ 50030.4.1-2012 Аппаратура распределения и управления низковольтная. Раздел 1. Электромеханические контакторы и пускатели. – Взамен ГОСТ Р 50030.4.1-2002, введ. 17.09.2012. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 98 с.
9. ГОСТ 50030.2-2010 Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 2. Автоматические выключатели. – Взамен ГОСТ Р 50030.2-99, введ. 30.11.2010. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 157 с.
10. Правила устройства электроустановок [Текст]: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Норматика, 2017. – 464 с.
11. ГОСТ 2.701-2008 Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. – Взамен ГОСТ 2.701-84; введ. 01.07.2009. – Москва: Стандартинформ, 2009. – 13 с.
12. ГОСТ 2.702-2011 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем. – Взамен ГОСТ 2.701-75; введ. 01.01.2012. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 21 с.

13. ГОСТ 2.709-89 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах. – Введ. 01.01.1990. – Москва: Издательство стандартов, 1989. – 10 с.
14. ГОСТ 2.710-81 Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах. – Введ. 01.07.1981. – Москва: Издательство стандартов, 1981. – 9 с.
15. ГОСТ 2.721-74 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения. – Введ. 01.07.1975. – Москва: Издательство стандартов, 1984. – 33 с.
16. ГОСТ 2.722-68 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические. – Взамен ГОСТ 7624-62 в части разд. 4; введ. 01.01.1971. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 14 с.
17. ГОСТ 2.723-68 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители. – Взамен ГОСТ 7624-62 в части разд. 11; введ. 01.01.1971. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 7 с.
18. ГОСТ 2.725-68 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутирующие. – Взамен ГОСТ 7624-62 в части разд. 8; введ. 01.01.1971. – Москва: Стандартиформ, 2010. – 4 с.
19. ГОСТ 2.727-68 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Разрядники, предохранители. – Взамен ГОСТ 7624-62 в части разд. 7; введ. 01.01.1971. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 3 с.
20. ГОСТ 2.728-74 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы. – Взамен ГОСТ 2.728-68, ГОСТ 2.729-68 в части п. 12, ГОСТ 2.747-68 в части подпунктов 24, 25 таблицы; введ. 01.07.1975. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 12 с.
21. ГОСТ 2.729-68 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные. – Взамен ГОСТ 7624-62 в части разд. 6; введ. 01.01.1971. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 4 с.
22. ГОСТ 2.730-73 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые. – Взамен ГОСТ 2.730-68, ГОСТ 2.747-68 в части пп. 33 и 34 таблицы; введ. 01.01.1971. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 15 с.
23. ГОСТ 2.732-68 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Источники света. – Взамен

ГОСТ 7624-62 в части разд. 12, подразд. Ж; введ. 01.01.1971. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 7 с.

24. ГОСТ 2.751-73 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Электрические связи, провода, кабели и шины. – Взамен ГОСТ 2.751-68; введ. 01.01.1974. – Москва: Издательство стандартов, 1979. – 17 с.

25. ГОСТ 2.755-87 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения. – Взамен ГОСТ 2.738-68 (кроме подпункта 7 табл. 1), ГОСТ 2.755-74; введ. 01.01.1988. – Москва: Стандартиформ, 2004. – 17 с.

26. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys 2.3 [Электронный ресурс] // ОВЕН. Оборудование для автоматизации. – режим доступа: <http://www.owen.ru>

27. Дипломное проектирование по специальности 140211.65 «Электроснабжение»: учеб. пособие / Л. Л. Латушкина, А. Д. Макаревич, А. С. Торопов, А. Н. Туликов ; Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. – Абакан : Ред.-изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2012. – 232 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А



