

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический институт
Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Кафедра Электропривода и электрооборудования

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка системы управления вентиляторной установки УДК <u>697.921.4</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗБ	Безгинов Глеб Юзович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Шилин А.А.	Д.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Потехина Н.В.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Панин В.Ф.	Д.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭПЭО	Дементьев Ю.Н.	К.Т.Н., доцент		

Томск – 2017 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический институт
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электропривода и электрооборудования

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ЭЭС
_____ Дементьев Ю.Н.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5ГЗБ	Безгинову Глебу Юзовичу

Тема работы:

Разработка системы управления вентиляторной установки

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>ОВЕН ПЛК 150: Номинальная мощность 10 Вт; Не менее 3 аналоговых входов; Не менее 5 дискретных входов; Не менее 4 дискретных выходов; Не менее 2 аналоговых выходов; Интерфейс связи Ethernet 100 Base-T; Степень защиты корпуса IP20;</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Титульный лист Задание Реферат Оглавление Введение Раздел 1.Обоснование использования ПЛК Раздел 2.Обзор существующих систем управления Раздел 3.Анализ конкурентных технических решений и выбор программного комплекса Раздел 4.Выбранная техническая реализация Раздел 5.Программирование на ПЛК Заключение Список литературы</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Панин Владимир Филиппович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Нина Васильевна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Шилин Александр Антольевич	Доктор технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗБ	Безгинов Глеб Юзович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5ГЗБ	Безгинову Глебу Юзовичу

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электрооборудование и электрохозяйство

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научно-технического исследования (НТИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя 36800 Оклад инженера 17000.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	30 % премии 20 % надбавки 16 % накладные расходы 30 % районный коэффициент Норма амортизации 33,3%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	27,1 % отчисления на социальные нужды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НТИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценки перспективности проекта согласно SWOT - анализу.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на НИ: - амортизация оборудования; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. SWOT-анализ
2. Диаграмма Ганта
3. Бюджет затрат НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Потехина Н. В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗБ	Безгинов Глеб Юзович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5ГЗБ	Безгинов Глеб Юзович

Институт	Энергетический (ЭНИН)	Кафедра	Электропривода и электрооборудования (ЭПЭО)
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (территория ремонтно-механического цеха и понизительной подстанции) на предмет возникновения:</p> <p>1.1. вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</p> <p>1.2. опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</p> <p>1.3. негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</p> <p>1.4. чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</p>	<p>Территория лаборатории электроники и микропроцессорной техники. Необходимо поддержание:</p> <p>1.1. Нормативных метеоусловий, уровней освещенности, вибрации и шума, электромагнитных полей;</p> <p>1.2. Нормативных мер обеспечения электро- и пожаробезопасности;</p> <p>1.3. Нормативных мер при обращении с выбросами, сбросами и твердыми отходами из-за ремонта оборудования.</p> <p>1.4. Наиболее вероятные ЧС: загорания (пожары), поражение персонала электрическим током.</p>
<p>2. Ознакомление и отбор законодательных и нормативных документов по теме и отбор их.</p>	<p>ГОСТ 12.0.003-74 «ОиВПФ»; ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности»; ГОСТ 12.1.01290 «Вибрационная безопасность»; ГОСТ 12.1.005-88» Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;</p> <p>ПУЭ, утвержденный министерством энергетики России от 08.07.2002, №204, Глава 1.7.;</p> <p>№123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;</p> <p>Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681;</p> <p>Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009 №1110 (с изменениями от 24.12.2014).</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <p>1.1. физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</p> <p>1.2. действие фактора на организм человека;</p> <p>1.3. приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</p> <p>1.4. предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</p>	<p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Шум; 2. Вибрации; 3. Возможные ненормативные метеоусловия и освещенность рабочих мест; 4. Электромагнитные поля
---	---

<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <p>2.1.механические опасности (источники, средства защиты);</p> <p>2.2.термические опасности (источники, средства защиты);</p> <p>2.3.электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</p> <p>2.4.пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</p>	<p>Опасные факторы:</p> <p>2.1.Опасность электропоражения;</p> <p>2.2.Опасность загораний (пожаров).</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <p>3.1.анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</p> <p>3.2.анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</p> <p>3.3.анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</p>	<p>Описание проектируемой системы обращения с выбросами, сбросами, твердыми отходами ремонтно-механического цеха.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <p>4.1.перечень возможных ЧС на объекте;</p> <p>4.2.выбор наиболее типичных ЧС;</p> <p>4.3.разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</p>	<p>Возможные ЧС: загорание (пожар), электропоражения.</p> <p>Соблюдения техники безопасности</p> <p>Следовать плану эвакуации, вызвать пожарных.</p> <p>Разработать мероприятия по предупреждению загораний, электропоражений и ликвидации их последствий</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>5.1.специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>5.2.организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</p>	<p>Право на условие труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены.</p> <p>Использовать оборудования и мебель согласно антропометрическим данным.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	24.04.2017
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор кафедры ЭБЖ	Панин В.Ф.	д.т.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗБ	Безгинов Г.Ю.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 100 страниц, 62 рисунка, 12 таблиц, 12 источников.

Ключевые слова: вентиляция, программируемый логический контроллер, CoDeSyS, регулятор, система управления.

Объектом исследования является: система управления вентиляторной установки.

Цель работы - исследование методов реализации алгоритмов управления вентиляционной системы на программируемом логическом контроллере.

В процессе исследования проводились исследования методов реализации алгоритмов управления вентиляционной системы на программируемом логическом контроллере. Разрабатывались алгоритмы управления и методы подключения и настройки исполнительного и измерительного оборудования, а также панель управления и настройки системы вентиляции.

В результате исследования прототип системы вентиляции был реализован в программном комплексе CoDeSyS и теперь любой контроллер, поддерживаемый этой программой, может реализовать данный прототип. Также был выбран наиболее подходящий контроллер для данной системы: ОВЕН ПЛК 150.

Область применения: максимально широкая – от офисных до производственных помещений.

Экономическая эффективность / значимость работы: использование ПЛК, что значительно снижает экономические затраты.

Оглавление

Введение.....	10
1 Обоснование использования ПЛК.....	11
2 Обзор существующих систем управления	21
3 Анализ конкурентных технических решений и выбор программного комплекса	29
4 Выбранная техническая реализация	34
5 Реализация системы (программа на ПЛК)	40
5.1 Описание используемых блоков.....	40
5.2 Сборка и отладка системы.....	56
5.2.1 Подготовка математической модели объекта вентиляции	56
5.2.2 Реализация регулятора.....	57
5.3 Визуализация проекта и отображение переходных процессов	65
6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	68
6.1 SWOT-анализ.....	68
6.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	70
6.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	70
6.2.2 Определение трудоемкости работ	71
6.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	73
6.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	75
6.2.5 Основная заработная плата исполнителей темы.....	76
Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	78
Отчисления во внебюджетные фонды	78
Расчет амортизации.....	79
Накладные расходы.....	80
7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	82
7.1 Производственная безопасность.....	82
7.1.1 Психофизиологические факторы.....	83
7.1.2 Микроклимат	83
7.1.3 Организация и оборудование рабочих мест в лаборатории для	85
различных категорий пользователей:	85
7.1.4 Гигиенические требования к естественному, искусственному и.....	86
совмещенному освещению производственных помещений.....	86
7.1.5 Шум и вибрация	88
7.1.6 Статическое электричество	89
7.1.7 Электробезопасность	90

7.1.8 Пожарная и взрывная безопасность	91
7.1.9.Предотвращение ЧС и устранение их последствий	92
Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации в лаборатории: возникновение пожара и электропоражение.....	92
7.1.10 Экологическая безопасность (защита окружающей среды)	94
Заключение	97
Список используемой литературы	99

Введение

Значимость эффективной работы вентиляционной системы на современном производстве и в быту отрицать крайне тяжело. Ведь ее функционирование отражается не только на здоровье людей, но и на качестве производства, его скорости и производительности.

В первую очередь, при создании грамотной вентиляционной системы стоит уделить наибольшее внимание непосредственно вентилятору. В его задачу входит заданное системой перемещение потоков воздуха либо иной газовой среды. Практика показывает, что неудовлетворительная работа вентиляционных систем зачастую связана именно с плохим качеством вентилятора, либо не подходящего для данной системы и ее задач. Также это приводит к низкому значению коэффициента полезного действия и, как следствие, к чрезмерной трате электроэнергии.

Актуальность работы также подтверждается тем фактом, что вентиляторы общего назначения, используемые в системах кондиционирования, аспирации и вентиляции, потребляют около 4% от общего количества вырабатываемой в России электроэнергии. Из всего вышеизложенного становится очевидно, что правильный выбор вентилятора крайне необходим.

Данная работа посвящена разработке системы управления вентиляторной установкой.

Целью данной работы является исследование методов реализации алгоритмов управления вентиляционной системы на программируемом логическом контроллере. Также в ходе работы разрабатываются алгоритмы управления и методы подключения и настройки исполнительного и измерительного оборудования, а также панель управления и настройки системы вентиляции.

1 Обоснование использования ПЛК

Управление с помощью схем релейно-контактной автоматики является традиционным способом обеспечения автоматических циклов технического оборудованья. Опыт показывает, что такое решение обеспечивает выполнение необходимых условий. Однако нельзя не отметить тот факт, что релейно-контактная автоматика обладает рядом недостатков.

В частности:

- необходимость разработки для каждого объекта автоматизации своей особенной принципиальной релейно-контактной схемы;
- необходимость разработки полной конструкторской документации на релейно-контактное устройство, реализующее данную принципиальную схему, включая выбор нужного числа типовых конструктивов (шкафов, монтажных субблоков, панелей, пультов, разъемов, коробов и т.п.), а также серийно выпускаемых и доступных электрических аппаратов, определяемых данной принципиальной схемой, выпуск соответствующих сборочных и рабочих чертежей и спецификаций;
- необходимость разработки полной технологической документации на данное конкретное релейно-контактное устройство, включая разработку маршрутной и операционной технологии изготовления и сборки, составление спецификаций и заказ стандартного режущего и вспомогательного инструмента, конструирование специального режущего и вспомогательного инструмента;
- необходимость подготовки и организации производства данного релейно-контактного устройства, включая выбор и организацию отношений с поставщиками, создание необходимых запасов сырья и комплектующих изделий, планирование и организацию производственного процесса;
- необходимость выполнения всего производственного цикла данного конкретного устройства, включая изготовление специальных и комплектацию типовых компонентов, сборку и под сборку данного конкретного устройства, осуществление всего объема монтажных работ;

- необходимость проведения для реализованного таким образом данного конкретного устройства полного объема его испытаний на функциональное соответствие, надежность (определяющих и контрольных), эргономичность, включая разработку программы и методики испытаний, а также проектирование, изготовление и проверку испытательных стендов;
- значительные габаритные размеры и энергопотребление реализованного таким образом конкретного устройства;
- отсутствие формализованных методов и средств для диагностирования и локализации неисправностей в реализованном таким образом конкретном устройстве;
- потенциальная ненадежность, связанная с большим числом электрических контактов в реализованном таким образом конкретном устройстве.

Первые попытки перейти к более технологичному уровню систем управления и автоматизации заключались в прямой замене релейно – контактных схем эквивалентными бесконтактными. Проблема в данном случае была в том, что таким путем удалось убрать только один недостаток релейно – контактных схем, а именно их ненадежность. При этом становилось тяжело диагностировать и устранять неисправности по причине отсутствия визуализации срабатывания (и наоборот) элементов. Также возникали трудности с «размножением» сигналов, ведь в традиционных релейно – контактных схемах эта функция обеспечивалась наличием нескольких пар контактов у одного реле.

Поэтому наряду с использованием новой элементной базы оказалось необходимым применить и новые принципы построения систем управления автоматическими циклами. Создание современных систем управления стало возможным с появлением специального универсального устройства: программируемого логического контроллера (ПЛК) {англ. PLC — Programmable Logical Controller}.

Программируемый логический контроллер является комплектующим универсальным цифровым устройством, которое настраивается

непосредственно потребителем, а не изготовителем. Настройка управления конкретным циклом осуществляется методом занесения в память ПЛК соответствующей рабочей программы и соответствующей реализации его адресов с входными и выходными сигналами объекта управления, являющимися операндами.



Рисунок 1.1 – Схема ПЛК

Программируемый логический контроллер построен по тем же принципам, что и универсальная цифровая вычислительная машина. Из этого следует, что трудности серийности и номенклатуры решены. Эта проблема заключалась в том, что технически невозможно организовать выпуск большой серии изделий, выпускаемых по заказу для управления конкретным объектом. ПЛК решает эту проблему, так как в данном случае появляется возможность привязки к конкретному объекту, причем это сделает сам потребитель.

Конструктивно ПЛК выпускаются либо в приборном исполнении, предусматривающем установку данного ПЛК на столе, либо в консольном исполнении, предусматривающем установку данного ПЛК на стене.

Являясь универсальным цифровым вычислительным устройством, ПЛК содержит все характерные для персонального компьютера функциональные блоки, а именно: процессор, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), устройство ввода-вывода и индуцирующее устройство.

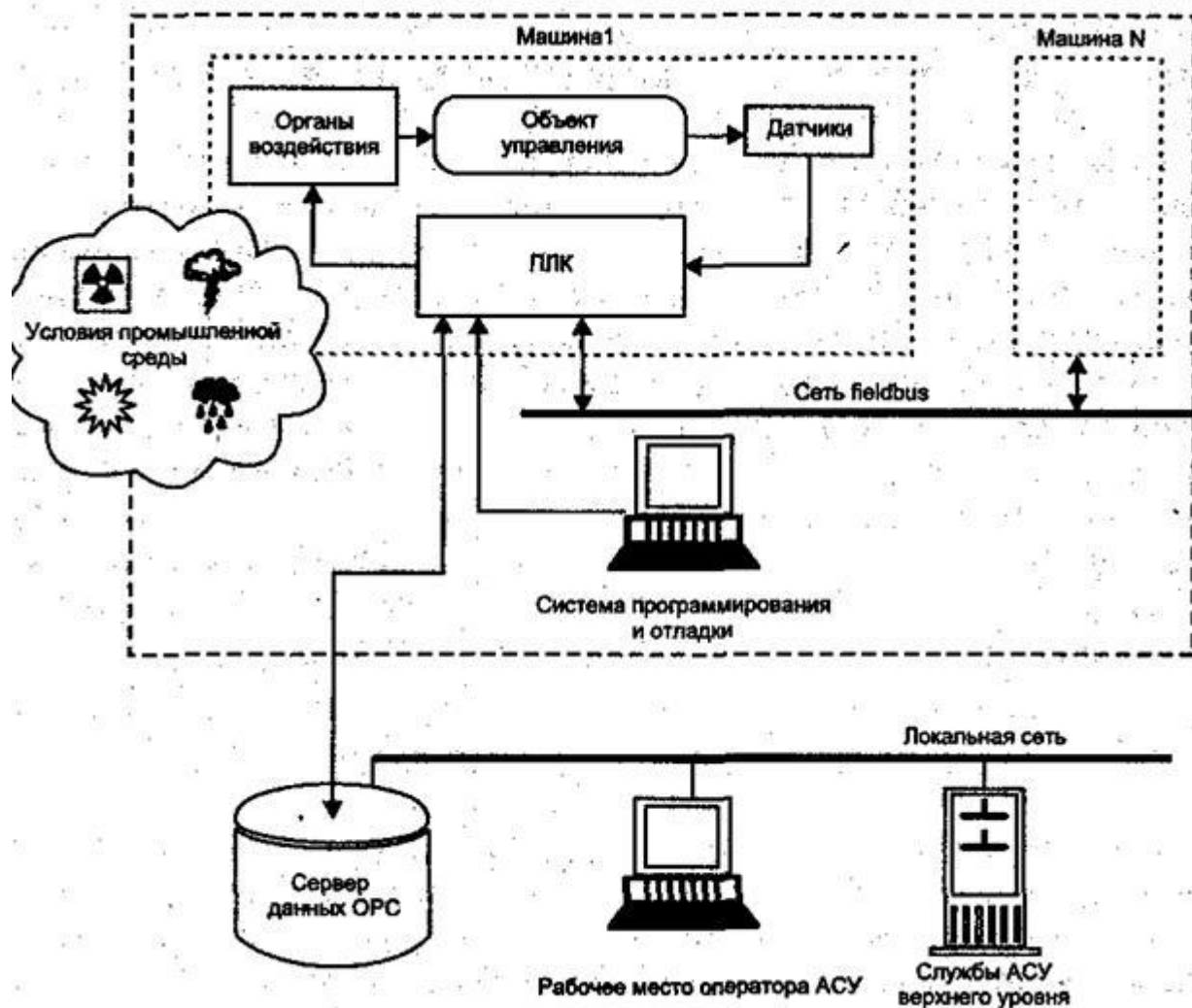


Рисунок 1.2 – Схема взаимодействия с ПЛК

Но в то же время ПЛК существенно отличается от персонального компьютера, прежде всего, по своим архитектурным особенностям.

- разрядная сетка ПЛК содержит в принципе лишь один разряд. Это значит, что в таком контроллере предусматривается обработка не заданных пакетами сигналов в том или ином цифровом коде чисел, а отдельных дискретных сигналов о срабатывании или несрабатывании предельных датчиков состояния тех или иных рабочих органов. Результатом произведенной обработки этих сигналов являются также дискретные сигналы типа «включить» или «выключить», адресованные соответствующему исполнительному механизму;

- минимально необходимая система команд ПЛК может быть ограничена лишь несколькими логическими операциями. Таковыми в случае использования так называемого нормального логического базиса являются три

операции: дизъюнкция (соответствующая параллельному соединению), конъюнкция (соответствующая последовательному соединению) и отрицание (соответствующее инвертирующему контакту). Наличие в системе команд ПЛК этих операций позволяет создавать программные эквиваленты любых релейно-контактных структур;

- входной язык программирования ПЛК основан на представлении реализуемых им команд в виде булевых операторов (операторов алгебры логики) либо в виде соответствующих им графических символов релейно-контактных схем. Фразы такого входного языка являются традиционными для проектировщиков принципиальных релейно-контактных схем автоматики;

- входными и выходными данными процесса вычислений являются не массивы алфавитно-цифровой информации, вводимой и редактируемой персоналом до начала либо по окончании процесса вычислительной обработки этих массивов и вне связи с объектом управления, а дискретные одноразрядные сигналы обмена данными с объектом управления, которые либо поступают в контроллер по мере их возникновения в объекте управления, либо генерируются самим контроллером в процессе вычислений.

Одной из главных особенностей любого ПЛК является присутствие в составе устройств ввода-вывода сигналов. Данные устройства на каналах связи с объектом должны иметь параметры, используемые в данном конкретном объекте управления, а на каналах связи с ПЛК — параметры, используемые в данном ПЛК.

Подобно релейно-контактным схемам, на выходы ПЛК сигналы также могут поступать от конечных выключателей. Их главная функция заключается в контроле положения подвижных рабочих органов или различных оперативных устройств, используемых персоналом; реле давления, контролирующего давление рабочей среды в соответствующих полостях гидро- и пневмосистем; блок-контактов пускателей, коммутирующих силовые цепи питания электродвигателей; внутренних запоминающих элементов и др. Все вышеперечисленные источники входных сигналов для ПЛК являются бесконтактными или контактными.

Выходные сигналы от ПЛК поступают на исполнительные элементы объекта управления такие, как усилители мощности, управляемые коммутирующие ключи, электромагнитные реле, контакторы и пускатели, электроуправляемые пневмо- и гидрозолотники, тормозные и зажимные механизмы, муфты, а также на различные устройства индикации и светосигнализации типа светодиодов, сигнальных лампочек, светофоров, транспарантов, табло и др.

Устройство занесения программы в ПЛК с целью управления каким-либо объектом не всегда является конструктивно неотъемлемой его частью. Существует возможность переноса такого устройства, оно также может подсоединяться к ПЛК, но только на то время, когда в него занесена программа управления.

