

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики
Кафедра автоматики и компьютерных систем
Направление 27.03.04 «Управление в технических системах»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Разработка САУ гидравлического объекта на базе контроллера Simatic S7-400	
УДК 681.5.01:004.31:621.22.001.2	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8A21	Гурьев Андрей Андреевич		04.06.16

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Суходоев М.С.	к.т.н.		04.06.16

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. Менеджмента	Николаенко В.С.	—		04.06.16

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Антоневич О.А.	к.б.н.		04.06.16

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Фадеев А. С.	к.т.н.		04.06.16

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики
 Кафедра автоматизации и компьютерных систем
 Направление 220400 «Управление в технических системах»

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой АиКС ИК
 _____ Цапко Г.П.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8А21	Гурьеву Андрею Андреевичу

Тема работы:

Разработка САУ гидравлического объекта на базе контроллера Simatic S7-400	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1084/с от 5.03.2014 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	- Программируемый контроллер SIMATIC S7 – 400; - Гидравлический стенд; - Программный пакет STEP7; - Интернет-публикации и литература
Перечень подлежащих проектированию и разработке вопросов	Введение; 1. Управление гидравлическим объектом; 2. Кратки обзор систем автоматизации; 3. Обзор микроконтроллера Siemens S7–400; 4. Программирование систем автоматизации в SIMATIC S7; 5. Разработка программного обеспечения для управления гидравлическим объектом на языке FBD; 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 7. Социальная ответственность Заключение Литература
Перечень графического материала	Слайд 1. Тема работы. Слайд 2. Цель работы. Актуальность. Слайд 3. Задачи. Слайд 4. Функциональная схема системы управления. Слайд 5. Структурная схема системы управления. Слайд 6. Анализ ПИД-регулирования.

	Слайд 7. Обзор микроконтроллера Siemens S7–400. Слайд 8. Конфигурирование аппаратных средств. Слайд 9. Интерфейс настройки связи с контроллером. Слайд 10. Схема внешних соединений. Слайд 11. Монтаж внешних соединений. Слайд 12. Таблица символов. Слайд 13. Реализованная программа (1). Слайд 14. Реализованная программа (2). Слайд 15. Заключение. Слайд 16. Видео демонстрация ОУ.
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы:

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Николаенко В.С.
Социальная ответственность	Антоневич О.А.

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Суходоев М.С.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8А21	Гурьев Андрей Андреевич		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики
Кафедра автоматики и компьютерных систем
Направление 220400 «Управление в технических системах»
Уровень образования – бакалавр
Период выполнения – осенний/весенний семестр 2013/2014 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2016 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2016 г.	Основная часть	75
20.05.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
20.05.2016 г.	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Суходоев М.С.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Фадеев А.С.	К.Т.Н.		

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8A21	Гурьеву Андрею Андреевичу

Институт	ИК	Кафедра	АиКС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	27.03.04 «Управление в технических системах»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос, наблюдение.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализ: планирование комплекса работ.
2. Планирование проведения и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры и трудоёмкости работ в рамках НИИ, разработка графика проведения НИИ, планирование бюджета НИИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального финансового показателя, интегрального показателя ресурсоэффективности для всех видов исполнения НИИ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Линейный график работ по реализации проекта
2. Альтернативы проведения НИ
3. Количественная оценка признаков ВКР
4. Оценка уровня научно-технического эффекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. Менеджмента	Николаенко В.С.	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8A21	Гурьев Андрей Андреевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8A21	Гурьеву Андрею Андреевичу

Институт	Кибернетики	Кафедра	АиКС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	27.03.04 «Управление в технических системах»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

В выпускной квалификационной работе разрабатывается лабораторный комплекс на базе промышленного микропроцессорного контроллера «КРОСС».

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты;
- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);
- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

Анализ выявленных вредных факторов:

- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- повышенная напряжённость электрического поля;
- повышенная или пониженная влажность воздуха;
- повышенный уровень шума.

Анализ выявленных опасных факторов:

- электрический ток (источником является ПК).
- Законодательные и нормативные документы: СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03; СанПиН 2.2.4.548 – 96; СП 52.13330.2011; СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96; ГОСТ 12.1.003-83; ГОСТ 12.1.019-85.

2. Экологическая безопасность:

- защита селитебной зоны
- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);
- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);
- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);
- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.