Рисунок А.1 – Стартовый экран



Рисунок А.2 – Экран автоматического режима



Рисунок А.3 – Экран ручного режима

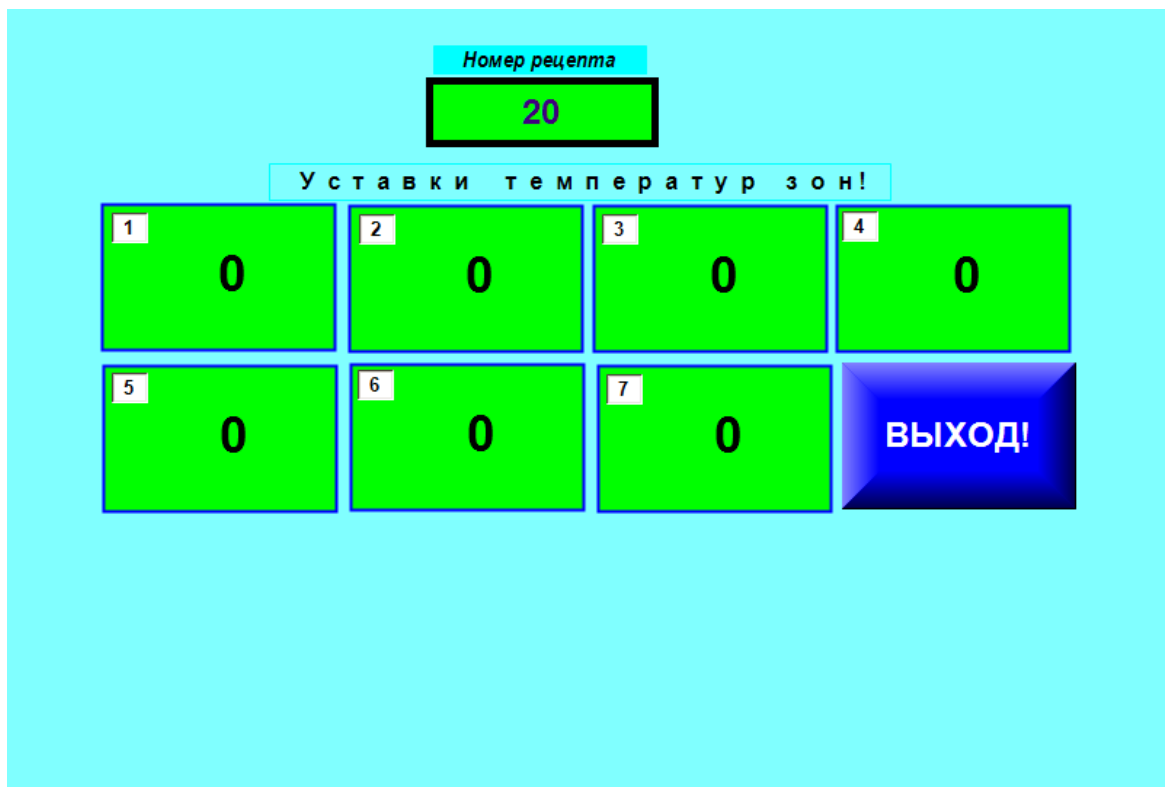


Рисунок А.4 – Экран настройки рецепта



Рисунок А.5 – Экран настройка нагрева

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

```
1 FUNCTION_BLOCK IND16_1
2 VAR_INPUT
3 END_VAR
4 VAR_OUTPUT
5     id1,id2,id3,id4,id5,id6,id7,id8,id9,id10,id11,id12,id13,id14,id15,id16:BOOL;
6 END_VAR
7 VAR
8 END_VAR
9
10 id1:= MV110_32dn.rInput1;
11 id2:= MV110_32dn.rInput2;
12 id3:= MV110_32dn.rInput3;
13 id4:= MV110_32dn.rInput4;
14 id5:= MV110_32dn.rInput5;
15 id6:= MV110_32dn.rInput6;
16 id7:= MV110_32dn.rInput7;
17 id8:= MV110_32dn.rInput8;
18 id9:= MV110_32dn.rInput9;
19 id10:= MV110_32dn.rInput10;
20 id11:= MV110_32dn.rInput11;
21 id12:= MV110_32dn.rInput12;
22 id13:= MV110_32dn.rInput13;
23 id14:= MV110_32dn.rInput14;
24 id15:= MV110_32dn.rInput15;
25 id16:= MV110_32dn.rInput16;
26 RETURN;
```