Помимо этого, для индикации текущего хода процесса управления при использовании ПЛК может быть спроектировано специальное табло, соединяемое с этим ПЛК. В то же время можно использовать универсальный монитор, который входит в состав комплектующего ПЛК.

Чтобы заказать тот или иной ПЛК, нужно предварительно проанализировать объект управления и определить суммарное число входов и выходов. В зависимости от этого числа различают малые ПЛК, у которых это число лежит в пределах от 16 до 64, средние ПЛК — от 128 до 512 и большие ПЛК — от 1 024 до 2 048 и более.

Средний размер ПЛК является самым распространенным. Он используется на агрегатных станках и на автоматических линиях. ПЛК малых размеров, как правило, применяются для управления промышленными роботами, а также для работы в составе систем числового программного управления станками типа «обрабатывающий центр». Там они управляют циклами автоматического поиска и смены режущего инструмента. Большие ПЛК обычно лимитированы организацией производства.

Процедура «привязки» к конкретному объекту полученного в виде комплектующего изделия ПЛК сводится к следующему:

- по конструктивным соображениям производят распределение источников и адресатов по входным и выходным модулям ПЛК и им присваиваются внутрисистемные номера, под которыми они будут фигурировать в булевых или графических соотношениях, связывающих входы и выходы данного ПЛК;
- составляют написанные на входном языке данного ПЛК программы, определяющие требуемые причинно-следственные зависимости между выходами и входами данного ПЛК;
- производят установку ПЛК на объекте управления, включая трассирование его входных и выходных кабельных соединений;
- заносят в память ПЛК его рабочую программу;
- запускают занесенную в память ПЛК рабочую программу в стартстопном режиме, просматривая и проверяя реакцию ПЛК на совершение объектом управления тех или иных операций автоматического рабочего цикла;
- после редактирования и отладки рабочей программы ПЛК ее запускают в автоматическом цикле.

Аргументы булевых соотношений, соответствующие входам ПЛК, однозначно определяют сигналы, поступающие с объекта управления. Обозначим их X_k , где k — внутрисистемный номер данного аргумента.

Функции, получаемые в результате применения булевых соотношений к этим аргументам, соответствуют выходам ПЛК, т.е. сигналам, передающимся для исполнения на объект управления, и обозначаются Y_s , где s — внутрисистемный номер данного выходного сигнала.

Выходной сигнал не порождается самим ПЛК, он поступает от объекта. Этот сигнал существует, пока рабочей программой ПЛК не будет выработан другой сигнал, который вызовет его снятие. Поэтому все сигналы на выходе ПЛК следует считать потенциальными и не нужно оговаривать это специально, хотя сигналы на входах ПЛК могут быть как потенциальными, так и импульсными.

Стоит отметить, что в наши дни ПЛК выполняют не только минимально необходимые логические функции, но и позволяют осуществлять

арифметические операции и обработку текстов. Очень часто они снабжены устройствами внешней памяти, а также устройствами печати, которые позволяют производить документацию того, как идет производство.

Убедившись в том, что в настоящий момент самым эффективным и простым (а главное, что при таком пути инженеру необязательно вникать во все задачи программиста) способом исполнения системы управления являются программируемые логические контроллеры. Рассмотрим их типы:

Типы ПЛК:

Для классификации огромного разнообразия существующих в настоящее время контроллеров рассмотрим их существенные различия.

Основным показателем ПЛК является количество каналов ввода-вывода. По этому признаку ПЛК делятся на следующие группы:

- нано-ПЛК (менее 16 каналов);
- микро-ПЛК (более 16, до 100 каналов);
- средние (более 100, до 500 каналов);
- большие (более 500 каналов).

По расположению модулей ввода-вывода ПЛК бывают:

- моноблочными - в которых устройство ввода-вывода не может быть удалено из контроллера или заменено на другое. Конструктивно контроллер представляет собой единое целое с устройствами ввода-вывода (например, одноплатный контроллер). Моноблочный контроллер может иметь, например, 16 каналов дискретного ввода и 8 каналов релейного вывода;

- модульные - состоящие из общей корзины (шасси), в которой располагаются модуль центрального процессора и сменные модули ввода-вывода. Состав модулей выбирается пользователем в зависимости от решаемой задачи. Типовое количество слотов для сменных модулей - от 8 до 32;



Рисунок 1.3 – Модульный ПЛК

- распределенные (с удаленными модулями ввода-вывода) - в которых модули ввода-вывода выполнены в отдельных корпусах, соединяются с модулем контроллера по сети (обычно на основе интерфейса RS-485) и могут быть расположены на расстоянии до 1,2 км от процессорного модуля.



Рисунок 1.4 – Распределенный ПЛК

Часто перечисленные конструктивные типы контроллеров комбинируются, например, моноблочный контроллер может иметь несколько съемных плат; моноблочный и модульный контроллеры могут быть дополнены удаленными модулями ввода-вывода, чтобы увеличить общее количество каналов.

Многие контроллеры имеют набор сменных процессорных плат разной производительности. Это позволяет расширить круг потенциальных пользователей системы без изменения ее конструктива.

По конструктивному исполнению и способу крепления контроллеры делятся на:

- панельные (для монтажа на панель или дверцу шкафа);
- для монтажа на DIN-рейку внутри шкафа;

для крепления на стене;

- стоечные - для монтажа в стойке;
- бескорпусные (обычно одноплатные) для применения в специализированных конструктивах производителей оборудования (ОЕМ - "Original Equipment Manufacturer").

По области применения контроллеры делятся на следующие типы:

- универсальные общепромышленные;
- для управления роботами;
- для управления позиционированием и перемещением;
- коммуникационные;
- ПИД-контроллеры;
- специализированные.

По способу программирования контроллеры бывают:

- программируемые с лицевой панели контроллера;
- программируемые переносным программатором;
- программируемые с помощью дисплея, мыши и клавиатуры;
- программируемые с помощью персонального компьютера.

Контроллеры могут программироваться на следующих языках:

- на классических алгоритмических языках (C, C#, Visual Basic);
- на языках МЭК 61131-3.

Контроллеры могут содержать в своем составе модули ввода-вывода или не содержать их. Примерами контроллеров без модулей ввода-вывода являются коммуникационные контроллеры, которые выполняют функцию межсетевого шлюза, или контроллеры, получающие данные от контроллеров нижнего уровня иерархии АСУ ТП.

2 Обзор существующих систем управления

Существуют различные критерии для классификации СУ технологическими процессами, объектами и производствами:

- по уровню автоматизации выполняемых функций;
- по методу управления;
- по иерархическому принципу;
- по функциональному признаку;
- по информационным признакам.

По уровню автоматизации

Одной из основных задач, решаемых при проектировании СУ, является задача оптимального распределения функций между человеком и техникой. Системы, в которых управление объектом или ходом технологического процесса осуществляются без участия человека, называются автоматическими. Однако когда не известны точные законы управления, человек вынужден брать управление (определение управляющих сигналов) на себя. Такие системы называются автоматизированными. Т.е. часть функций по управлению выполняет человек, а часть — соответствующие механизмы и устройства. Если управление полностью выполняется человеком, такое управление называется ручным.

По уровню автоматизации СУ подразделяются на следующие виды:

а) Системы неавтоматического (ручного) управления — такие СУ, в которых все функции контроля и управления выполняют люди (без ЭВМ и средств диспетчеризации). В процессе подготовки к управлению технологическим оборудованием технолог разрабатывает последовательность выполнения операций, определяет их параметры и характеристики, продолжительность операций и записывает в технологической карте. По существу технология является алгоритмом управления. Оператор вручную управляет технологическим оборудованием в соответствии с разработанной технологией. Т.е. он посредством сигналов образует цепь управления технологическим оборудованием. Фактическое выполнение команд управления фиксирует оператор, образуя тем самым цепь обратной связи.

На рис 2.1. представлена схема неавтоматического управления объектом (технологическим оборудованием), осуществляемого оператором.



Рисунок 2.1. Неавтоматическое (ручное) управление

При ручном управлении для выполнения каждой вновь возникающей операции требуется привлекать новых рабочих, затрачивать значительное время на освоение новой продукции.

б) Автоматические системы управления — СУ, в которых применяются средства автоматизации и вычислительной техники (ВТ), подготавливающие поступившую информацию к виду, удобному для принятия оператором необходимого решения. В системах с автоматическим управлением оператор не участвует в технологическом процессе. Состояние технологического оборудования характеризуется рядом выходных величин. Под влиянием управляющей программы и внешних возмущающих воздействий изменяется состояние объекта управления, возникает рассогласование. Для ликвидации рассогласования вырабатывается управляющее воздействие, поступающее от системы управления.

Системы автоматического управления могут быть построены как по разомкнутому, так и по замкнутому контурам. В первом случае управляющее устройство связано с технологическим оборудованием одним каналом связи. Команды управляющей программы через устройство ввода (УВ) поступают в блок управления приводом (БУП), который воздействует на технологическое оборудование. При этом поток информации движется только в одном направлении. Примером могут служить системы управления технологическим оборудованием с шаговым приводом подач.

Наибольшее распространение получили системы автоматического управления, построенные по замкнутому контуру, т.е. имеющие канал передачи сигналов управления и канал обратной связи (рис. 2.2).

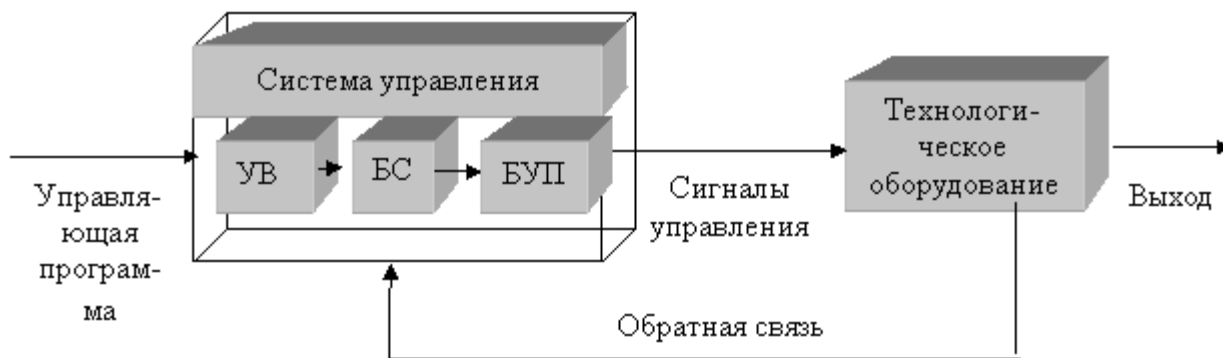


Рисунок 2.2. Автоматическое управление

Канал обратной связи несет информацию о состоянии контролируемой величины в данный момент времени в блок сравнения (БС). В том случае, если состояние контролируемой величины не соответствует требуемому значению (возникает рассогласование), формируется управляющее воздействие в блок управления приводом. Производится необходимая корректировка. Объектом контроля может быть состояние технологического оборудования, положения режущего инструмента, размеры обрабатываемой детали и т.п.

По методу управления

По методу управления СУ подразделяются на два больших класса:

а) Обыкновенные (несамонастраивающиеся) СУ. Эти системы относятся к разряду простых, не изменяющих свою структуру в процессе управления. Они наиболее разработаны и широко применяются в литейных и термических цехах. Обыкновенные СУ подразделяются на три подкласса: разомкнутые, замкнутые и комбинированные системы управления.

б) Самонастраивающиеся (адаптивные) СУ. В этих системах при изменении внешних условий или характеристик объекта регулирования происходит автоматическое (заранее не заданное) изменение параметров управляющего устройства за счет изменения структуры СУ или даже введения новых элементов.

В самонастраивающихся системах, при изменении внешних условий или характеристик объекта управления, происходит автоматическое (по заранее не заданной программе) изменение параметров управляющего устройства или структуры ее элементов. Таким образом, обеспечиваются устойчивая работа системы и поддержание регулируемой величины на заданном оптимальном уровне.

Адаптивные системы должны не только приспосабливаться ко всем изменениям внешних условий и характеристик объекта, но и функционировать нормально даже при наличии неполадок или отказов отдельных элементов, создавая новые цепи взамен нарушенных. Системы с самонастройкой структуры можно заставить самосовершенствоваться, «приобретать опыт» путем быстрого опробования нескольких вариантов, отбора и «запоминания» лучшего из них.

По иерархическому принципу

В зависимости от числа иерархических уровней и разделения функций управления по этим уровням, СУ принято подразделять на одноуровневые и многоуровневые.

Системы управления, имеющие только один уровень управления, получили название *одноуровневых*. Примером таких систем может служить копировальная система управления. Профиль копира определяет движение исполнительного органа.

Многоуровневые системы имеют несколько уровней управления, каждый из которых выполняет конкретные функции.

По функциональному признаку все системы управления подразделяются на четыре класса:

- а) системы для координации работы механизмов;
- б) системы регулирования параметров технологических процессов;
- в) системы автоматического контроля;
- г) системы автоматической защиты и блокировки.

Системы, предназначенные для координации отдельных механизмов и узлов оборудования или оборудования в целом, являются системами автоматического управления (САУ). САУ обеспечивают автоматическое управление объектом (группой объектов).

Замкнутые САУ, работающие по принципу отклонения, называются системами автоматического регулирования (САР). Их отличительной чертой является наличие замкнутого контура прохождения

сигналов, т.е. наличие канала обратной связи, по которому передается информация о состоянии регулируемой величины на вход элемента сравнения.

Системы автоматического регулирования (САР) технологических процессов обеспечивают поддержание регулируемой величины (подачи, частоты вращения шпинделя, шероховатости обрабатываемой поверхности и т.п.) на заданном уровне или изменение ее по заданной программе.

САР предназначены для решения следующих задач:

- стабилизации регулируемой величины (стабилизирующая САР);
- изменения регулируемой величины по известной программе (программная САР);
- изменения регулируемой величины по неизвестной программе (следающая САР).

Системы автоматического контроля (САК) содержат методы и средства для получения информации о текущих значениях параметров технологических процессов (температуре в зоне резания, значениях крутящих моментов, уровне вибрации технологической системы и т.п.) без непосредственного участия человека.

Системы автоматической защиты (САЗ) и блокировки (САБ) предотвращают возникновение аварийных ситуаций в работе оборудования при установившемся режиме. Кроме того, применение этих систем позволяет исключить возможность непреднамеренного (или намеренного) изменения параметров технологического процесса.

По информационным признакам

Удобнее всего классифицировать СУ по информационным признакам, включающим источники и носители информации, вид и методы переработки ее.

Количество информации, их структура в определенной степени определяют качество работы СУ. Чем больше используется каналов информации, тем качество работы СУ выше, шире ее функциональные возможности.

В зависимости от количества каналов информации системы управления подразделяются на следующие виды.

а) Разомкнутые СУ, в которых используется только один канал информации, несущий в себе задающую (исходную) информацию. В таких системах управления отсутствуют контроль о выполнении заданной программы и обратная связь. Чаще всего по разомкнутому циклу работают СУ с нерегулируемыми приводами, (исключение составляют шаговые СУ). В разомкнутой системе используется один поток информации. Задающая информация перерабатывается в удобную форму для управления приводом, выполняющим тот или иной элементарный цикл технологического процесса. На технологический процесс действуют также возмущения, информация о которых не используется в разомкнутой системе управления. Такую структуру имеют СУ с шаговыми исполнительными механизмами и СУ, работающие от кулачков и упоров. Использование только одного канала информации значительно упрощает конструкции СУ. Однако нормальное функционирование такой СУ требует высокого качества изготовления отдельных ее элементов.

На рис. 2.3 представлена блок-схема разомкнутой СУ – для таких систем характерно отсутствие контроля о ходе технологического процесса, а, следовательно, возможности влиять на качество выходных параметров. Такие системы управления получили название – жесткие (непереналаживаемые).

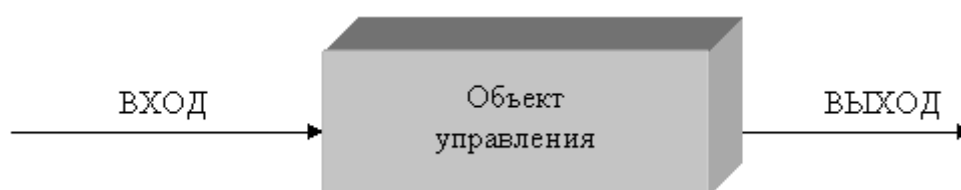


Рисунок 2.3. Блок-схема разомкнутой системы управления

б) Обширный класс составляют замкнутые СУ, в которых для снижения технологических требований к отдельным элементам и повышения качества работы СУ применяют обратную связь. В этом случае используется не один канал, а два: канал задающей информации и канал обратной связи. Для контроля правильности исполнения команд, задаваемых задающим устройством, применяются специальные датчики (датчики обратной связи). Информация обратной связи может содержать сведения о фактической скорости перемещения рабочего органа, его положении, об окончании цикла

или отдельных его элементов и другие сведения о протекании технологического процесса. Системы управления, работающие на основе совместного использования задающей информации и информации обратной связи, называются замкнутыми СУ. Сопоставление задающей информации с информацией обратной связи осуществляется в сравнивающем устройстве, на выходе которого вырабатывается команда, необходимая для управления приводом. Качество работы замкнутой СУ, в частности точность обработки заданной программы, выше, чем в разомкнутой при некотором усложнении ее конструкции. В замкнутых СУ обычно используются управляемые приводы. Структуру с замкнутой схемой управления имеют большинство систем программного управления и копировальные СУ.

На рис. 2.4 представлена блок-схема СУ, имеющей замкнутый контур.

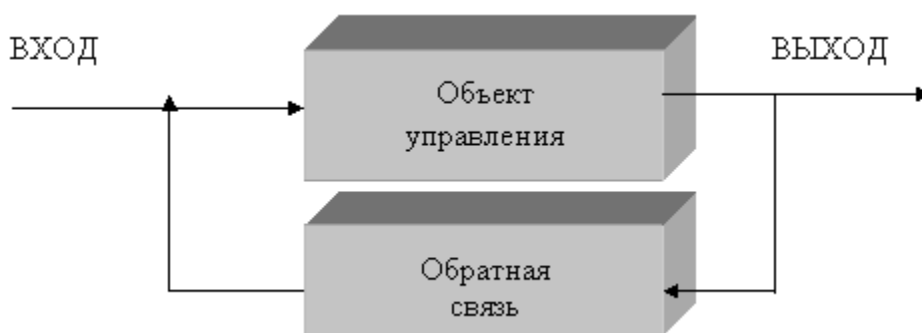


Рисунок 2.4. Блок-схема замкнутой системы управления

Для таких систем характерен контроль за ходом технологического процесса, состоянием объекта управления, всех его блоков и узлов. В том случае, если значение действительного параметра отклоняется от его заданного значения, происходит поднастройка системы.

Чем больше каналов информации используется в системе управления, тем выше качество ее работы, тем эффективнее процесс управления. Для получения оптимального управления течением технологического процесса необходимо использовать два и более каналов дополнительной информации. Дополнительной информацией может быть информация о величине силы резания, об изменении припуска, о твердости материала заготовки, об износе инструмента и др. Системы управления, использующие два и более каналов дополнительной информации и имеющие устройство для коррекции

управляющего сигнала, можно отнести к классу приспособляющихся СУ — самонастраивающиеся, самоорганизующиеся и самообучающиеся системы.

Самонастраивающиеся системы имеют постоянную структуру, а в процессе работы изменяются лишь управляющие воздействия или параметры (коэффициенты передаточных функций).

В самоорганизующихся системах во время работы изменяются не только управляющие воздействия и параметры, но и структура СУ.

Самообучающиеся системы характеризуются изменением в процессе работы алгоритма, по которому они построены.

Приспосабливающиеся СУ еще не реализованы для управления технологическим оборудованием (за небольшим исключением самонастраивающихся СУ), применяемым в системах с программным управлением, поэтому они рассматриваться не будут. Вся информация, как задающая, так и от обратной связи, может быть выражена либо в виде аналога (уровня напряжения, величины силы тока и др.), либо последовательностью импульсов. В зависимости от вида информации, которая используется системами, последние делят на непрерывные, импульсные и смешанные СУ.

В непрерывных СУ информация представлена в виде непрерывной величины. Так, регулируемая величина (например, скорость перемещения или величина перемещения рабочего органа) выражается амплитудой или сдвигом фазы напряжения. Всякое изменение регулируемой величины в замкнутой схеме вызывает также непрерывное изменение других, связанных с ней параметров.

В импульсных СУ информация выражена последовательностью импульсов. Различают три вида импульсной информации с модулированием: *по амплитуде* (амплитудно-импульсная модуляция АИМ), *по длительности* (ширине) импульсов (широотно-импульсная модуляция ШИМ) и *по частоте* (частотно-импульсная модуляция ЧИМ).

3 Анализ конкурентных технических решений и выбор программного комплекса

В процессе работы возникает проблема выбора программного комплекса для поставленной в дипломной работе конкретной задачи. В среде программ для ПЛК существует несколько самых распространенных вариантов программ:

- CoDeSys;
- ISaGRAF;
- Частное программное обеспечение фирм типа Siemens, Mitsubishi.

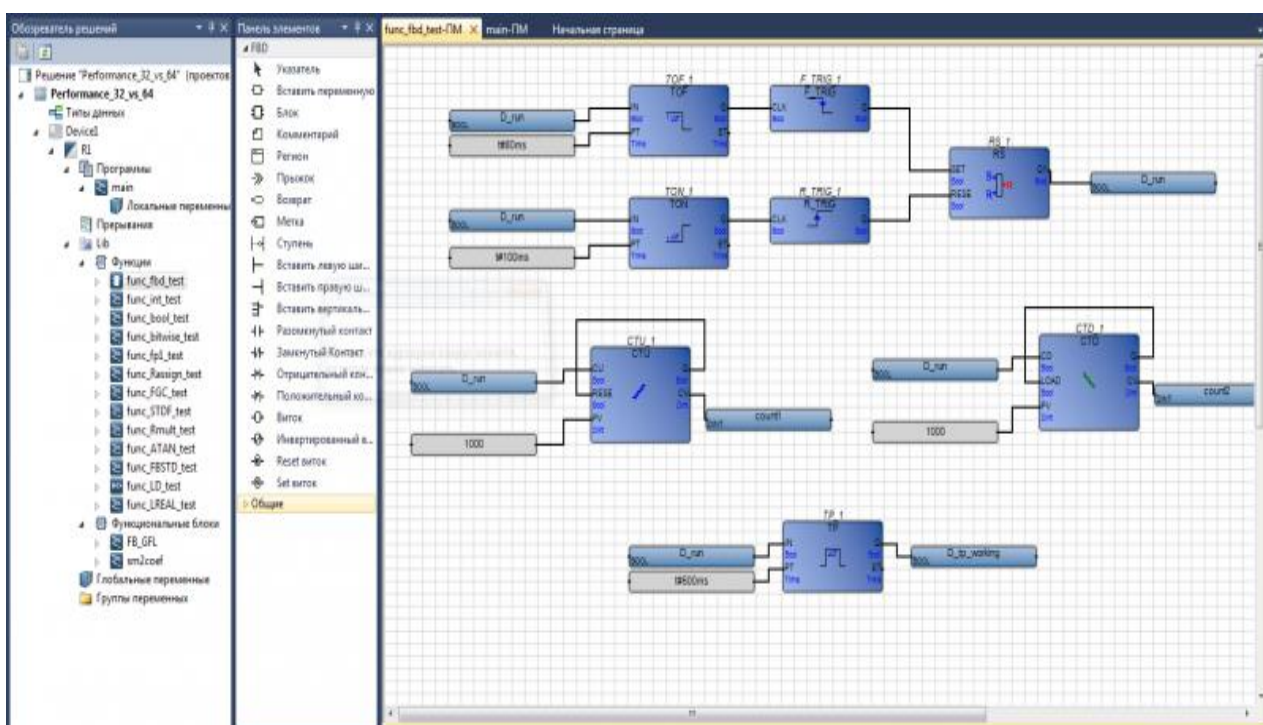


Рисунок 3.1 – Интерфейс программного обеспечения ISaGRAF

По совету научного руководителя было выбрано программное обеспечение CoDeSys версии 2.3 (непосредственно для написания блоков и соединения их в рабочие цепи) и CoDeSys версии 3.5 (для визуализации). Ниже описаны причины, по которым был выбран именно CoDeSys:

- 1) Большой выбор языков программирования (6 штук), а именно:
5 языков стандарта IEC 61131-3 (раздел международного стандарта IEC 61131 для описания языков программирования для программируемых логических контроллеров):

- **Instruction List (IL)** — язык программирования, который предназначен для программирования промышленных контроллеров. По синтаксису крайне схож с ассемблером. Аппаратно – независимый низкоуровневый язык;

- **Structured Text (ST)** — язык программирования, который предназначен для программирования промышленных контроллеров и операторских станций. Широко используется в SCADA/HMI/SoftLogic пакетах. По своей структуре и синтаксису находится ближе всего к популярному языку программирования Паскаль. Удобно использовать для написания больших программ, а также для работы с аналоговыми сигналами и числами с плавающей точкой.

- **Ladder Diagram (LD)** — язык релейной (лестничной) логики.

Предназначен для программирования промышленных логических контроллеров (ПЛК). Синтаксис языка подходит для замены логических схем, которые были изначально выполнены на релейной технике. В основном используется инженерами по автоматизации, которые работают на промышленных предприятиях. Обеспечивает наглядный интерфейс логики работы ПЛК. Это облегчает не только задачи программирования и ввода в эксплуатацию, но и быстрый поиск неполадок в подключаемом к контроллеру оборудовании.

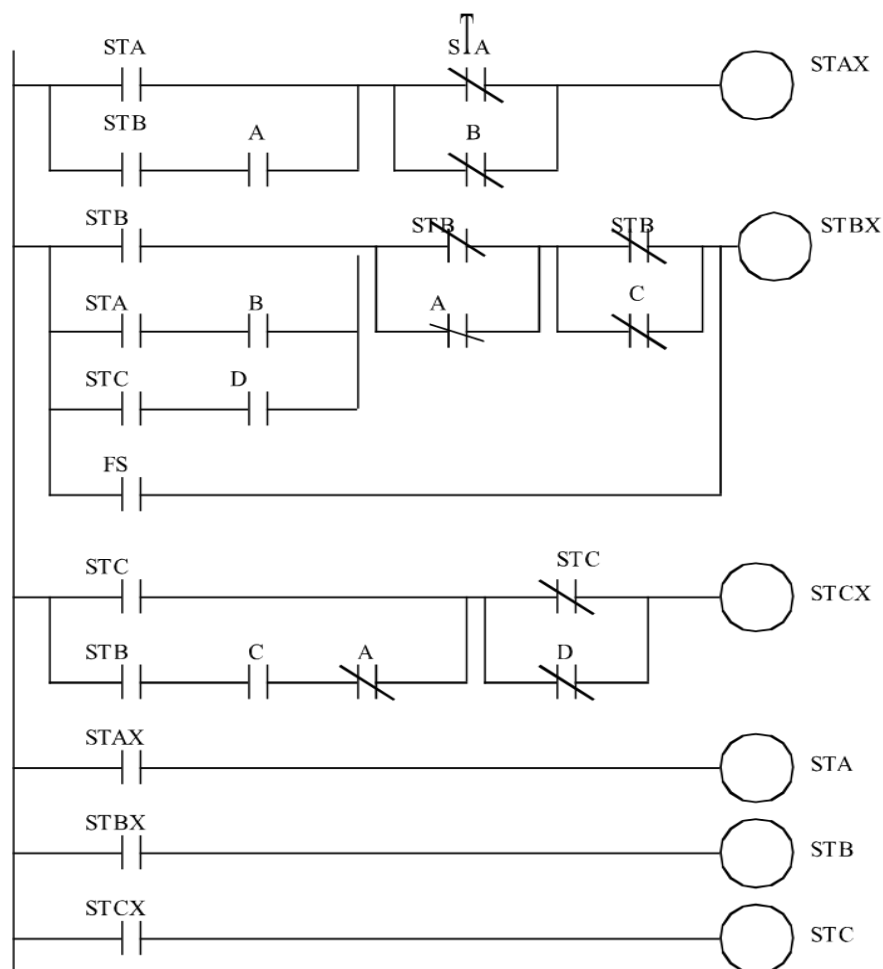


Рисунок 3.2 – Пример логического выражения на языке LD

- Function Block Diagram (FBD) — графический язык программирования, относится к стандарту МЭК 61131-3. Его основное предназначение заключается в программировании ПЛК. Система программы состоит из списка цепей, которые выполняются последовательно сверху вниз. Эти цепи могут иметь метки, позволяющие менять порядок выполнения цепей.
- Sequential Function Chart (SFC) — графический язык программирования, который предназначен для программирования промышленных контроллеров. Также широко задействуется в SCADA/HMI пакетах. Он предназначен для написания программ, которые последовательно управляют технологическим процессом. В каждом состоянии система выполняет определенные подпрограммы, каждая из которых имеет свой модификатор. Например, модификатор N — исполнять, пока состояние активно.

Примером использования данного языка может являться задача поддержания уровня жидкости в сосуде с непрерывно вытекающей жидкостью.

- Также к дополнению к языку FBD (Function Block Diagram) в программе имеется язык программирования CFC (Continuous Function Chart):

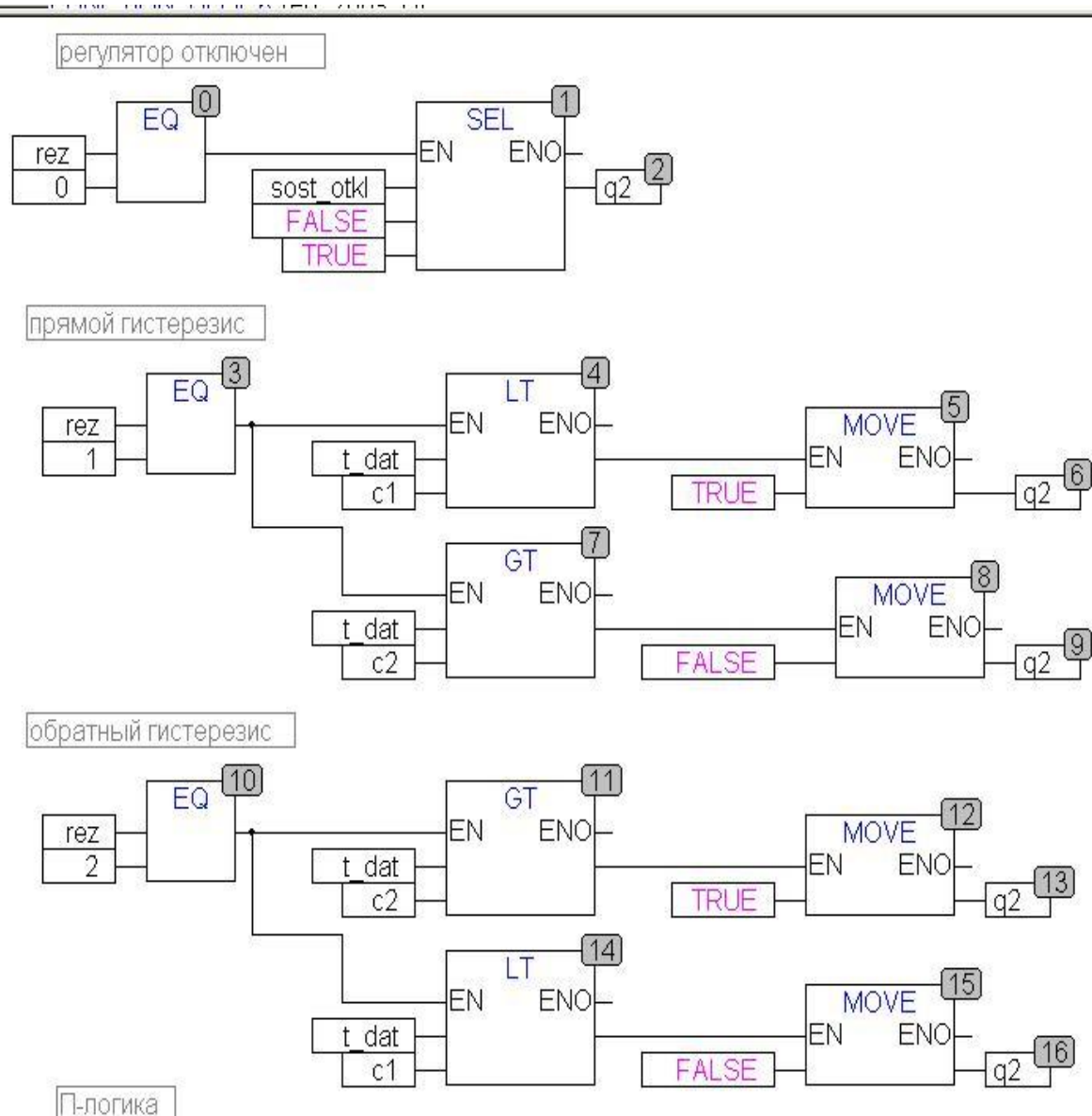


Рисунок 3.3 – Пример использования CFC в CoDeSys

2) Программа CoDeSys имеет поддержку более чем 500 типов контроллеров, которая обеспечивает максимально широкое распространение данного проекта. Остальные программы используют только самые популярные контроллеры, типа ОВЕН ПЛК;

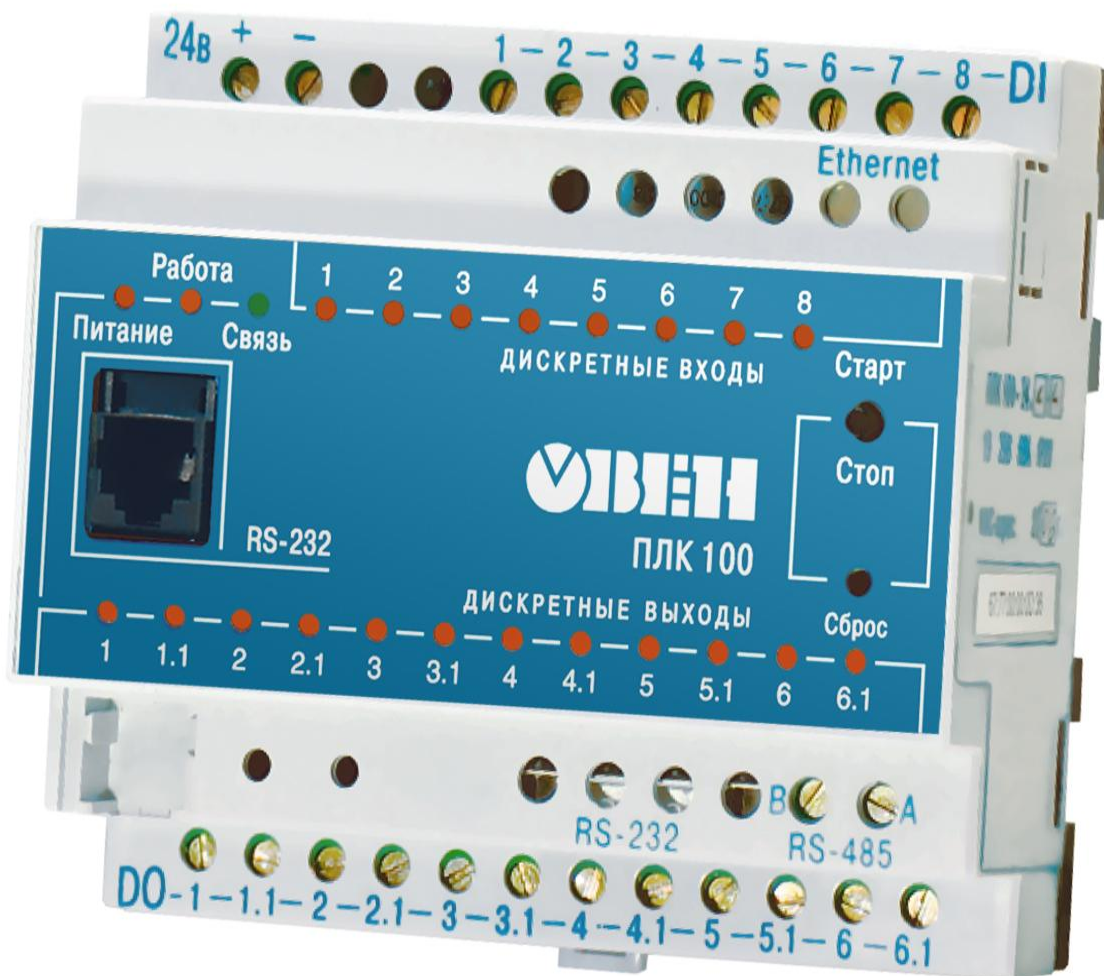


Рисунок 3.4 – ОВЕН ПЛК 100

- 3) Возможность использования внешних библиотек;
- 4) Это самая известная и доступная бесплатно программа в сфере автоматизации;

4 Выбранная техническая реализация

Имеется прототип системы управления вентиляции на программируемом логическом контроллере фирмы «West». Данный прототип себя зарекомендовал и используется более чем на 20 объектах. Он отражен ниже на рис. 4.1. Данный прототип и был взят за основу данного дипломного проекта. Логика данного прототипа нестандартна (отличается от стандарта МЭК 61131-3). В связи с этим, основной задачей этой работы будет являться реализация этого прототипа в среде программирования CoDeSys.