Рисунок Б.1 – Текст подпрограммы. Лист 1

```
1 FUNCTION_BLOCK IND16_2
2 VAR_INPUT
3 END_VAR
4 VAR_OUTPUT
5     id1,id2,id3,id4,id5,id6,id7,id8,id9,id10,id11,id12,id13,id14,id15,id16:BOOL;
6 END_VAR
7 VAR
8 END_VAR
9
10 id1:= MV110_32dn.rInput17;
11 id2:= MV110_32dn.rInput18;
12 id3:= MV110_32dn.rInput19;
13 id4:= MV110_32dn.rInput20;
14 id5:= MV110_32dn.rInput21;
15 id6:= MV110_32dn.rInput22;
16 id7:= MV110_32dn.rInput23;
17 id8:= MV110_32dn.rInput24;
18 id9:= MV110_32dn.rInput25;
19 id10:= MV110_32dn.rInput26;
20 id11:= MV110_32dn.rInput27;
21 id12:= MV110_32dn.rInput28;
22 id13:= MV110_32dn.rInput29;
23 id14:= MV110_32dn.rInput30;
24 id15:= MV110_32dn.rInput31;
25 id16:= MV110_32dn.rInput32;
26 RETURN;
```

Рисунок Б.2 – Текст подпрограммы. Лист 2


```

1 FUNCTION_BLOCK v16outR
2 VAR_INPUT
3     VIX1, VIX2, VIX3, VIX4, VIX5, VIX6, VIX7, VIX8, VIX9, VIX10, VIX11, VIX12, VIX13, VIX14, VIX15, VIX16: BOOL;
4 END_VAR
5 VAR_OUTPUT
6 END_VAR
7 VAR
8 END_VAR
9
10 MU110_16R_K.wOut1:=VIX1;
11 MU110_16R_K.wOut2:=VIX2;
12 MU110_16R_K.wOut3:=VIX3;
13 MU110_16R_K.wOut4:=VIX4;
14 MU110_16R_K.wOut5:=VIX5;
15 MU110_16R_K.wOut6:=VIX6;
16 MU110_16R_K.wOut7:=VIX7;
17 MU110_16R_K.wOut8:=VIX8;
18 MU110_16R_K.wOut9:=VIX9;
19 MU110_16R_K.wOut10:=VIX10;
20 MU110_16R_K.wOut11:=VIX11;
21 MU110_16R_K.wOut12:=VIX12;
22 MU110_16R_K.wOut13:=VIX13;
23 MU110_16R_K.wOut14:=VIX14;
24 MU110_16R_K.wOut15:=VIX15;
25 MU110_16R_K.wOut16:=VIX16;
26
27 return;

```

Рисунок Б.3 – Текст подпрограммы. Лист 3

```

1 FUNCTION_BLOCK v8outK
2 VAR_INPUT
3     VIX1, VIX2, VIX3, VIX4, VIX5, VIX6, VIX7, VIX8: BOOL;
4 END_VAR
5 VAR_OUTPUT
6 END_VAR
7 VAR
8     MU110_8: INT;
9 END_VAR
10
11 MU110_8R_K.wOut1:=VIX1;
12 MU110_8R_K.wOut2:=VIX2;
13 MU110_8R_K.wOut3:=VIX3;
14 MU110_8R_K.wOut4:=VIX4;
15 MU110_8R_K.wOut5:=VIX5;
16 MU110_8R_K.wOut6:=VIX6;
17 MU110_8R_K.wOut7:=VIX7;
18 MU110_8R_K.wOut8:=VIX8;
19
20 RETURN;

```

Рисунок Б.4 – Текст подпрограммы. Лист 4

```

1 FUNCTION_BLOCK MVA8
2 VAR_INPUT
3 END_VAR
4 VAR_OUTPUT
5     T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8:REAL;
6 END_VAR
7 VAR
8 END_VAR
9