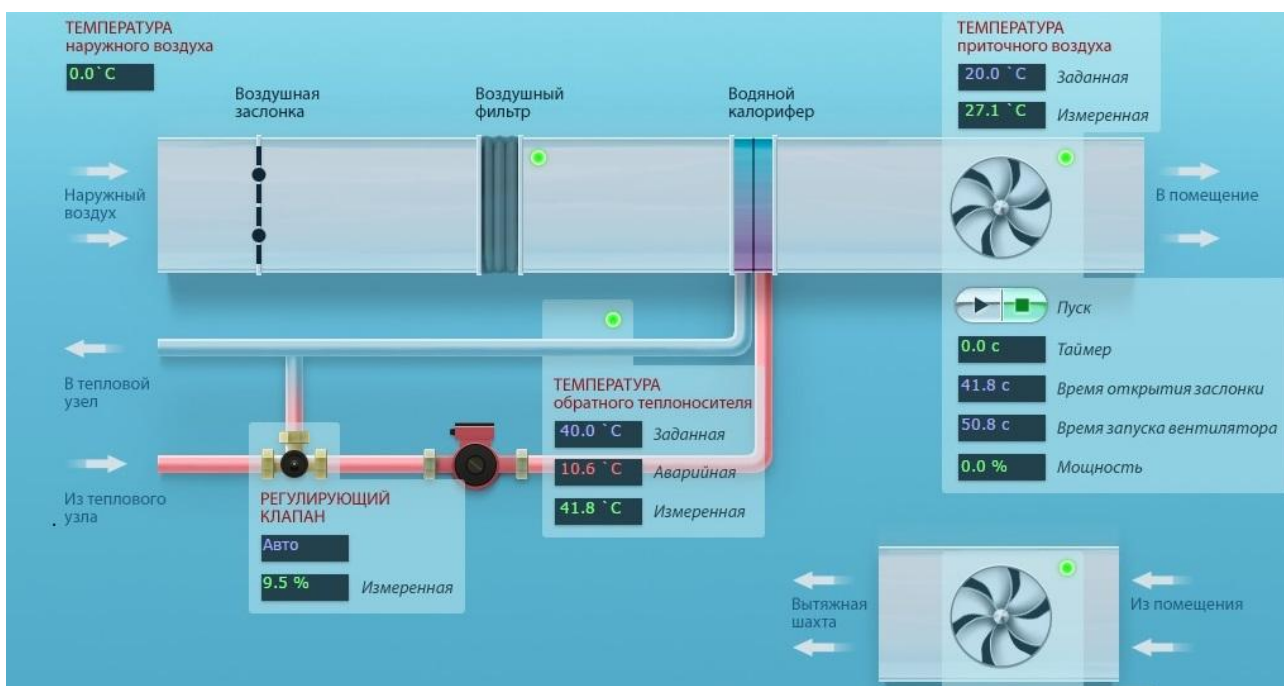


Рисунок 4.1 - Мнемосхема проекта

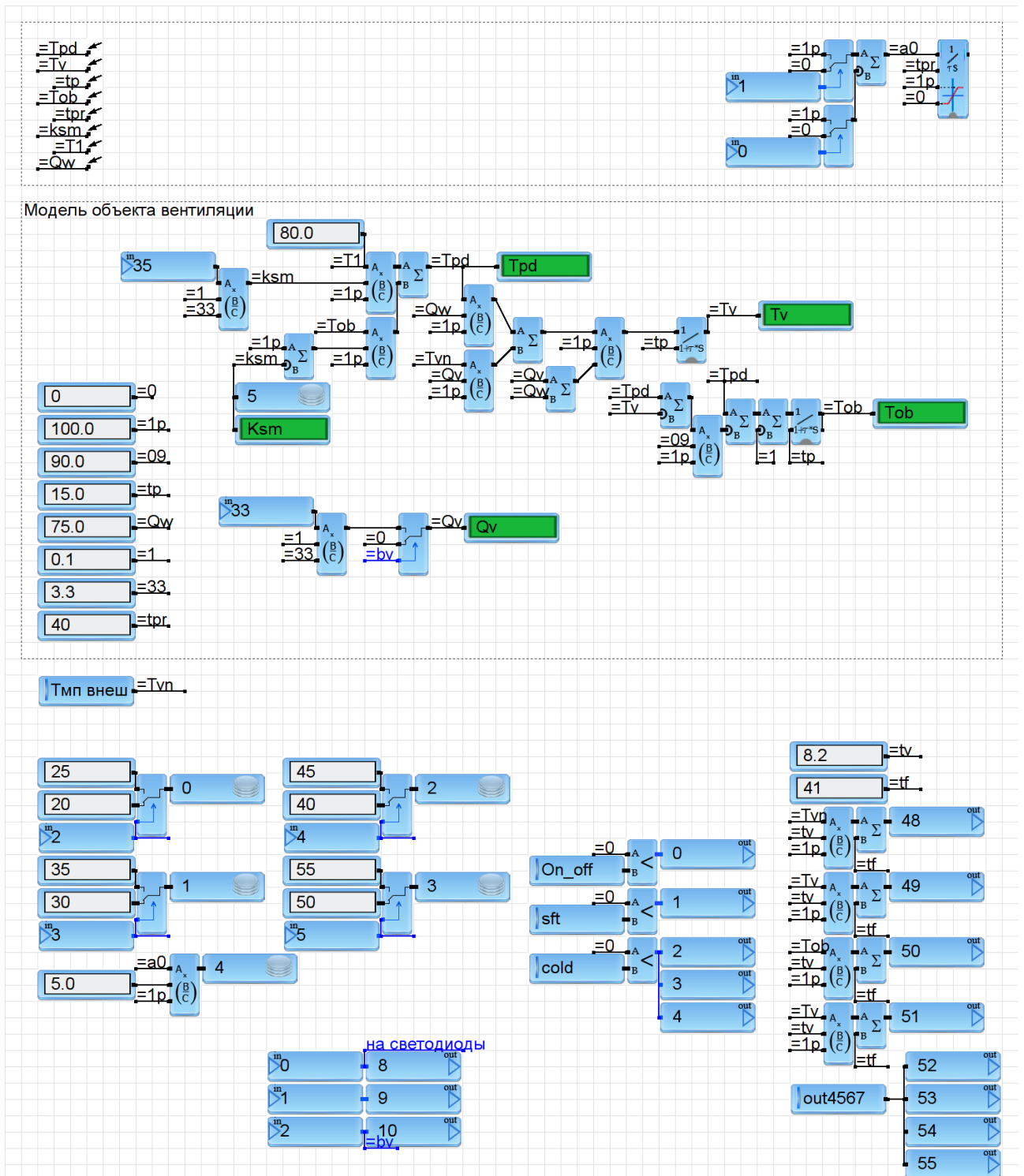


Рисунок 4.2 – Математическая модель динамики объекта

Для того, чтобы произвести отладку системы собирается объект вентиляции. На регуляторе вырабатывается положение клапана (0.1 В), поступает Ksm (коэффициент смешения) и нормируется к 100% (либо к 1). Коэффициент смешения вычисляется в зависимости от того, какие параметры смешиваются друг с другом. В данном случае такими параметрами являются T1

(значение температуры, поступающей с теплосети) и $T_{обр}$ (значение температуры, которое возвращается обратно в сеть). При минимальном K_{sm} на теплообменник идет 100% значение $T_{обр}$, при максимальном – T_1 . Наша задача – подобрать коэффициент смешения так, чтобы с теплообменника выходил воздух, температура которого была равна заданному нами значению.

После этого формируется T_{pd} (Температура подачи - значение температуры, поданной на калорифер). Далее эта вода остывает и степень этого процесса зависит от потока. Здесь важны два значения потока: Q_w и Q_v (поток воды и поток воздуха, соответственно). Под этими значениями понимается теплоемкость воды/воздуха, помноженных на объем. Другой параметр T_{vp} (температура внешняя) перемножается на значение потока воды Q_v и, получившееся значение складывается со значением T_{pd} (температура подачи), перемноженного на Q_w (поток воды). В результате этого, получаем смешанное значение температуры после теплообмена воды и воздуха.

Помимо этого, стоит отметить, что, чем выше Q_v , тем ближе его значение будет к значению T_{vp} , а чем его значение меньше, тем значение будет ближе к T_{pd} . Однако воздух не приходит мгновенно, вместе с этим происходят динамические процессы, поэтому в данную схему включается инерционная цепь. В ней важным параметром является значение t_p – постоянное время перехода, через которое происходит смена режима, выставляемая по значению коэффициента смешения.

Далее рассмотрим схему регулятора, изображенную на рис.4.3:

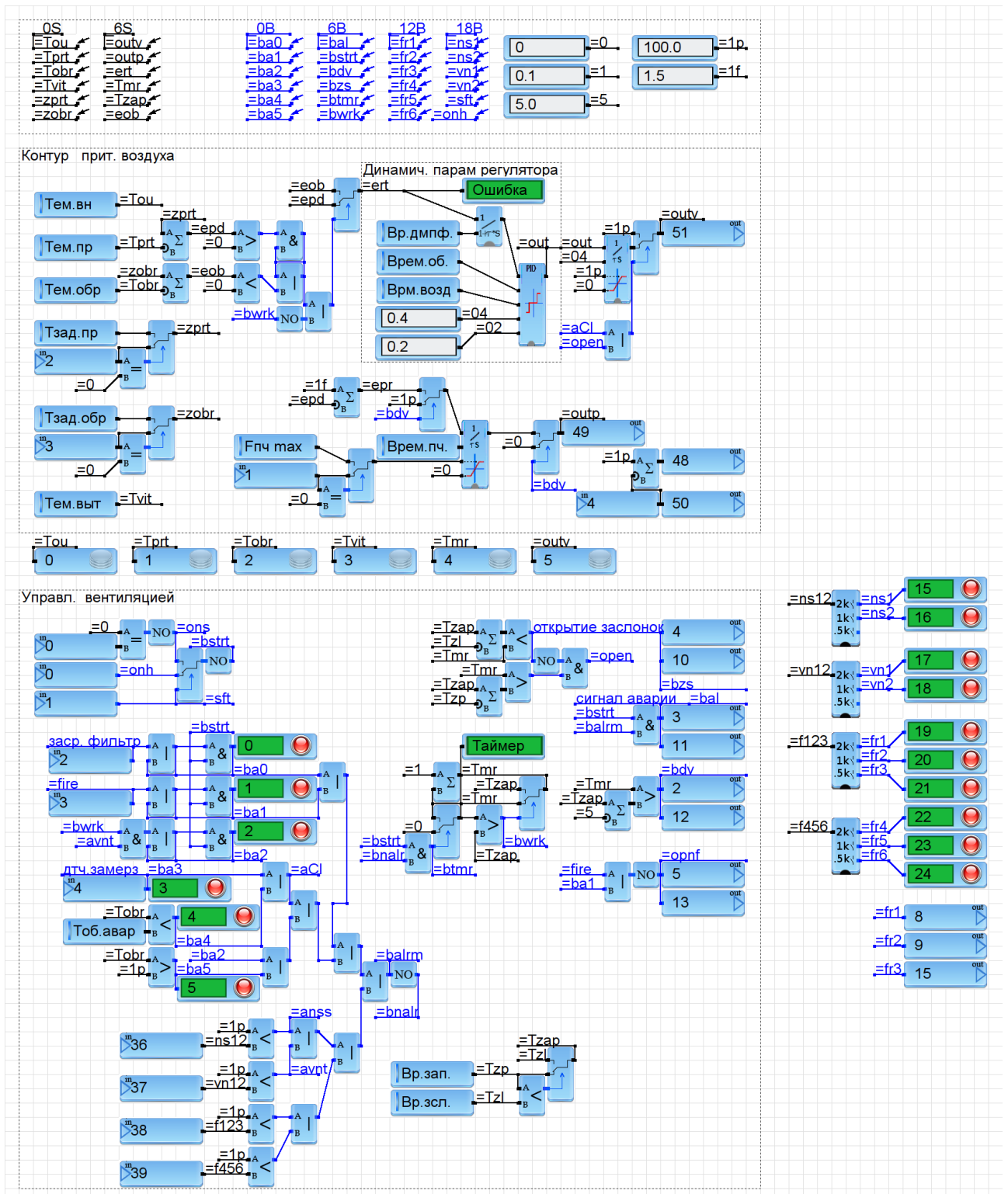


Рисунок 4.3 - Схема регулятора

Регулятор состоит из двух систем. Первая система обеспечивает динамическое поддержание температуры воздуха (обозначена как «Контур притока воздуха» на рис.2), а вторая обеспечивает своевременное включение

трех триггерных флагов: `bwrk`, `open` и флаг двигателя (обозначена как «Управление вентиляцией» на рис.2).

Для начала рассмотрим верхнюю схему. Основная ее задача заключается в том, чтобы поддерживать температуру приточного воздуха при условии, что температура теплоносителя не превышает заданный порог и схема действует в рабочем режиме (флаг `bwrk` в значении истины). Если температура теплоносителя превышает заданный порог, то система будет выполнять поддержку обратной температуры. Причиной этого может быть, например, засорение калорифера. Когда режим не рабочий, то система также работает по температуре теплоносителя с целью сохранения тепла в калорифере.

Система открывается полностью при двух условиях: когда сработал входной канал замерзания, либо в процессе прогрева перед пуском (условия при пуске могут быть некомфортны, например, внешняя температура -40 градусов).

Помимо этого, в схеме присутствует плашка «Ошибка», идущая на разработанный ПИД – регулятор, который в аналоговом формате формирует коэффициент смещения.

Обзор нижней схемы следует начать с части, созданной для регуляции аварийных режимов. В первую очередь стоит отметить, что все аварии делятся на: фиксируемые и нефиксируемые. Нефиксируемые аварии способны вернуть систему в рабочее состояние после устранения аварии, фиксируемые – только после полного выключения системы. При положительном сигнале на элементе `po (balrm)` разрешается работа таймера, то есть аварий в системе нет. Если же это значение отрицательное, то таймер обнуляется и система не запускается. Если авария не связана с холодом, то также закрываются заслонки и калорифер.

Таймер включает в себя время открытия заслонки и время запуска. Заслонки открывают шлюз для потока воздуха. Если установить это время слишком маленьким значением, то двигатель может включиться раньше открытия заслонок. В результате этого может образоваться вакуум. В этом случае возможны сильные гидравлические удары, а это недопустимо для системы. Время запуска – это время поворота клапана, который управляет

смещением. При старте этот клапан должен быть открыт полностью. Об этом, как раз, и сигнализирует флаг open. Оба эти значения времени являются постоянными и устанавливаются вручную.

5 Реализация системы (программа на ПЛК)

5.1 Описание используемых блоков

В первую очередь затронем те блоки, которые будут использоваться непосредственно в схемах CoDeSys 2.3 в данной работе:

1) Блок ADD:

ADD

Сложение переменных типов: BYTE, WORD, DWORD, SINT, USINT, INT, UINT, DINT, UDINT, REAL и LREAL.

Две переменных типа TIME можно складывать (напр. t#45s + t#50s = t#1m35s).
Результат имеет тип TIME.

Пример IL:
LD 7
ADD 2, 4, 7
ST Var1

Пример ST:
var1 := 7+2+4+7;

Пример FBD:

The FBD diagram shows three 'ADD' blocks connected in series. The first block has two inputs: 7 and 2. Its output is 4. This output is connected to the first input of the second block, which also has a second input of 4. Its output is 7. This output is connected to the first input of the third block, which also has a second input of 7. Its final output is connected to a variable named 'Var1'.

Рисунок 5.1 – Описание блока ADD в справке CoDeSys

Блок ADD (от англ. «addition») является арифметическим оператором функции МЭК и выполняет функцию сложения двух и более переменных между собой. Он может замыкать один из входов на свой же выход. Так же можно на вход блока подавать значения других блоков и переменных.

На рис. 5.2 можно увидеть работу блока в CoDeSys.



Рисунок 5.2 – Работа блока ADD в CoDeSys

2) Блок MUL:

MUL

Перемножение значений переменных типов: BYTE, WORD, DWORD, SINT, USINT, INT, UINT, DINT, UDINT, REAL и LREAL.

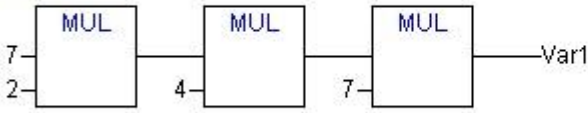
Пример IL:

```
LD 7
MUL 2, 4, 7
ST Var1
```

Пример ST:

```
var1 := 7*2*4*7;
```

Пример FBD:



The FBD diagram illustrates the sequential multiplication of three numbers. The first block takes inputs 7 and 2 and outputs 4. The second block takes the output 4 and another input 4, outputting 7. The third block takes the output 7 and another input 7, outputting the final result Var1.

Рисунок 5.3 - Описание блока MUL в справке CoDeSys

Блок MUL (от англ. «multiplication») является арифметическим оператором функции МЭК и выполняет функцию умножения двух и более переменных между собой. Он может замыкать один из входов на свой же выход. Так же можно на вход блока подавать значения других блоков и переменных.

На рис. 5.4 можно увидеть работу блока в CoDeSys.

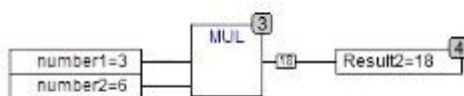


Рисунок 5.4 – Работа блока MUL в CoDeSys

3) Блок SUB:

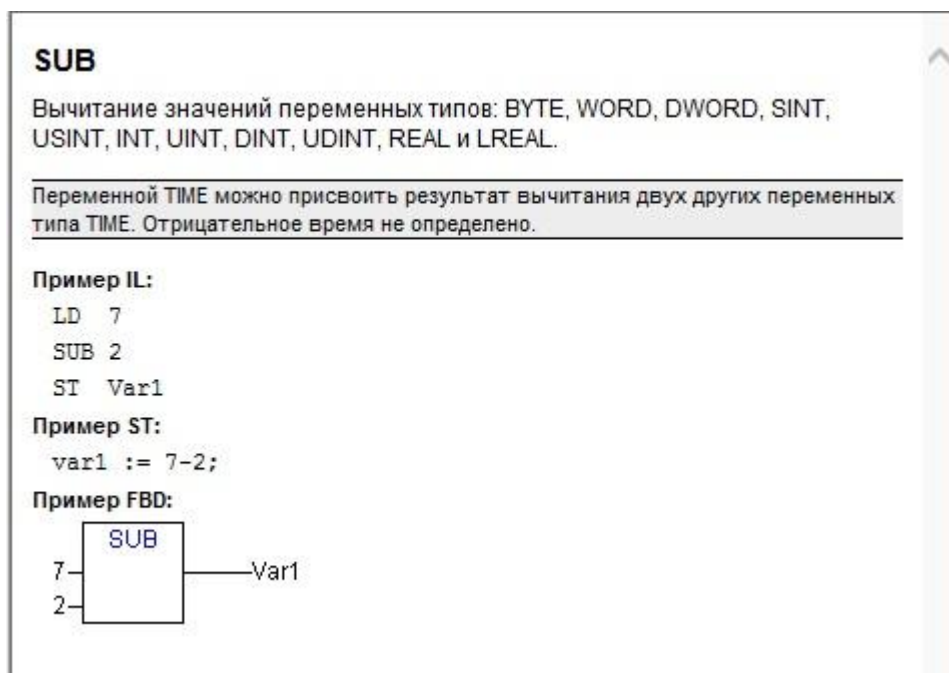


Рисунок 5.5 - Описание блока SUB в справке CoDeSys

Блок SUB (от англ. «subtraction») является арифметическим оператором функции МЭК и выполняет функцию вычитания двух и только двух переменных между собой. Он может замыкать один из входов на свой же выход. Так же можно на вход блока подавать значения других блоков и переменных.

На рис. 5.6 можно увидеть работу блока в CoDeSys.

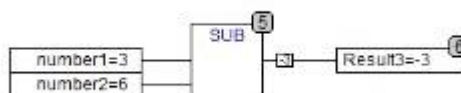


Рисунок 5.6 – Работа блока SUB в CoDeSys

4) Блок DIV:

DIV

Деление значений переменных типов: BYTE, WORD, DWORD, SINT, USINT, INT, UINT, DINT, UDINT, REAL и LREAL.


Пример IL:

```
LD 8
DIV 2
ST Var1 (* Result is 4 *)
```

Пример ST:

```
var1 := 8/2;
```

Пример FBD:



Примечание: Определив в своем проекте функции с именами **CheckDivByte**, **CheckDivWord**, **CheckDivDWord** и **CheckDivReal** вы сможете контролировать делитель и обрабатывать, например, деление на 0.

Внимание: Результат деления на 0 может отличаться на разных целевых платформах

Рисунок 5.7 - Описание блока DIV в справке CoDeSys

Блок DIV (от англ. «division») является арифметическим оператором функции МЭК и выполняет функцию деления двух и только двух переменных между собой. Он может замыкать один из входов на свой же выход. Так же можно на вход блока подавать значения других блоков и переменных.

Важно отметить, что блок DIV выполняет только целочисленное деление, т.е. как видно по примеру на рис 5.8 при делении 9 на 6 в результате показывается только 1 без остатка.

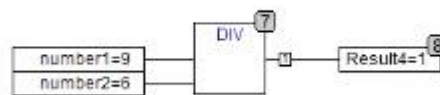


Рисунок 5.8 – Работа блока DIV в CoDeSys

5) Блок AND:

AND

Побитное И. Операция применима к типам BOOL, BYTE, WORD или DWORD.

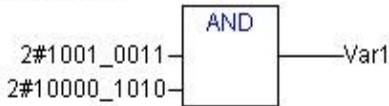
Пример IL:

```
Var1 BYTE
LD 2#1001_0011
AND 2#1000_1010
ST Var1 (* Результат 2#1000_0010 *)
```

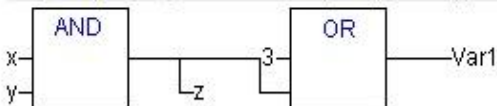
Пример ST:

```
var1 := 2#1001_0011 AND 2#1000_1010
```

Пример FBD:



Внимание: В логических выражениях нельзя гарантировать присваивание промежуточных результатов. Например, если условие SFS перехода выглядит так:



то, значение переменной z может быть не присвоено. Это происходит по причине оптимизации вычислений компилятором. Если значения x и y FALSE, то конечный результат очевиден и остаток выражения вычислять не нужно.

Рисунок 5.9 - Описание блока AND в справке CoDeSys

Блок AND является битовым оператором. Для активации выхода этого блока на вход должны быть поданы все разрешающие команды. Количество входов блока можно увеличивать. Все переменные, входящие в этот блок должны быть одного типа.



Рисунок 5.10 - Работа блока AND в CoDeSys

6) Блок OR:

OR

Побитное ИЛИ. Операция применима к типам BOOL, BYTE, WORD или DWORD.

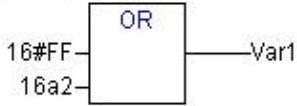
Пример IL:

```
var1 :BYTE;  
LD 2#1001_0011  
OR 2#1000_1010  
ST var1 (* Результат 2#1001_1011 *)
```

Пример ST:

```
Var1 := 2#1001_0011 OR 2#1000_1010
```

Пример FBD:



Внимание: См. примечание к AND.

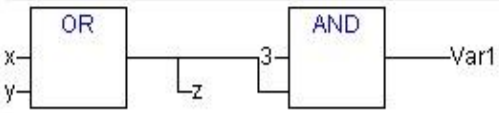


Рисунок 5.11 - Описание блока OR в справке CoDeSys

Блок OR является битовым оператором. Для активации выхода этого блока на вход должна быть подана хотя бы одна разрешающая команда. Количество входов блока можно увеличивать. Все переменные, входящие в этот блок должны быть одного типа.



Рисунок 5.12 - Работа блока OR в CoDeSys

7) Блок SEL:

SEL

Бинарный выбор.

OUT := SEL(G, IN0, IN1) означает:

OUT := IN0 if G=FALSE;

OUT := IN1 if G=TRUE.

IN0, IN1 и OUT могут быть любого типа, G должно быть типа BOOL. Бинарный выбор возвращает одно из двух: IN0, если G ЛОЖЬ, или IN1, если G ИСТИНА.

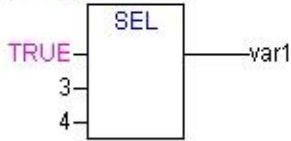
Пример IL:

```
LD TRUE
SEL 3,4 (* IN0 = 3, IN1 =4 *)
ST Var1 (* Результат = 3 *)
LD FALSE
SEL 3,4
ST Var1 (* Результат = 4 *)
```

Пример ST:

```
Var1:=SEL(TRUE,3,4); (* Результат = 4 *)
```

Пример FBD:



Внимание: Выражение, стоящее перед IN0 или IN1, может не вычисляться, если соответствующий вход не выбран, что определяется значением G.

Рисунок 5.13 - Описание блока SEL в справке CoDeSys

Блок SEL входит в категорию «Операторы выборки». Является блоком бинарного выбора. На его вход подается булевый сигнал (типа BOOL) ложь или истина (true или false) и происходит выбор между первой и второй переменными. Эти переменные могут быть любого типа, но обязательно одинакового.

Как можно увидеть на рис. 5.14, когда на первый вход блока SEL подается ложь (false), то на выход выводится первая переменная (в данном случае =2), а если истина (true), то на выходе будет вторая переменная (в данном случае =10).



Рисунок 5.14 - Работа блока SEL в CoDeSys

8) Блок GT:

GT

Больше

Двоичный оператор возвращает TRUE, если значение первого параметра больше второго.

Операнды могут быть типов BOOL, BYTE, WORD, DWORD, SINT, USINT, INT, UINT, DINT, UDINT, REAL, LREAL, TIME, DATE, TIME_OF_DAY, DATE_AND_TIME и STRING.

Пример IL:

```
LD 20
GT 30
ST Var1 (* Результат ЛОЖЬ *)
```

Пример ST:

```
VAR1 := 20 > 30 > 40 > 50 > 60 > 70;
```

Пример FBD:

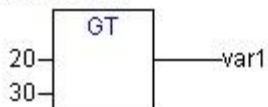


Рисунок 5.15 - Описание блока GT в справке CoDeSys

Блок GT (от англ. «greater than») входит в категорию «Операторы сравнения». Его функцией является выполнение операции «строго больше». Позволяет сравнивать как битовые переменные, так и числовые.

В примере на рис. 5.16 показана работа блока с числовыми переменными. Когда переменная 1 на входе больше переменной 2, то на выходе появляется сигнал истины (true). В случае их равенства, либо, если переменная 2 больше переменной 1, на выходе выводится сигнал ложь (false).

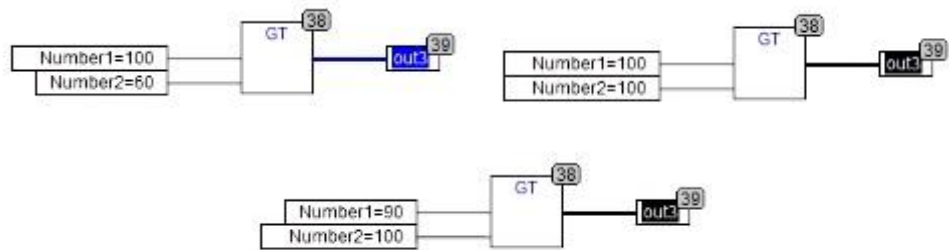


Рисунок 5.16 - Работа блока GT в CoDeSys

9) Блок LT:

LT

Меньше

Двоичный оператор возвращает TRUE, если значение первого параметра меньше второго.

Операнды могут быть типов BOOL, BYTE, WORD, DWORD, SINT, USINT, INT, UINT, DINT, UDINT, REAL, LREAL, TIME, DATE, TIME_OF_DAY, DATE_AND_TIME и STRING.

Пример IL:

```
LD 20
LT 30
ST Var1 (* Результат ИСТИНА* )
```

Пример ST:

```
VAR1 := 20 < 30;
```

Пример FBD:

Рисунок 5.17 - Описание блока LT в справке CoDeSys

Блок LT (от англ. «less than») входит в категорию «Операторы сравнения». Его функцией является выполнение операции «строго меньше». Позволяет сравнивать как битовые переменные, так и числовые.

В примере на рис. 5.18 показана работа блока с числовыми переменными. Когда переменная 1 на входе меньше переменной 2, то на выходе появляется сигнал истины (true). В случае их равенства, либо, если переменная 1 больше переменной 2, на выходе выводится сигнал ложь (false).

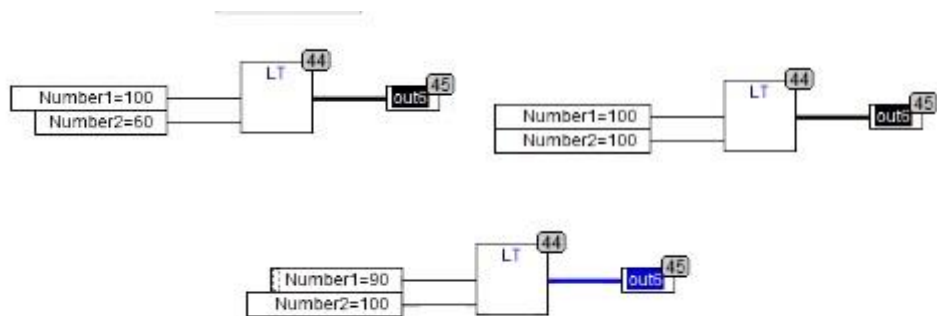


Рисунок 5.18 - Работа блока LT в CoDeSys

10) Блок EQ:

EQ

Равно

Двоичный оператор возвращает TRUE, если значение первого параметра равно второму.

Операнды могут быть типов BOOL, BYTE, WORD, DWORD, SINT, USINT, INT, UINT, DINT, UDINT, REAL, LREAL, TIME, DATE, TIME_OF_DAY, DATE_AND_TIME и STRING.

Пример IL:

```
LD 40
EQ 40
ST Var1 (*Результат - ИСТИНА*)
```

Пример ST:

```
VAR1 := 40 = 40;
```

Пример FBD:

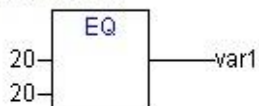


Рисунок 5.19 - Описание блока EQ в справке CoDeSys

Блок EQ (от англ. «equally») входит в категорию «Операторы сравнения». Его функцией является выполнение операции «равно». Позволяет сравнивать как битовые переменные, так и числовые.

В примере на рис. 5.20 показана работа блока с числовыми переменными. Когда переменная 1 на входе равна переменной 2, то на выходе появляется сигнал истины (true). В случае их неравенства на выходе выводится сигнал ложь (false).

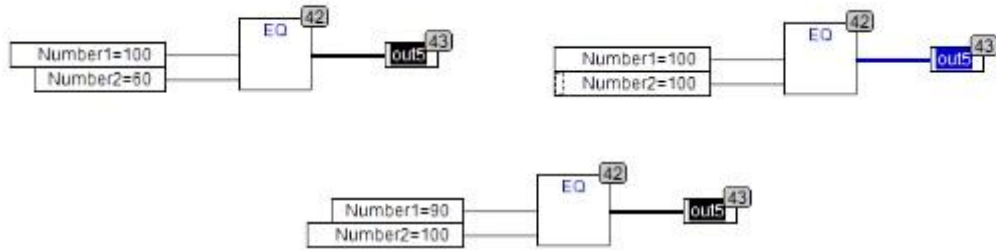


Рисунок 5.18 - Работа блока EQ в CoDeSys

11) Блок Inert1:

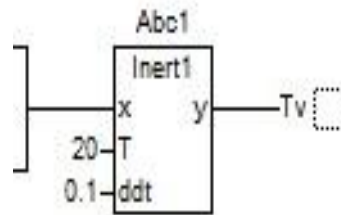


Рисунок 5.11 – Внешний вид блока Inert1 в CoDeSys

Блок Inert1 является блоком инерционного звена используется для усреднения параметров, описания инерционных свойств объекта. Его передаточная функция:

$$W_i(s) \frac{y}{x} = \frac{1}{1 + T \cdot s}$$

Дифференциальное уравнение в форме Лапласа:

$$x = y(1 + T \cdot s)$$

Дифференциальное уравнение в конечных разностях:

$$x(t) = y(t) + T \cdot \frac{y(t) - y(t - \Delta t) \cdot T}{\Delta t}$$

Выносим $y(t)$ за скобки и получаем разностное уравнение, по которому работает блок:

$$y(t) = y(t - \Delta t) + \frac{(x(t) - y(t) \cdot T)}{T}$$

```

0001 FUNCTION_BLOCK Inert1
0002 VAR_INPUT
0003   x: REAL;
0004   T: REAL;
0005   ddt: REAL;
0006 END_VAR
0007 VAR_OUTPUT
0008   y: REAL;
0009 END_VAR
0010 VAR
0011 END_VAR
0012
0013
<
0001 y:=y+(x-y)*ddt/T;
0002
0003
0004
0005

```

Рисунок 5.12 - Запись кода блока Inert1 в CoDeSys

12) Блок LINTR:

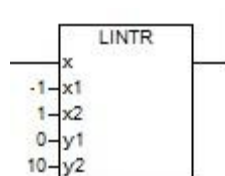


Рисунок 5.13 – Внешний вид блока линейного отображения в CoDeSys

Ищем такую функцию:

$$y = a_0 + a_1 \cdot x;$$

Чтобы выполнялась система уравнений:

$$y_1 = a_0 + a_1 \cdot x_1;$$

$$y_2 = a_0 + a_1 \cdot x_2;$$

Делаем разность уравнений и получаем:

$$a_1 = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2};$$

И далее путем подставления:

$$a_0 = y_1 - a_1 x_1;$$

Значения a_0 и a_1 являются входными значениями блока линейного отображения. Таким образом, становится возможным для любого x вычислить значение y .

```

0001|FUNCTION LINTR : REAL
0002|VAR_INPUT
0003|  x: REAL;
0004|  x1: REAL;
0005|  x2: REAL;
0006|  y1: REAL;
0007|  y2: REAL;
0008|END_VAR
0009|VAR
0010|  a0: REAL;
0011|  a1: REAL;
0012|END_VAR
0013|
0001|a1:=(y1-y2)/(x1-x2);
0002|a0:=y1-a1*x1;
0003|LINTR:=a0+a1*x;

```

Рисунок 5.14 - Запись кода блока LINTR в CoDeSys

13) Блок MYPID:

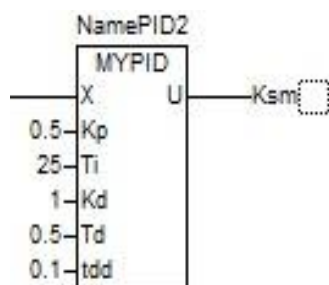


Рисунок 5.15 – Внешний вид блока MYPID в CoDeSys

Данный пропорционально – интегрально – дифференцирующий (в дальнейшем ПИД) регулятор состоит, как видно из названия, из интегрирующего, пропорционального и дифференцирующего звена.

Суть работы ПИД – регулятора заключается в формировании управляющего сигнала с целью получения точности и качества переходного процесса. Рассмотрим каждое звено по отдельности.

Дифференцирующее звено зависит от скорости изменения конкретного параметра, а его передаточная функция записывается следующим образом:

$$W_i(s) \frac{y}{x} = \frac{K_D \cdot s}{1 + T_D \cdot s};$$

Разностное уравнение дифференцирующего звена:

$$Y_D := Y_D + \frac{(X - X_1) - Y_D) \cdot \Delta t}{T_d};$$

Интегрирующее звено содержит в себе накопленную ошибку регулирования, а его передаточная функция записывается так:

$$W_i(s) \frac{y}{x} = \frac{1}{Ts}$$

Разностное уравнение интегрирующего звена:

$$Y_i = Y_i + \frac{X \cdot \Delta t}{T_i};$$

Пропорциональное звено отвечает за мгновенную реакцию на ошибку регулирования. Его уравнение выглядит так:

$$Y_P = K_P \cdot X_P;$$

Уравнение, по которому работает ПИД – регулятор, является суммой значений интегрирующего звена, дифференцирующего и пропорционального

$$U_i = Y_i + Y_P + Y_D \cdot K_D;$$

Помимо этого, в блоке присутствует ограничивающее условие. Интегрирующее звено при наличии ошибки может расти бесконечно, поэтому необходимо поставить ограничение значения на уровне интегрирования. Иначе регулятор попросту не сможет функционировать. Значение ограничивается 1 в качестве нормированного значения.

```

0001 FUNCTION_BLOCK MYPID
0002 VAR_INPUT
0003   X: REAL;
0004   Kp: REAL;
0005   Ti: REAL;
0006   Kd: REAL;
0007   Td: REAL;
0008   tdd: REAL;
0009 END_VAR
0010 VAR_OUTPUT
0011   U: REAL;
0012 END_VAR
0013 VAR
0014   Yd: REAL;
0015   Yi: REAL;
0016   Yp: REAL;
<
0001 Yp:= Kp * X;
0002
0003 Yd:= Yd + (((X - X1) - Yd)*tdd)/Td;
0004 X1:=X;
0005
0006 Yi:= Yi + (X * tdd)/Ti;
0007 IF Yi>1 THEN Yi:=1; END_IF;
0008 IF Yi<-1 THEN Yi:=-1; END_IF;
0009
0010 U:= Yi + Yp + Yd * Kd;
0011 IF U>1 THEN U:=1; END_IF;
0012 IF U<-1 THEN U:=-1; END_IF;

```

Рисунок 5.16 - Запись кода блока MYPID в CoDeSys

14) Блок NO:

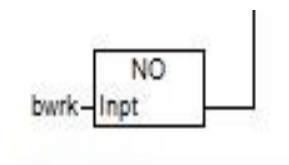


Рисунок 5.17 – Внешний вид блока NO в CoDeSys

Суть работы блока NO заключается в том, чтобы делать инверсию входного сигнала, то есть обращать булевый сигнал истины (true) в ложный (false), а ложный (false) наоборот в сигнал истины (true).

```
0001 FUNCTION NO : BOOL
0002 VAR_INPUT
0003     Inpt: BOOL;
0004 END_VAR
0005 VAR
0006 END_VAR
0007 <
0001 IF Inpt THEN
0002 NO:= FALSE;
0003 ELSE
0004 NO:=TRUE;
0005 END_IF
0006
0007
```

Рисунок 5.18 - Запись кода блока NO в CoDeSys

После того, как были сформированы все блоки, необходимые для выполнения поставленной задачи, переходим к формированию логики через цепи.

5.2 Сборка и отладка системы

5.2.1 Подготовка математической модели объекта вентиляции

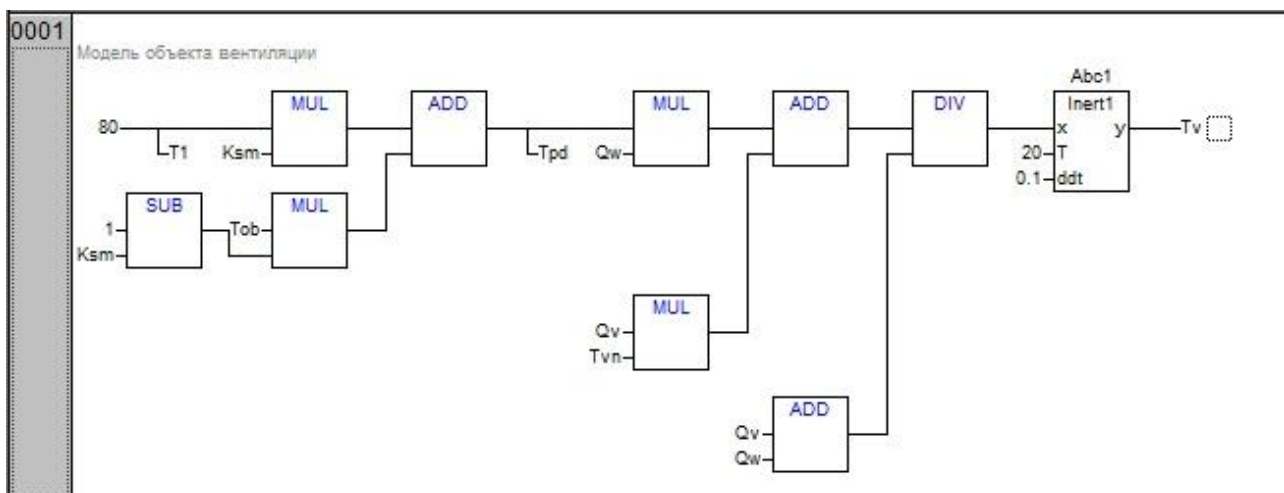


Рисунок 5.19 – Математическая модель системы смешения в CoDeSys

В данной цепи рассматривается часть модели объекта вентиляции.

На блок сложения ADD приходят два значения. Первое значение является результатом перемножения двух параметров: Ksm (коэффициент смешения, формирующийся на ПИД – регуляторе) и T1 (значение температуры, поступающей с теплосети, по умолчанию вручную установленное на 80 градусов, в виде средней константы). Второе значение получено путем: 1) Вычитания значения Ksm из 1; 2) Перемножение полученного значения на Tob (значение температуры, которое возвращается обратно в сеть). После сложения этих параметров получаем значение Trpd (Температура подачи - значение температуры, поданной на калорифер) и уже это значение перемножаем с Qw (нормированный объем потока воды, умноженный на ее удельную теплоемкость, формируется вручную на инструменте «ползунок» в пределах от 0.3 до 3).