```

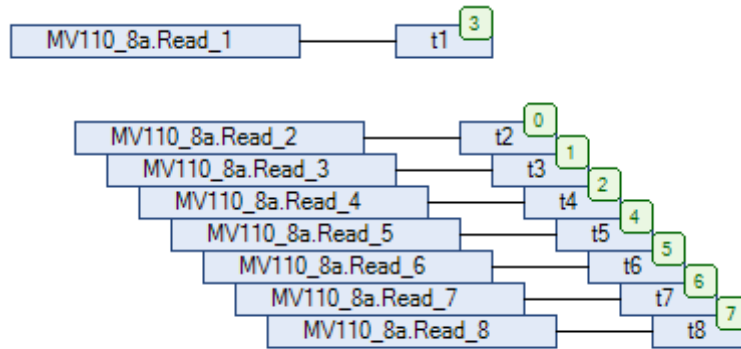


Рисунок Б.5 – Текст подпрограммы. Лист 5

```

1 FUNCTION_BLOCK Zapisy
2 VAR_INPUT
3     in1, in2, in3, in4, in5, in6, in7:REAL;
4 END_VAR
5 VAR_OUTPUT
6     o1, o2, o3, o4, o5, o6, o7:REAL;
7 END_VAR
8 VAR
9 END_VAR
10

```

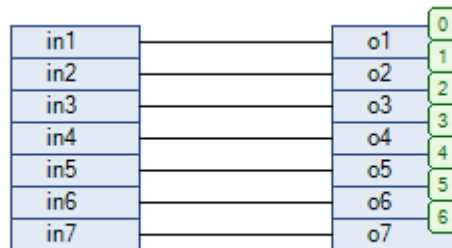


Рисунок Б.6 – Текст подпрограммы. Лист 6

```

1  FUNCTION_BLOCK PD_REG
2  VAR_INPUT
3  t_zn,us_z:REAL;
4  k_us:REAL;
5
6  VKL_M,VKL_A: BOOL;
7
8  END_VAR
9  VAR_OUTPUT
10     V_S: BOOL;
11 END_VAR
12 VAR
13
14     gen_sim: BLINK;
15 END_VAR
16