Полученное значение складывается с произведением Qv (нормированный поток воздуха, умноженный на его удельную теплоемкость, формируется вручную на инструменте «ползунок» в пределах от 0 до 1) и Tvn (температура

внешняя, формируется вручную на инструменте «ползунок» в пределах от -40 до 10).

Далее, эта сумма делится на сумму Q_v и Q_w . После всех операций, итоговое значение уходит на блок инерционной цепи Inert1, на выходе которой получается значение T_v (значение температуры воздуха, поступающая в помещение после нагрева).

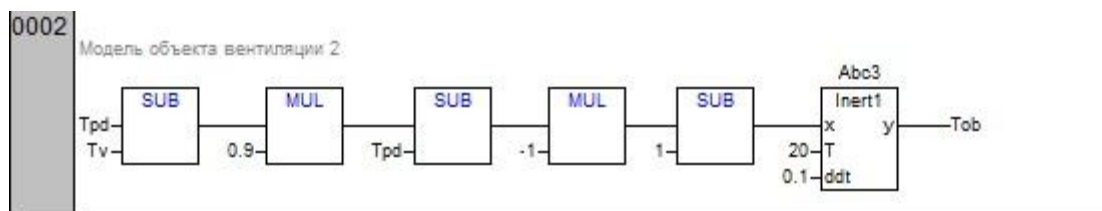


Рисунок 5.20 – Температура обратного теплоносителя после обмена

В данной цепи формируется описанный в прошлом разделе параметр T_{ob} .

В первую очередь, вычитаем значение T_v (выходное значение первой цепи) из значения T_{rpd} (формируется в первой цепи). Полученное значение перемножаем на 0.9 (примерный коэффициент, показывающий эффективность теплообмена в калорифере)

После этого, из произведения вычитаем значение T_{rpd} и перемножаем получившееся на (-1). Затем вычитаем из этого значения 1 и разность выводим на вход блока инерционной цепи Inert1, на выходе которого формируется значение параметра T_{ob} .

5.2.2 Реализация регулятора

Регулятор работает по одному из контуров: либо по поступающему воздуху, либо по обратному теплоносителю в том случае, если температура обратного теплоносителя высокая (плохой теплообмен).

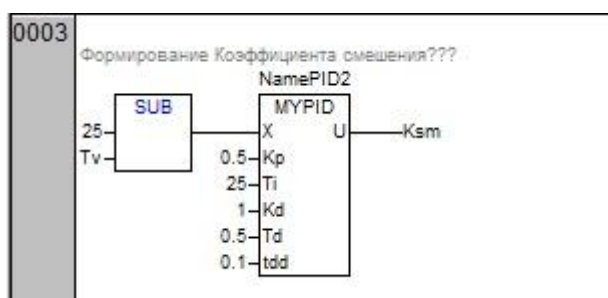


Рисунок 5.21 – Формирование Ksm

В данной цепи формируется основной коэффициент смешивания.

Первым действием из 25 вычитаем значение T_v (выходное значение первой цепи), вторым действием полученное значение выводим на вход ПИД – регулятора, специально созданного под данную схему.

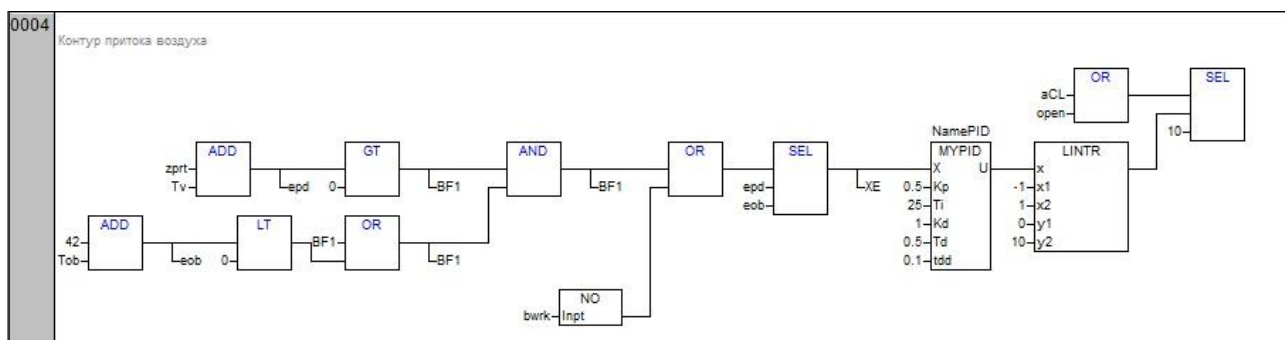


Рисунок 5.22 – Формирование ошибки для замкнутого контура управления теплопотреблением

В данной схеме работа идет либо по температуре воздуха, либо по обратному теплоносителю. Здесь рассчитывается динамика управления. Включает себя ошибку на входе и на выходе, идет регулирование от 0 до 10 В, поэтому пользуемся ПИД – регулятором и блоком линейного отображения.

2 элемента вычитания вычисляют ошибку по температуре воздуха и по температуре обратного теплоносителя. Выбор заключается в том, что если ошибка $e_{ob} < 0$, то коммутатор (SEL) переключается на работу по этой ошибке. E_{pd} и e_{ob} положительные, то только в этом случае происходит переключение на температуру управления потоком. Если $bwrk$ будет ложным (не рабочий режим), то тогда работаем по e_{ob} , поддерживая температуру обратного теплоносителя в теплом режиме.

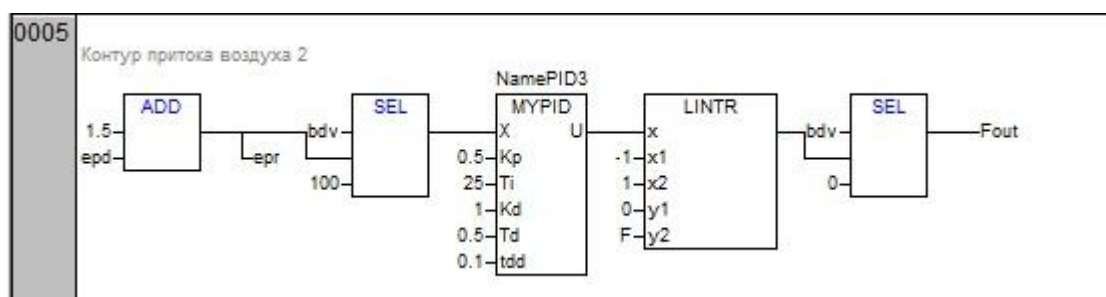


Рисунок 5.23 – Контур подстройки объема воздуха

В данной цепи происходит формирование параметра Fout (напряжение управления частотным преобразователем вентилятора). Параметр Fmax задается от 5 до 10 В (50-100% максимального потока воздуха, на который рассчитана система).

В первую очередь к передаточному коэффициенту ерд прибавляем 1.5, таким образом формируется значение параметра ерг (ошибка в контуре управления частотным приводом вентилятора), которое поступает на блок бинарного выбора SEL, этот блок при старте обеспечивает макс частоту оборотов. В нем происходит выбор из двух параметров (ерг и 100) в зависимости от значения булевого сигнала bdv (флаг, показывающий включен ли двигатель вентилятора). Если он ложный (false), то на выход подается 100 (обозначение максимума), а если истинный (true), то на выходе будет значение ерг.

Выходное значение блока SEL выводится на вход блока ПИД – регулятора, принцип действия которого описан ранее. Выходное значение идет на блок LINTR.

Последнее действие в данной цепи снова выполняет блок SEL. В этом случае выбор будет производиться между выходным значением блока LINTR и 0. Индикатором вновь будет являться сигнал bdv: если он показывает истину, то на выходе будет выходное значение блока LINTR, а если ложь, то 0. Полученное в итоге значение и является значением параметра Fout.

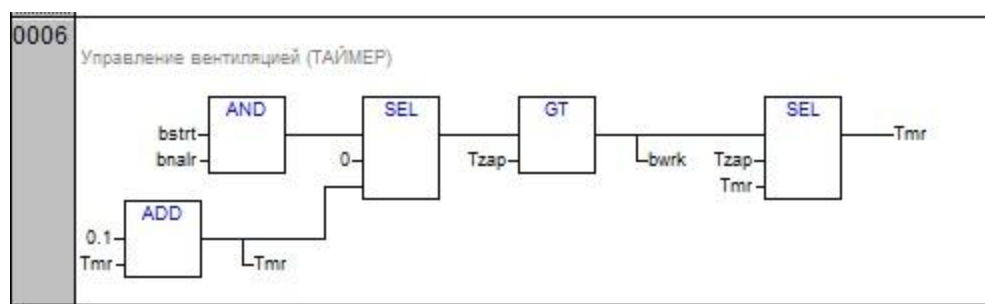


Рисунок 5.24 – Цепь таймера

В данной цепи формируется параметр Tmr. На блоке AND происходит разрешение счета таймера (отсутствие аварий и то что кнопка старт включена),

на блоке ADD к параметру прибавляется время дискретизации tdd через время дискретизации, таким образом и формируется Tmr. Блок SEL здесь служит для обнуления значения Tmr в случае, если в системе произошла авария или кнопка старт не нажата. При превышении Tmr установленной константы Tzap происходит запуск двигателя и второй блок SEL ограничивает ход таймера у заданного максимального значения, делая ее равной Tzap.

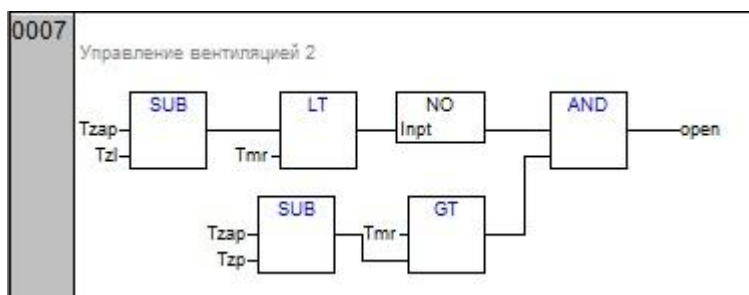


Рисунок 5.25 – Вычисления режима прогрева и открытия заслонок

В данной цепи производится формирование булевого параметра открытия заслонок (open).

Данный параметр будет иметь значение истины в случае истинного значения булевых переменных, входящих в блок AND. Первая формируется следующим путем:

- 1) Из параметра Tzap вычитается Tzl (время открытия заслонки);
- 2) Если получившаяся разность меньше Tmr, то на блок NO идет значение истины и на данном блоке оно инверсируется в противоположный сигнал.

Вторая переменная формируется таким же образом, только последнее действие с блоком NO отсутствует.

Нефиксируемые аварии



Рисунок 5.26 – Засорение фильтра

В данной цепи формируется параметр ba0. Он отвечает за засорение фильтров системы. С точки зрения реализации есть 2 типа аварий: фиксируемые (не устраняются без участия человека (пожар, засорение, неисправность двигателя)) и нефиксируемые – те, которые алгоритм системы вентиляции устраняет самостоятельно: такие как замерзание калорифера (можно нагреть), занижение Тобр калорифера (возможность замерзания).

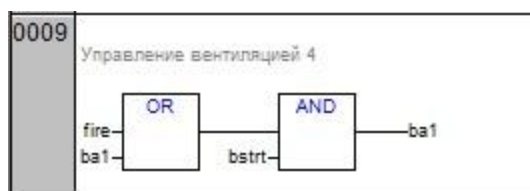


Рисунок 5.27 – Пожар

В данной цепи формируется булевый параметр ba1. Его сигнал активируется только при совпадении 2 факторов: пожара в системе и нажатия кнопки старт.

Фиксируемые аварии

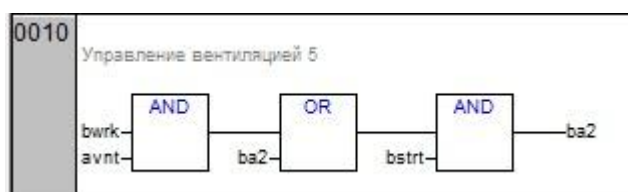


Рисунок 5.28 – Фиксируемая авария

Особенность данной цепи заключается в том, что авария двигателя вычисляется по перепаду давления (если вентилятор крутится, то перепад давления есть), а поскольку двигатель включается в процессе запуска вентиляции за 5 сек до выхода на рабочий режим (bwrk), то перепад давления будет обеспечен только в конце этой процедуры и в рабочем режиме. Поэтому на эту аварию обращается внимание только когда процедура запуска состоялась. В случае, если оба сигнала bwrk и avnt (авария вентилятора, отсутствие перепада давления) истинны, то значение ba2 также будет истинным.

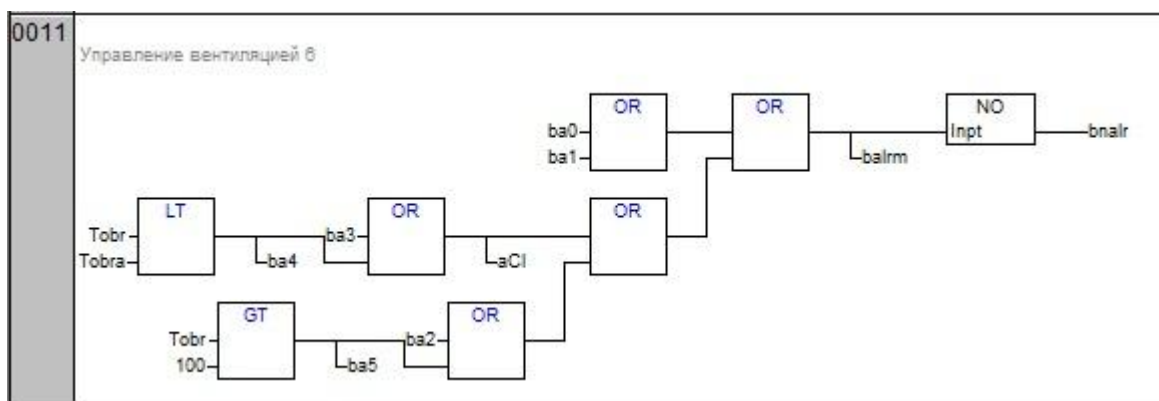


Рисунок 5.29 – Сбор всех аварий по методу ИЛИ

В данной цепи производится управление вентиляцией и происходит формирование параметра Bnalr (сигнал об отсутствии аварии).

На блок выбора OR подаются 2 значения. Первое получается через 2 действия:

1) Выбор через блок LT между параметрами Tobr и Tobra (аварийная температура обратного теплоносителя (равна 10 градусам). Если Tobr меньше Tobra , то на выходе появляется сигнал истины (true). В случае их равенства, либо, если Tobr больше Tobra, на выходе выводится сигнал ложь (false). Выходной сигнал формирует булевый параметр ba4.

2) На блок OR поступают две булевы переменные ba3 и ba4. При сигнале true хотя бы от одной из переменных на выходе также появляется сигнал истины. Выходной параметр здесь формирует параметр aCl (холодная авария).

Второе значение получается также через 2 действия:

1) Выбор через блок GT между параметром Tobr и 100. Если переменная Tobr на входе больше 100, то на выходе появляется сигнал истины (true). В случае их равенства, либо, если Tobr меньше 100, на выходе выводится сигнал ложь (false). Выходной сигнал формирует булевый параметр ba5.

2) На блок OR поступают две булевы переменные ba2 и ba5. При сигнале true хотя бы от одной из переменных на выходе также появляется сигнал истины.

После этого подобным образом при сигнале истины хоть от одного из получившихся параметров, на выходе блока OR появляется сигнал истины.

Этот сигнал, в свою очередь, также приходит на блок OR. Помимо него там также находится булевая переменная, имеющая сигнал true в случае, если параметр ba0 или ba1 будет иметь такой же сигнал.

В конечном итоге, на выходе блока OR формируется параметр balrm (сигнал об аварии в принципе), идущий, в свою очередь на вход блока NO, где инверсируется в противоположный сигнал.

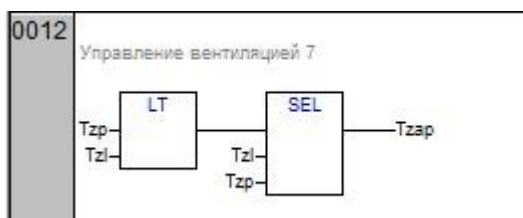


Рисунок 5.30 – Выбор времени запуска

В данной цепи формируется параметр Tzap. Сначала, используя блок LT, проверяем, выполняется ли условие $Tzp < Tzl$. Если оно выполняется, то далее на вход блока SEL приходит сигнал истины и в конечном итоге $Tzap = Tzp$. В любом другом случае $Tzap = Tzl$.

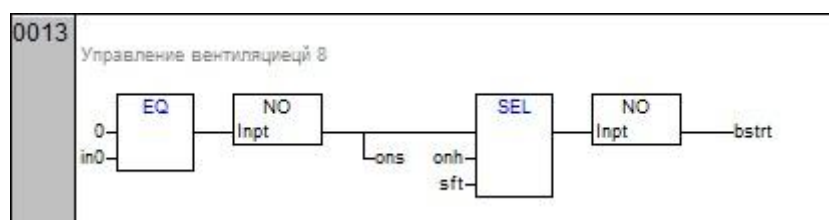


Рисунок 5.31 – Логика управления стартом

Если sft (кнопка, контакты которой подсоединены к рубильнику) ложный, то управление будет происходить вручную (булевый параметр onh).

При условии того, что $in0 = 0$, то на блок NO приходит положительный сигнал, а далее происходит инверсия. Выходной сигнал с этого блока формирует значение булевого параметра ons. Затем он приходит на блок SEL. Если ons имеет ложный сигнал, то на выход блока пойдет значение параметра onh, если же положительный, то sft. В итоге, сигнал еще раз проходит через блок NO, на выходе которого формируется сигнал переменной bstrt (булевый сигнал нажатия кнопки старт).



Рисунок 5.32 – Аварийная лампа

Данная цепь состоит всего из одного блока. Если оба значения булевых параметров `bstrt` и `balrm` – `true`, то значение параметра `bal` также будет истинным. Параметр `bal` включает либо аварийную лампу, либо звуковое оповещение об аварии. При выключении системы, сигнал выключается.

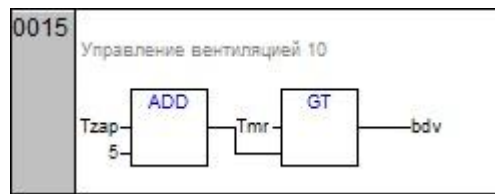


Рисунок 5.33 – Логика запуска двигателя

В данной цепи формируется значение булевого параметра `bdv`.

В первую очередь от значения параметра `Tzap` убавляем 5 для того, чтоб за 5 сек до окончания процедуры запуска системы вентиляции запустить двигатель, а затем, в случае, если $Tmr > Tzap$, то параметр `bdv` будет иметь значение `true`, при любом другом соотношении – `false`. Эта цепь необходима для того, чтобы сформировался перепад давления на вентиляторе после включения двигателя (это не происходит мгновенно, минимум 2-3 секунды).



Рисунок 5.34 – Закрытие противопожарных заслонок

В данной цепи формируется параметр `opnf`. Этот параметр отвечает за закрытие противопожарных заслонок, перекрывающих доступ кислорода в помещение. Если значение параметров `fire` или `ba1` истинны, то на блок NO приходит истинное значение, при этом значение параметра `opnf` будет ложным и заслонки закроются.

Для того, чтоб при выключенной системе все тоже сработало, добавили параметр fire

5.3 Визуализация проекта и отображение переходных процессов

Программная среда CoDeSys предлагает широкие возможности визуализации различных процессов. В случае данного дипломного проекта необходимо наблюдать за изменением температуры в разных частях системы вентиляции.

Помимо наблюдения за процессом, в разделе визуализации также можно регулировать заданные параметры. Наиболее удобным инструментом для этой цели в данном случае является «Scrollbar» (ползунок).