```

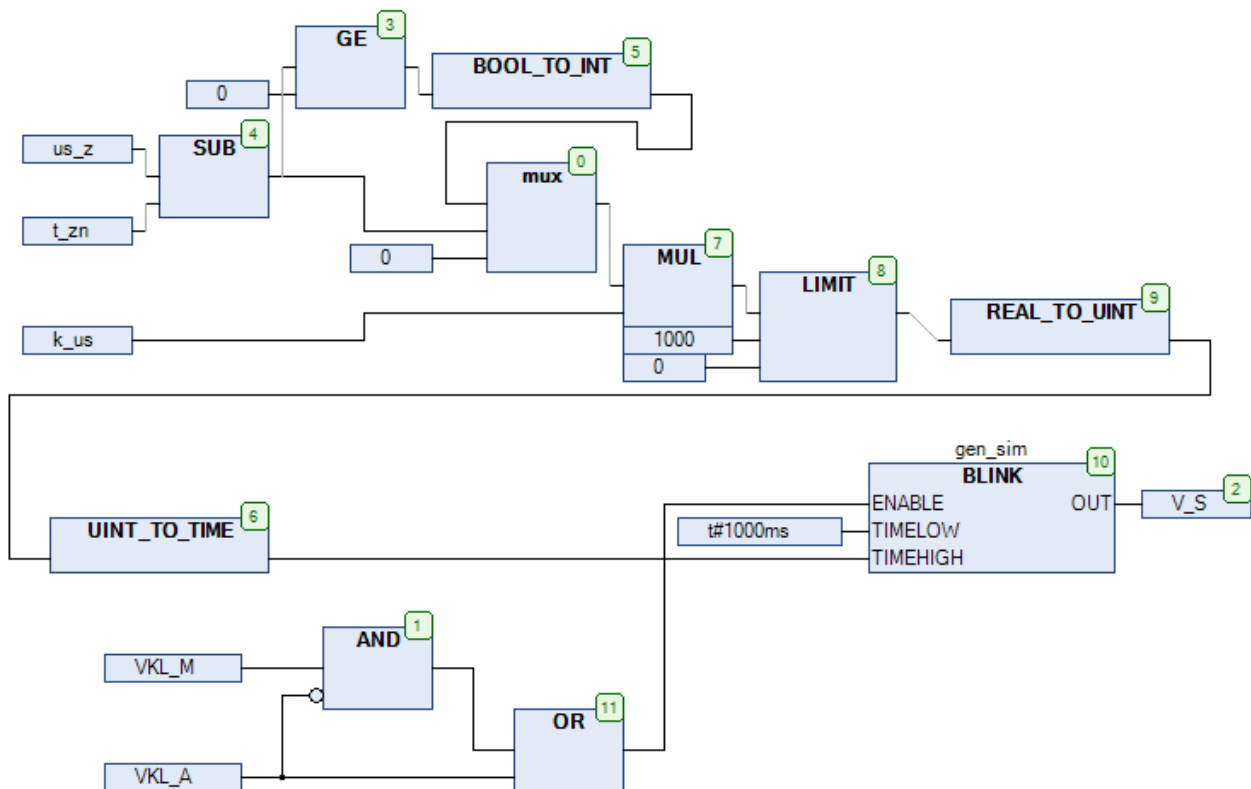


Рисунок Б.7 – Текст подпрограммы. Лист 7

```

1 PROGRAM PLC_PRG
2 VAR
3     v16outR_0: v16outR;
4     v16outR_1: v16outR;
5     ID_1: INDI6_1;
6     INDI6_2_0: INDI6_2;
7     INDI6_1_0: INDI6_1;
8     MVA8_0: MVA8;
9     v8outK_0,v8outK_1: v8outK;
10    UT1,UT2,UT3,UT4,UT5,UT6,UT7,UT8: BOOL;
11    U1,U2,U3,U4,U5,U6,U7,U8,U9,U10,U11,U12,U13,U14, U15,U16: BOOL;
12    z1,z2,z3,z4,z5,z6,z7,z8,z9,z10,z11,z12,z13,z14,z15,z16: BOOL;
13    k1,k2,k3,k4,k5,k6,k7,k8,k9,k10,k11,k12,k13,k14,k15,k16:BOOL;
14    TR1,TR2,TR3,TR4,TR5,TR6,TR7: REAL; (*текущие температуры по участкам *)
15    Q: REAL;
16
17    VKL_N_V1,VKL_N_V2,VKL_N_V3,VKL_N_V4,VKL_N_V5,VKL_N_V6,VKL_N_V7: BOOL; (* сигналы включения нагревателей*)
18    TZT,TZT1,TZT2,TZT3,TZT4,TZT5,TZT6,TZT7: REAL;
19
20    Zapisy_0: Zapisy;
21    ZPZ: BOOL;
22    AVT_PABOTA: BOOL; (*КОМАНДА АВТОМАТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ*)
23    PD_REG_5: PD_REG;
24    PD_REG_8: PD_REG;
25    PD_REG_9: PD_REG;
26    PD_REG_10: PD_REG;
27    PD_REG_11: PD_REG;
28    PD_REG_12: PD_REG;
29    PD_REG_13: PD_REG;
30    PD_REG_14: PD_REG;
31    PD_REG_15: PD_REG;
32 END_VAR
33
34 VAR RETAIN
35
36 N_VAR: INT:=20; (* НОМЕР ВАРИАНТА РАБОТЫ*)
37 S_PRIVODA: INT; (*скорость привода*)
38 KP1,KP2,KP3,KP4,KP5,KP6,KP7:REAL; (* КОЭФИЦИЕНТЫ УСИЛЕНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ НАГРЕВАТЕЛЕЙ*)
39 TZ: ARRAY[1..7,1..20] OF REAL; (* уставки температур по участкам *)
40
41
42 END_VAR