Рисунок 6.1 – Инструмент управления ключевыми параметрами «Ползунок»

Всего есть семь элементов системы, которые здесь регулируются:

- Поступающий поток воды;
- Поступающий поток воздуха;
- Внешняя температура;
- Коэффициент смешения;
- Заданная температура потока воздуха;
- Время открытия заслонок;
- Время запуска двигателя;

На рис. 6.2 можно увидеть график значения основных температур в системе при заданных нулевых начальных параметрах. Зеленым цветом отмечено значение температуры, поданной на калорифер (T_{pd}), черным - значение температуры, которое возвращается обратно в сеть (T_{obr}), а красным – значение температуры воздуха, поступающая в помещение после нагрева (T_v) – ее на этом графике нет, т.к. ее значение равняется нулю.

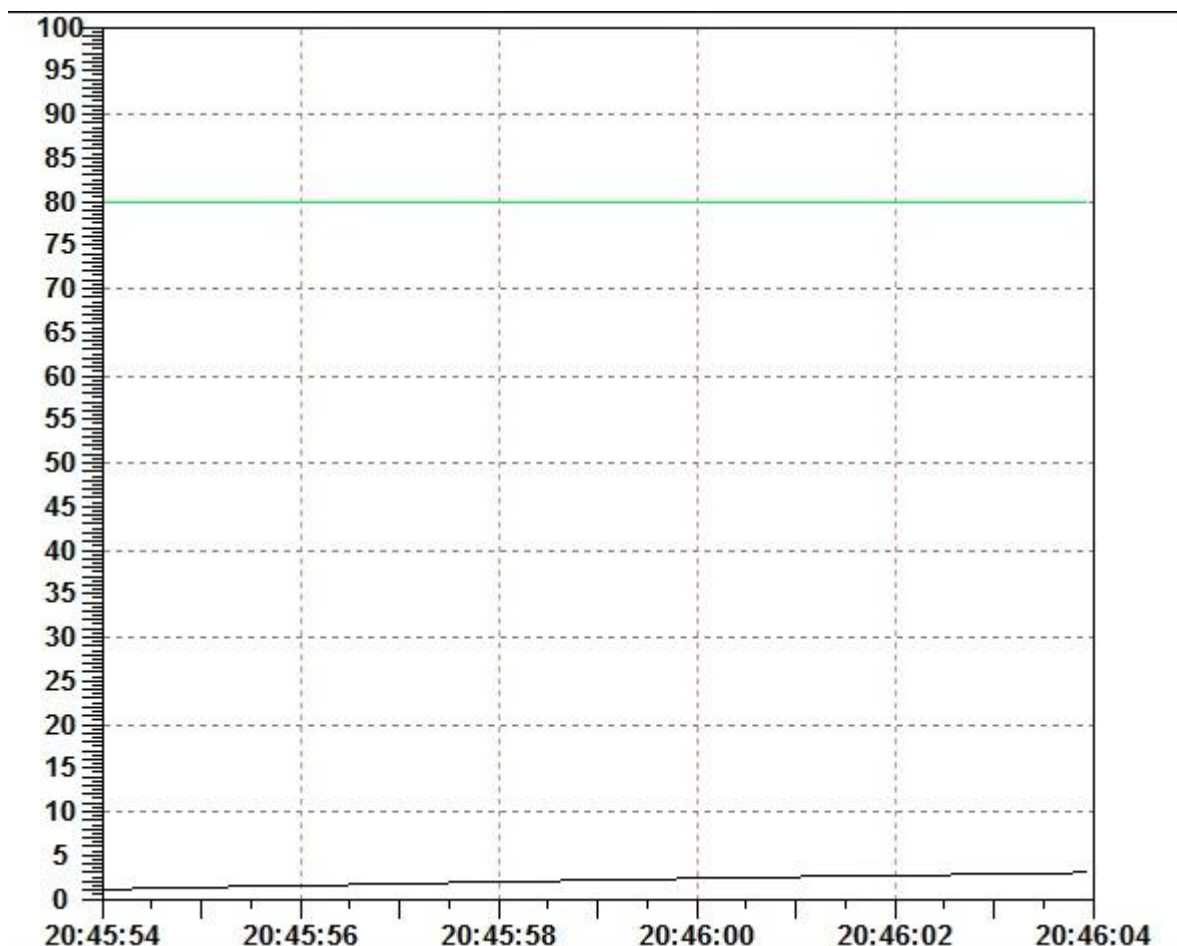


Рисунок 6.2 – График температурного регулирования при начальных условиях

На рис. 6.3 можно пронаблюдать как ведет себя система при переходном процессе. Видно, что при изменении параметров система стремится к равновесию за счет изменения значения коэффициента смешения.

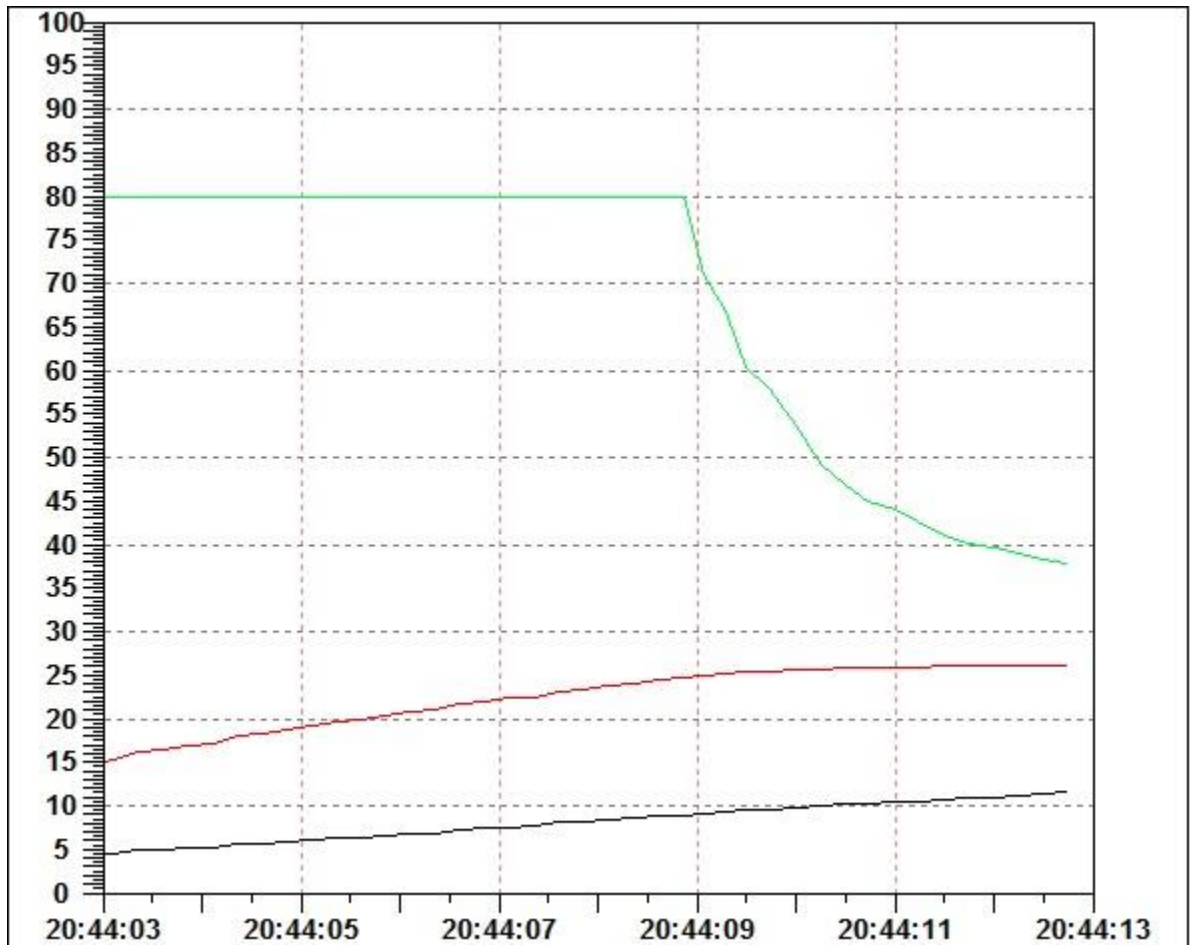


Рисунок 6.3 – График переходного процесса

6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В настоящее время перспективность любой технической разработки в основном определяется ее коммерческой ценностью. Оценка коммерческого потенциала разработки необходима при поиске источников финансирования для проведения технического исследования и коммерциализации его результатов.

Основной целью данного раздела является определение экономических показателей проектирования системы управления вентиляционной установки. Чтобы определить является ли проект эффективным необходимо провести анализ с точки зрения финансового менеджмента и теории управления организацией и производством.

6.1 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

1. **Сильные стороны.** Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта.

2. **Слабые стороны.** Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

3. **Возможности.** Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или

предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

4. **Угроза.** представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представляем в табличной форме (табл. 1).

Таблица 1 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Удобность интегрирования ПЛК в энергосистему. С2. Надежность и большой срок использования оборудования. С3. Высокая энергоэффективность и энергосбережение. С4. Широкое применение на максимально широком диапазоне контроллеров. С5. Универсальность в использовании (понятна как инженеру, так и программисту) С6. Современная технология	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Высокая стоимость требуемого микроконтроллера. Сл2. Большой срок поставки оборудования и комплектующих. Сл3. Сложность ремонта и сборки мелких частей системы.
Возможности: В1. Автоматизация технологического процесса В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Развитие технологий в данной отрасли	ПЛК на программном обеспечении CoDeSys - это надежная и современная технология с высокими возможностями в автоматизации энергосистем	Дополнительный спрос на контроллеры данного типа может повлечь за собой необходимость переквалификации персонала для возможности более быстрого проведения ремонтных работ

Продолжение таблицы 1

<p>Угрозы: У1. Техническая сложность оборудования У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Появление новых конкурентных разработок.</p>	<p>На данный момент в системах управления и автоматизации установлены схемы релейно – контактной автоматики, однако очевидна тенденция к переходу на ПЛК</p>	<p>Наиболее значимым минусом в использовании ПЛК данного типа является его высокая цена, однако появление новых разработок неизбежно приведет к снижению средней цены на рынке</p>
--	--	--

Анализируя полученную интерактивную матрицу проекта, видим, что интегрирование ПЛК в энергосистему и замена ими схем релейно – контактной автоматики очевидна. Все это возможно по причинам простоты и удобства для пользователя, а также максимально широкого применения во всех энергосистемах. Конечно, данный проект имеет и свои минусы, объясняющиеся высокой стоимостью оборудования. Но когда вопрос касается надежности, необходимо помнить, что целесообразней инвестировать в новое и эффективное оборудование, чем получить большой убыток от аварии.

6.2 Планирование научно-исследовательских работ

6.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому

виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Составляем перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проводим распределение исполнителей по видам работ. Результат представлен в табл.2.

Таблица 2 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления Исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Описание объекта управления	Инженер
	4	Разработка структурной мнемосхемы	Инженер
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Выбор математической модели динамики объекта	Инженер
	7	Расчет блоков математической модели динамики объекта	Инженер
	8	Выбор типа регулятора и расчет его блоков	Инженер
	9	Планирование аварийных режимов	Инженер
	10	Технико-экономические расчеты	Инженер
	11	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
Разработка технической документации и проектированию	13	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

6.2.2 Определение трудоемкости работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Таблица 3 – Временные показатели проектирования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работ в календарных днях, T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожи}$, чел-дни			И	Р	И
	Р	И	Р	И	Р	И				
Составление и утверждение технического задания	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	10	-	15	-	12	-	12	-	18
Описание объекта управления	-	9	-	14	-	11	-	11	-	17
Разработка структурной мнемосхемы	-	7	-	10	-	8	-	8	-	12
Календарное планирование работ по теме	2	-	5	-	3	-	3	-	4	-
Выбор математической модели динамики объекта	-	5	-	8	-	6	-	6	-	9
Расчет блоков математической модели динамики объекта	-	8	-	12	-	10	-	10	-	15
Выбор типа регулятора и расчет его блоков	-	3	-	5	-	4	-	4	-	6
Планирование аварийных режимов	-	2	-	5	-	3	-	3	-	5
Технико-экономические расчеты	-	9	-	14	-	11	-	11	-	17
Вопросы безопасности и экологичности проекта	-	3	-	5	-	4	-	4	-	6
Оценка эффективности полученных результатов	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	-	10	-	15	-	12	-	12	-	18
Итого, дней					5	81	5	81	8	123

6.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Таким образом, для руководителя $k_{\text{кал}} = 1,22$, а для инженера $1,47$.

Таблица 4 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исполнитель работ	Продолжительность работ, кал.дн.	Продолжительность выполнения работ															
				Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания	Р	2																
2	Подбор и изучение материалов по теме	И	18	—	—	—													
3	Описание объекта управления	И	17			—	—												
4	Разработка структурной мнемосхемы	И	12				—	—											
5	Календарное планирование работ	Р	4						—										

6.2.5 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

Где $Z_{\text{осн}}$ - основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб. дн. (таблица 3);

$Z_{\text{дн}}$ - среднедневная заработная плата работника, руб.

Пример расчета заработной платы для руководителя (шестидневная рабочая неделя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F} = \frac{62192 \cdot 10,4}{237} = 2792 \text{руб}$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 2792 \cdot 5 = 13645 \text{руб}$$

Пример расчета заработной платы для инженера (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{28730 \cdot 11,2}{209} = 1540 \text{руб}$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 1540 \cdot 81 = 124470 \text{руб}$$

Где Z_M – месячная заработная плата работника, руб;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

Фд – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн. (таблица 5).

Таблица 5 – Баланс рабочего времени

Показатель рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	24
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	237	209

Месячная заработная плата руководителя:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 36800 \cdot (1 + 0,2 + 0,1) \cdot 1,3 = 62192 \text{руб}$$

Месячная заработная плата инженера:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 17000 \cdot (1 + 0,2 + 0,1) \cdot 1,3 = 28730 \text{руб},$$

где Z_{TC} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,2 (т.е. 20 % от Z_{TC});

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,1 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от Z_{TC});

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 6.

Таблица 6 – Расчёт основной заработной платы

Исполнитель	Z_{TC} , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_M , руб.	$Z_{дн.}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн.}$, руб.
Руководитель	36800	0,2	0,1	1,3	62192	2729	5	13645
Инженер	17000	0,2	0,1	1,3	28730	1540	81	124470
Итого $Z_{осн}$								138115

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Кроме основной заработной платы необходимо выплачивать дополнительную – это плата, начисленная рабочим не за фактически выполненные работы или проработанное время, а в соответствии с действующим законодательством, в том числе оплата очередных отпусков рабочих и служащих, льготных часов, времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей, и др. Дополнительная заработная плата учитывается так же, как и основная, и включается в фонд заработной платы предприятия.

Расчет дополнительно заработной платы:

Дополнительная заработная плата для руководителя:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 13645 = 2046 \text{руб}$$

Дополнительная заработная плата для инженера:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 124470 = 18711 \text{руб}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы принимается 0,15.

Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Отчисления во внебюджетные формы для руководителя:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot (13645 + 2046) = 4252 \text{руб}$$

Отчисления во внебюджетные формы для инженера:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot (124470 + 18711) = 38802 \text{руб}$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Размер страховых взносов принят на уровне 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представляем в табличной форме (таблица 7).

Таблица 7 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	13645	2046
Инженер	124470	18711
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого:	43054	
Руководитель	4252	
Инженер	38802	

Расчет амортизации

Рассчитаем амортизацию отчислений. Амортизация рассчитывается только на оборудование выше 40 000 руб.

Расчет амортизационных отчислений, на полное восстановление основных средств, производится по нормативам амортизации утвержденном в установленном действующим законодательством порядке, и определенным в зависимости от балансовой стоимости оборудования. Для проектирования необходимо следующее оборудование:

Стоимость компьютера составляет 40000 рублей.

$$C_{\text{обор}} = 40000 \text{ руб.},$$

Определим сумму амортизационных отчислений:

$$I_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп}}}{T_{\text{Г}}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}} \cdot C_{\text{обор}} = \frac{2}{12} \cdot \frac{1}{3} \cdot 40000 = 2222 \text{ руб.},$$

Где, $T_{\text{исп}}$ – время использования оборудования = 2 месяца,

$T_{\text{Г}}$ – количество использования в год = 12 месяцев,

$C_{\text{обор}}$ – стоимость оборудования,

$T_{\text{сл}}$ – срок службы оборудования = 3 года,

Годовая норма амортизации составляет 33 %.

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{НАКЛ}} = (Z_{\text{ОСН}} + Z_{\text{ДОП}} + Z_{\text{ВНЕБ}} + I_{\text{АМ}}) \cdot k_{\text{НР}} = \\ = (138115 + 20757 + 43054 + 2222) \cdot 0,16 = 32663 \text{руб}$$

где $k_{\text{НР}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов берем в размере 16%.

Формирование бюджета затрат на научно-техническое исследование приведено в таблице

Таблица 8 – Бюджет затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля, %
1. Затраты по основной заработной плате	138115	58,32
2. Затраты по дополнительной заработной плате	20757	8,75
3. Отчисления во внебюджетные фонды	43054	18,2
4. Накладные расходы	32663	13,8
5. Амортизация	2222	0,93
6. Бюджет затрат НТИ	236811	100

Исходя из представленной выше формы бюджета НТИ, видно, что сумма затрат на выполнение научно-технического исследования составляет 236811 руб. Заметим, что основная заработная плата составляет более половины (58,32 %) всех затрат основной части бюджета.

Определение эффективности исследования

В результате выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы, можно сделать следующие выводы:

- при планировании технических работ была составлена ленточная диаграмма Ганта. Данная диаграмма позволяет оптимально спланировать время работы исполнителей проекта (руководителя и инженера). Длительность работ в календарных днях руководителя составляет 8 дней, а инженера 123 дня.

- составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию научно-технического исследования, которая составила 236811 руб.

Эффект данного исследования может быть выражен в следующих пунктах:

-Появляется возможность для максимально широкого распространения данной схемы управления на обширном количестве программируемых логических контроллеров. В связи с этим область применения может быть практически безграничной: от вентиляции простых офисных помещений до терморегуляции сложных производств.

-Значительно повышенная эффективность программируемых логических контроллеров. Причем необязательно выбирать самые дорогие виды контроллеров: для простых объектов цены могут быть минимальны.

-Простота и понятность в использовании, как для инженера, так и для программиста. В сравнении с предыдущим поколением автоматизации, а именно релейно – контактной автоматизации, это также значительно расширяет возможности использования.

- Отличная надежность программируемых логических контроллеров, а за этим следует отсутствие необходимости частой замены оборудования и регулярных затрат на его ремонт.

7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

В данном разделе выпускной квалификационной работы будет рассматриваться безопасность и экологичность помещения, в котором будут находиться сотрудники лаборатории электроники и микропроцессорной техники Энергетического института ТПУ, где также располагается частотно-регулируемый электропривод вентиляторной установки, который я исследую в своей работе.

В настоящем разделе рассматриваются вопросы охраны труда и техники безопасности, связанные с работой в лаборатории. Такое помещение должно отвечать ряду требований, изложенных в следующей нормативной литературе: Р 2.2.2006-05, СанПиН 2.2.4.548-96, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, и др. А также разрабатываются мероприятия по предотвращению воздействия на здоровье работников опасных и вредных факторов, создание безопасных условий труда для персонала.

Рассмотрим вопросы защиты окружающей среды от действия лаборатории в части загрязнения атмосферы, гидросферы, литосферы и вопросы пресечения вероятных ЧС и ликвидации их последствий.

7.1 Производственная безопасность

Анализ опасных и вредных производственных факторов

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» (переиздание 1999г.) в лаборатории действуют следующие потенциально опасные и вредные производственные факторы ОВПФ:

- а) физические опасные и вредные производственные факторы:
 - повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов;
 - повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;

- повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне;
 - отсутствие или недостаток естественного света;
 - недостаточная освещенность рабочей зоны
 - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;
 - поражение электрическим током;
 - повышенный уровень шума на рабочем месте.
- б) психофизиологические опасные и вредные производственные факторы:
- нервно-психические перегрузки.