```

Рисунок Б.8 – Текст основной программы. Лист 1

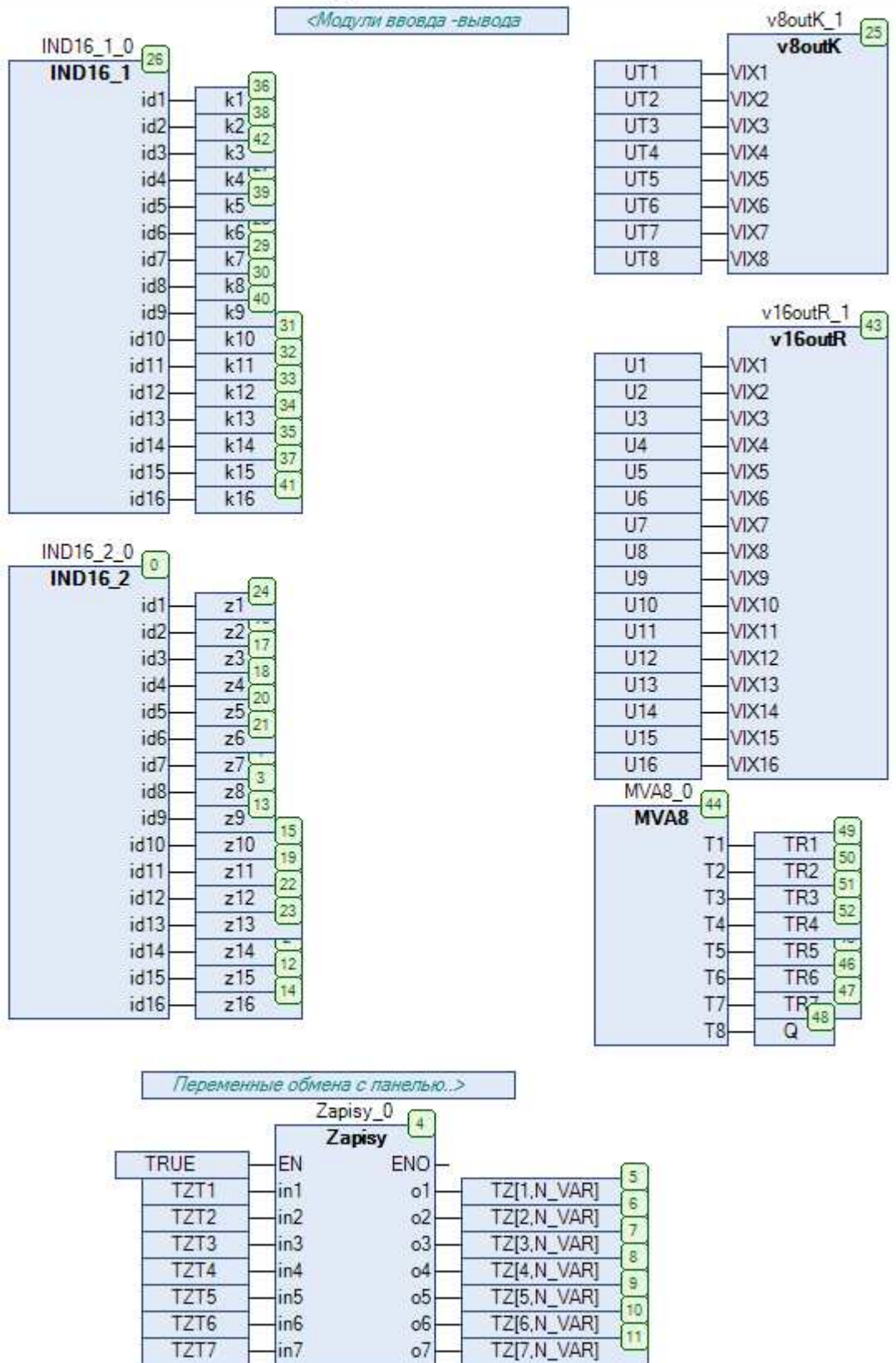


Рисунок Б.9 – Текст основной программы. Лист 2

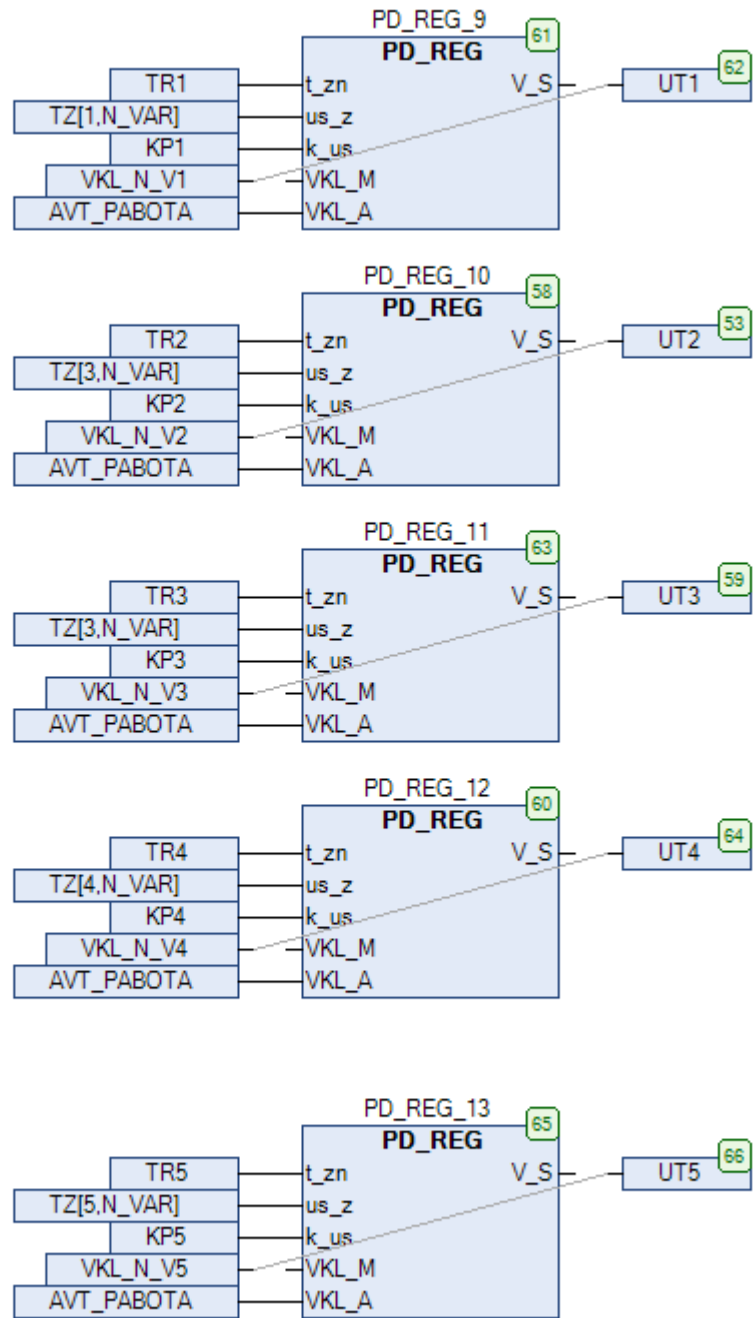


Рисунок Б.10 – Текст основной программы. Лист 3

Дипломная работа выполнена мной самостоятельно. Использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

Отпечатано в 1 экземпляре.

Библиография 27 наименований.

Электронный экземпляр сдан на кафедру.

« _____ » _____ 20 ____ г.
(дата)

(подпись)

Потапов Н.Н.
(ФИО)

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт - филиал ФГАОУ ВО
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
институт

Электроэнергетика
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Г.Н. Чистяков

подпись инициалы, фамилия

« 12_» **б€** 20 **(7-** г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код - наименование направления

Разработка системы цифрового управления
экструзионно-выдувного агрегата
на базе контроллера С ПК 107
_____ тема

Руководитель



подпись, дата

доцент, канд. техн. наук

должность, ученая степень

Е.Я. Глушкин

инициалы, фамилия

Выпускник

/70%7#

подпись, дата

Н.Н. Потапов

инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____

подпись, дата

И.А. Кычакова

инициалы, фамилия