7.1.1 Психофизиологические факторы

Утомление - это процесс понижения работоспособности, временный упадок сил. Существуют признаки хронического утомления: ощущение утомления до начала работы, повышенная раздражительность, снижение интереса к работе и окружающим, снижение аппетита, потеря веса, нарушение сна, бессонница, предрасположенность к простудным заболеваниям. В целях борьбы с переутомлением необходима нормализация режима труда и отдыха желательно увеличение свободного времени за счет увеличения разнообразия работы за рабочий день.

7.1.2 Микроклимат

Под микроклиматом понимают качество воздушной среды в рабочей зоне. Большое значение для охраны здоровья и труда человека имеет качество воздуха в производственных помещениях, в частности в рабочих зонах. Рабочей зоной называется пространство, высотой до 2-х метров над уровнем пола или площадки на которых находятся места постоянного или временного пребывания работающих (более 2-х часов непрерывно).

$$V = A \cdot B \cdot H = 10 \cdot 6 \cdot 2,5 = 150 \text{ м}^3$$

Учитывая, что в лаборатории работает 5 человек, то на каждого из них приходится по 12 м^2 площади помещения и по 30 м^3 объема воздуха, что вполне соответствует нормам.

В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 в лаборатории должна проводиться ежедневная влажная уборка.

7.1.3 Организация и оборудование рабочих мест в лаборатории для различных категорий пользователей:

- рабочее место должно располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно справа;
- окна в лаборатории должны быть оборудованы регулируемыми устройствами (жалюзи, занавески, внешние козырьки и т.д.);
- расстояние между измерительными приборами и печами должны быть не менее 1,0 м;
- лаборатория должна оборудоваться приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением и отдельными (автономными) вентиляционными устройствами для отсоса воздуха из вытяжных шкафов в соответствии с требованиями действующих СНиП.;
- лаборатория должна иметь водопровод, канализацию, электроснабжение, центральное отопление и горячее водоснабжение в соответствии с требованиями действующих СНиП;
- температура воздуха должна быть в пределах от +18 до + 21°C;
- воздухообмен в лабораторном помещении должен рассчитываться так, чтобы фактические концентрации взрывоопасных и ядовитых газов, паров и пыли в воздухе рабочих помещений не превышали предельно допустимых концентраций;

– помещение лаборатории должно иметь естественное и искусственное освещение. Оконные переплеты боксов должны выполняться с применением уплотняющих прокладок;

– стены, потолки помещений должны быть гладкими, легко моющимися, устойчивыми к действию дезинфицирующих средств. Полы не должны быть скользкими и должны быть покрыты плиткой или другим водонепроницаемыми кислотоупорными материалами;

– лабораторная мебель должна быть устойчивой к действию влаги и дезинфицирующих средств.

7.1.4 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению производственных помещений

В данном помещении используют искусственное и естественное освещение, поскольку работа в основном зрительная, то естественного освещения не достаточно, особенно в темное время суток.

1. Исследование освещенности рабочей зоны необходимо для обеспечения нормативных условий в помещениях и на открытых площадках в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Реальная освещенность на рабочем месте может быть взята из паспорта производственного помещения, материалов аттестации рабочих мест по условиям труда, измерена при помощи люксметра.

Требования к освещению ряда производственных помещений представлены в таблице 7.2 в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 .

По результатам анализа табличных данных делается вывод о соответствии освещенности рабочей зоны нормативным значениям. При необходимости разрабатываются мероприятия по реконструкции системы освещения.

Таблица 10 – Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения

Помещения	над полом, м В – вертикальная) и высота плоскости (Г – горизонтальная, нормирования КЕО и освещенности Рабочая поверхность и плоскость	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО e_H , %		КЕО e_H , %		Освещенность, Лк		
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при комбинированном освещении		При общем освещении
						всего	от общего	
1. Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства	Г-0,8	3,0	1,0	1,8	0,6	400	200	300

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

Помещение имеет размеры: длина $A = 10$ м, ширина $B = 6$ м, высота $H = 2,5$ м. Площадь помещения по формуле составляет 60 м.

Рекомендуемая освещенность помещения, при работе в лаборатории, составляет $E_0 = 300$ Лк (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03), учитывая коэффициент запаса (загрязнение светильника) $K = 1,2$, получаем освещенность в помещении:

$$E = E_0 \cdot K = 300 \cdot 1,2 = 360 \text{ Лк}$$

Уровень от рабочей поверхности до потолка:

$$h = -h = 2,5 - 0,8 = 1,7 \text{ м}$$

где h_p – высота рабочей поверхности.

7.1.5 Шум и вибрация

Шум – один из наиболее распространенных неблагоприятных факторов производственной среды. Источниками звуков и шумов являются вибрирующие тела. Основные производственные процессы, сопровождающиеся шумом, –это клепка, штамповка, испытание авиамоторов, работа на ткацких станках и др. Говоря о действии шума на организм, следует иметь в виду, что он оказывает как местное, так и общее воздействие. При этом учащается пульс, дыхание, повышается артериальное давление, изменяются двигательная и секреторная функции желудка и других органов.

Неблагоприятно отражается шум на нервной системе, вызывая головные боли, бессонницу, ослабление внимания, замедление психических реакций, что, в конечном счете, приводит к понижению работоспособности.

В моей выпускной квалификационной работе источниками производственного шума и вибрации являются двигатель и вентилятор.

Для защиты от шума по СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 и вибрации по СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96 предусматривается при проектировании вентиляционной системы следует учитывать параметры вибрации и шума, создаваемые вентиляторами. В случае, когда величина вибрации и шума на рабочих местах превышает нормативные, следует применять глушители, гибкие вставки, амортизаторы и т.д. Уровень шума, создаваемый вентиляционной системой на рабочих местах, должен соответствовать ГОСТ 12.1.003-83.

Предельно допустимые уровни шума (ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ). Шум (Общие требования безопасности), для некоторых рабочих мест приведены в таблице 10, а допустимые уровни виброскорости (ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ). Вибрационная безопасность.(Общие требования) – в таблице 11.

Таблица 11 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Экв. уровни звука (Дб)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторские бюро, программисты, лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Таблица 12 – Гигиенические нормы уровней виброскорости

Вид вибрации	Допустимый уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
В служебных помещениях, конструкторских бюро, лабораториях	–	91	82	76	75	75	75	–	–	–	–

7.1.6 Статическое электричество

Суть электризации заключается в том, что нейтральные тела, не проявляющие в нормальном состоянии электрических свойств, в условиях отрицательного контакта или взаимодействия становятся электростатически заряженными.

Опасность возникновения статического электричества проявляется в возможности образования электрической искры и вредном воздействии его на организм человека, причем не только при непосредственном контакте с зарядом, но и за счет действия электрического поля, возникающем при заряженном теле.

Для защиты от статического электричества компьютерная и орг. техника в помещении заземлена, а также ежедневно в помещении проводится влажная уборка.

7.1.7 Электробезопасность

Рассматриваемая лаборатория не имеет характеристик, свойственных особо опасным помещениям в части поражения электрическим током. Необходимо применение основных коллективных способов и средств электрозащиты: изоляция проводов и её непрерывный контроль; предупредительная сигнализация и блокировка; использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов; защитное заземление и защитное отключение.

Также, используются индивидуальные электрозащитные средства. В установках до 1000 В используются диэлектрические перчатки, указатели напряжения, диэлектрические коврики и боты, изолирующие подставки, а также инструмент с изолированными рукоятками.

Современная система электробезопасности обеспечивает защиту от поражения в двух наиболее вероятных и опасных случаях:

- при прямом прикосновении к токоведущим частям электрооборудования;
- при косвенном прикосновении;

Под косвенным прикосновением понимается прикосновение человека к открытым проводящим частям оборудования, на которых в нормальном режиме (исправном состоянии) электроустановки отсутствует электрический потенциал, но при каких-либо неисправностях, вызвавших нарушение изоляции или ее пробой на корпус, на этих частях возможно появление опасного для жизни человека потенциала.

Для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям, согласно п.412. служат изоляция токоведущих частей, применение ограждений и

оболочек, установка барьеров, размещение вне зоны досягаемости, устройства защитного отключения (УЗО).

Для защиты от косвенного прикосновения применяются: УЗО и защитное зануление п.413.

Даже если при поражении электрическим током работающий внешне сохранил формат нормального самочувствия, он должен быть осмотрен врачом с заключением о состоянии здоровья, т.е. пострадавшему должна быть обеспечена скорая медицинская помощь. Предварительно пострадавший должен быть освобожден от действия электрического тока. Если при этом отключить напряжение быстро невозможно, освобождение от электричества пострадавшего необходимо производить, изолировав себя диэлектрическими перчатками или галошами. При необходимости перерезать провода (каждый в отдельности) инструментом с изолированными ручками. Если есть необходимость (при потере сознания, остановке сердца и т.п.) оказания первой помощи, то до прибытия медработника необходимо начать делать: наружный массаж сердца, искусственное дыхание.

7.1.8 Пожарная и взрывная безопасность

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящего материальный ущерб. Согласно ГОСТ 12.1.033-81 понятие пожарная безопасность означает состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей.

Офисное помещение по степени пожароопасности относится к классу П-2а, так как в нем отсутствует выделение пыли и волокон во взвешенном состоянии.

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

а) халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

б) самовоспламенение и самовозгорание веществ.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения пожаров в офисном помещении проводятся следующие мероприятия:

а) сотрудники проходят противопожарный инструктаж;

б) сотрудники знают расположение средств пожаротушения и умеют ими пользоваться;

в) обеспечивается правильный тепловой и электрический режим работы компьютерной и орг. техники;

г) пожарный инвентарь и первичные средства пожаротушения содержатся в исправном состоянии и находятся на видном и легко доступном месте.

7.1.9. Предотвращение ЧС и устранение их последствий

Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации в лаборатории: возникновение пожара и электропоражение.

Основными причинами пожара могут быть: перегрузка проводов, короткое замыкание, большие переходные сопротивления в электрических цепях, электрическая дуга, искрение и неисправности оборудования.

Пожарная профилактика обеспечивается: системой предотвращения пожара; системой противопожарной защиты; организационно - техническими мероприятиями. К мерам предотвращения пожара относятся: применение средств защитного отключения возможных источников загорания (защитного зануления); применение искробезопасного оборудования; применение устройства молниезащиты здания; выполнение правил (инструкций) по пожарной безопасности.

К мерам противопожарной защиты относятся: применение пожарных извещателей; средств коллективной и индивидуальной защиты от факторов пожара; системы автоматической пожарной сигнализации; порошковых или углекислотных огнетушителей, два ящика с песком 0,5 м³.

Организационно-технические мероприятия: наглядная агитация и инструктаж работающих по пожарной безопасности; разработка схемы действия администрации и работающих в случае пожара и организация эвакуации людей; организация внештатной пожарной дружины.

При обнаружении загорания рабочий немедленно сообщает по телефону 01 в пожарную охрану, сообщает руководителю, приступают к эвакуации людей и материальных ценностей. Тушение пожара организуется первичными средствами с момента обнаружения пожара. Пострадавшим при пожаре обеспечивается скорая медицинская помощь.

Современная система электробезопасности обеспечивает защиту от поражения в двух наиболее вероятных и опасных случаях:

- при прямом прикосновении к токоведущим частям электрооборудования;
- при косвенном прикосновении.

Под косвенным прикосновением понимается прикосновение человека к открытым проводящим частям оборудования, на которых в нормальном режиме (исправном состоянии) электроустановки отсутствует электрический потенциал, но при каких-либо неисправностях, вызвавших нарушение изоляции или ее пробой на корпус, на этих частях возможно появление опасного для жизни человека потенциала.

Для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям, согласно п.412. служат изоляция токоведущих частей, применение ограждений и оболочек, установка барьеров, размещение вне зоны досягаемости, устройства защитного отключения (УЗО).

Для защиты от косвенного прикосновения применяются: защитное заземление и защитное зануление.

Даже если при электропоражении работающий внешне сохранил формат нормального самочувствия, он должен быть осмотрен врачом с заключением о состоянии здоровья, т.е. пострадавшему должна быть обеспечена скорая медицинская помощь. Предварительно пострадавший должен быть освобожден от действия электрического тока. Если при этом отключить напряжение быстро невозможно, освобождение от электричества пострадавшего необходимо производить, изолировав себя диэлектрическими перчатками или галошами. При необходимости перерезать провода (каждый в отдельности) инструментом с изолированными ручками. Если есть необходимость (при потере сознания, остановке сердца и т.п.) оказания первой помощи, то до прибытия медработника необходимо начать делать: наружный массаж сердца, искусственное дыхание.

7.1.10 Экологическая безопасность (защита окружающей среды)

Работа в лаборатории сопряжена с образованием и выделением газообразных, жидких и твердых отходов.

Газообразные отходы, загрязняющие воздух помещения: естественные выделения - углекислый газ, пары воды, летучие органические соединения - ЛОС (альдегиды, кетоны), азотистые соединения и др. органов дыхания человека; бытовая пыль; ЛОС, выделяющиеся в процессе эксплуатации отделочных материалов, лакокрасочных покрытий мебели и др. Перед выбросом воздух помещений подвергается обязательной очистке в фильтровентиляционных системах, что предотвращает атмосферу от загрязнения. Жидкие отходы - бытовые отходы, образующиеся в процессах влажной уборки помещений, при пользовании водопроводом, туалетом и т.п., сбрасываются в городскую канализацию и далее поступают в системы централизованной очистки на городских очистных сооружениях.

При обращении с твердыми отходами: бытовой мусор (отходы бумаги, отработанные специальные ткани для протирки офисного оборудования и экранов мониторов, пищевые отходы); отработанные люминесцентные лампы; офисная техника, комплектующие и запчасти, утратившие в результате износа потребительские свойства – надлежит руководствоваться Постановлением Администрации г. Томска от 11.11.2009 г. №1110 (с изменениями от 24.12.2014) [7]: бытовой мусор после предварительной сортировки складировать в специальные контейнеры для бытового мусора (затем специализированные службы вывозят мусор на городскую свалку); утратившее потребительские свойства офисное оборудование передают специальным службам (предприятиям) для сортировки, вторичного использования или складирования на городских мусорных полигонах. Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681 [6]. Люминесцентные лампы, применяемые для искусственного освещения, являются ртутьсодержащими и относятся к 1 классу опасности. Ртуть люминесцентных ламп способна к активной воздушной и водной миграции. Интоксикация возможна только в случае разгерметизации колбы, поэтому основным требованием экологической безопасности является сохранность целостности отработанных ртутьсодержащих ламп. Отработанные газоразрядные лампы помещают в защитную упаковку, предотвращающую повреждение стеклянной колбы, и передают специализированной организации для обезвреживания и переработки. В случае боя ртутьсодержащих ламп осколки собирают щеткой или скребком в герметичный металлический контейнер с плотно закрывающейся крышкой, заполненный раствором марганцевокислого калия. Поверхности, загрязненные боем лампы, необходимо обработать раствором марганцевокислого калия и смыть водой. Контейнер и его внутренняя поверхность должны быть изготовлены из неадсорбирующего ртуть материала (винипласта).

К сфере защиты ОС и рационального использования природных ресурсов относится и экономия ресурсов, в частности, энергетических. Реальным вкладом здесь может стать экономия электрической и тепловой энергии на территории предприятия. Во-первых, это улучшает экономические показатели деятельности предприятия (уменьшение расходов на электротепловую энергию). Во-вторых, экономия энергии означает уменьшение газа, мазута, угля, сжигаемого в топках котлов ТЭС и электроустановок (котельных) промпредприятий города Томска и области и одновременное уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Несмотря на кажущуюся малость вклада в энергосбережение и в защиту атмосферного воздуха от загрязнения массовое движение в этом направлении, в том числе, в быту, принесет значимый эффект.

В последние годы во всем мире все с большей силой поднимается вопрос об охране окружающей среды. Увеличение содержания углекислого газа в атмосфере, истощение озонового слоя и прочие загрязнения природы приводят к тому, что в природе изменяется привычный для данного периода ход вещей. Для примера – увеличивается средняя годовая температура окружающей среды, что приводит к глобальным изменениям климата, а в последствии и ландшафта поверхности Земли.

При выполнении ВКР никакого ущерба окружающей среде не было нанесено.

Заключение

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка системы управления вентиляторной установки.

В данной работе были исследованы методы реализации алгоритмов управления вентиляционной системы на программируемом логическом контроллере. Помимо этого, были разработаны алгоритмы управления и методы подключения и настройки исполнительного и измерительного оборудования, а также панель управления и настройки системы вентиляции.

Основным результатом работы является тот факт, что теперь прототип вентиляционной системы, разработанной для НПО-ВЭСТ, можно поставить на любой контроллер, поддерживаемый CoDeSyS.

Здесь же стоит отметить, что реализация на реальных объектах происходит путем отключения всех параметров от математической модели динамики объекта и переключения их на аналоговые и цифровые входа и выхода ПЛК. К таким параметрам, в частности, относятся температуры (внешняя, приточки, обратная), коэффициент смешения и все виды аварий. По результатам работы был выбран ОВЕН ПЛК 150, как наиболее подходящий по всем необходимым характеристикам, прежде все таким как: количество дискретных и цифровых входов и выходов, номинальной мощности, степени защиты, интерфейсу связи и цене.

Помимо этого, было обосновано использование ПЛК в ходе данной работы, сделан обзор существующих систем управления, была выбрана наиболее подходящая программная среда для данной задачи. Была показана техническая реализация, как в среде CoDeSyS, так и на реальных контроллерах, расписаны используемые цепи и блоки.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» ВКР были рассмотрены вопросы по организации работ технического проекта, был проведен SWOT – анализ, разработан график проведения проектирования для каждого из участников проекта. На его основе

планировалась ожидаемая длительность работ. Также в данном разделе составили смету затрат на техническое проектирование.

В разделе «Социальной ответственности» были рассмотрены такие вопросы, как анализ опасных и вредных производственных факторов (производственная санитария), гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий, шум и вибрация, поражение электрическим током, статическое электричество и пожарная безопасность.

Список используемой литературы

1. Компания «ОВЕН» Документация по CoDeSyS. [электронный ресурс]. http://www.owen.ru/catalog/codesys_v2/51162335 (дата 08.03.17).
2. Компания «ОВЕН» ПИД – регулятор. Общие принципы. [электронный ресурс]. <http://www.owen.ru/41523665> (дата 17.03.17).
3. Название сайта «Электронная библиотека» Классификация систем управления. [электронный ресурс]. http://libraryno.ru/1-2-klassifikaciya-sistem-upravleniya-upr_sys/ (дата 10.04.17).
4. Название сайта «Сайт паяльник» Программируемые логические контроллеры. [электронный ресурс]. <http://cxem.net/promelectr/promelectr5.php> (дата 25.04.17).
5. Название сайта «PLC – это просто!» Полезные функции ОВЕН ПЛК. [электронный ресурс]. <http://plc24.ru/struktura-chastotnogo-preobrazovatel/> (дата 25.04.17)
6. Компания «ОВЕН» Параметры ПИД – регулирования. [электронный ресурс]. <http://www.owen.ru/37081875> (дата 25.04.17)
7. Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009, №1116 (с изменениями от 24.12.2014) “Об организации сбора, вывоза, утилизации и переработки бытовых и промышленных отходов на территории муниципального образования "Город Томск".”
8. Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681 “Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств.”
9. ГОСТ 12.1.004-91, СС5Т “Пожарная безопасность. Общие требования.”
10. ГОСТ Р 50571.3-94 “Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защиты от поражения электрическим током.”
11. Майсак О. С. SWOT-анализ: объект, факторы, стратегии. Проблема поиска связей между факторами // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. — 2013. — № 1 (21). — С. 151—157
12. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев,

Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. –
Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с