При выполнении работы влияние на атмосферу и гидросферу не происходит. Воздействие на литосферу – образование отходов при печати документов; – образование отходов при замене устаревшего или неисправного оборудования

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	В аудиторном помещении возможно ЧС техногенного характера – пожар (возгорание).
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Антоневич О.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8А21	Гурьев Андрей Андреевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 81 с., 8 глав, 26 рис., 18 табл., 25 ист., 2 прил., 16 слайдов.

Ключевые слова: ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ, МИКРОКОНТРОЛЛЕР, УПРАВЛЕНИЕ, ПРОГРАММИРОВАНИЕ, FBD, SIEMENS, SIMATIC STEP7, РЕГУЛИРОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПАРАМЕТР.

Объектом исследования является программный пакет для программирования микроконтроллера Siemens S7-400 - Simatic Step7.

Цель работы – реализация управления гидравлическим объектом с использованием микроконтроллера Siemens S7-400 на языке программирования FBD в среде программирования Simatic Step7.

Методы проведения работы: методы сбора и анализа информации, методы программирования.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были получены навыки работы с микроконтроллером Siemens S7-400, программной среды Simatic Step7 и программирования на языке FBD.

Результат выпускной квалификационной работы – программа управления гидравлическим объектом с помощью микроконтроллера Siemens S7-400 на языке программирования FBD в среде программирования Simatic Step7. Разработанная программа может быть использована в качестве примера управления технологическим параметром с помощью микроконтроллера Siemens S7-400 в рамках лабораторных работ курса «Автоматизированные информационные управляющие системы» для студентов, обучающихся по направлению 27.03.04 «Управление в технических системах».

Содержание

Введение	11
1. Управление гидравлическим объектом	12
1.1. Обзорная глава. Актуальность вопроса	12
1.2. Гидравлический объект	13
2. Краткий обзор систем автоматизации	14
2.1. Анализ современных средств автоматизации	14
2.1.1. Общие сведения о микроконтроллерах	14
2.1.2. Промышленные микроконтроллеры, применяемые в АСУ ТП	17
2.2. Коммуникационные сети	19
3. Обзор микроконтроллера Siemens S7-400	23
3.1. Общие сведения о микроконтроллерах Siemens S7	23
3.2. Структура микроконтроллера Siemens S7-400	25
3.3. Технические данные Siemens S7-400	26
4. Программирование систем автоматизации в SIMATIC S7	27
4.1. Обработка программы	27
4.2. Блоки	28
4.3. Языки программирования	31
4.4. Переменные, константы, типы данных в STEP7	34
5. Разработка программного обеспечения для управления гидравлическим объектом на языке FBD	36
5.1. Определение этапов проектирования системы автоматического управления гидравлическим объектом	36
5.2. Анализ существующих законов регулирования	37
5.2. Настройка инструментальной среды SIMATIC STEP7	39
5.2.1. Создание проекта в SIMATIC Manager	39
5.2.2. Конфигурирование аппаратных средств	44
5.2.3. Настройка связи с контроллером	47
5.3. Разработка управляющей программы на языке FBD	49

7. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ	52
7.1 Планирование комплекса работ	52
7.2.1 Материальные затраты	59
7.2.2 Затраты на оплату труда	59
7.2.3 Отчисления во внебюджетные фонды	61
7.2.4 Амортизация основных фондов	62
7.2.5 Прочие расходы	62
7.2.6 Себестоимость ВКР	63
7.2.7 Прибыль	63
7.2.8 Общая стоимость ВКР	63
8. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	64
8.1.1 Опасность поражения электрическим током	65
8.1.2 Параметры микроклимата в помещениях	67
8.1.3 Недостаток освещения рабочей зоны	68
8.1.4 Повышенное электромагнитное излучение	70
8.1.5 Ионизирующее излучение от дисплея на ЭЛТ компьютера	71
8.1.6 Повышенный уровень шума	72
8.2 Пожарная безопасность	73
8.2.1 Оценка пожарной безопасности помещения	73
8.2.2 Анализ возможных причин загорания	74
8.2.3 Мероприятия по устранению и предупреждению пожаров	75
8.3 Экологическая безопасность	76
Заключение	78
Conclusion	79
Список литературы	80
Приложение А	82
Приложение В	86

Введение

В настоящее время, развитие автоматизации во всех областях производственной деятельности направлено на постепенное увеличение доли машин и агрегатов, связанных с одной или несколькими взаимосвязанными САУ. Основой любой системы автоматического управления являются информационные процессы, неразрывно идущие со сбором информации, ее первичной обработкой, передачей на разные уровни системы, хранением, распределением и отображением, а также выполнением команд управления. Исследование тонкостей работы современных систем управления технологическими процессами в производственной сфере играет важную роль в освоении автоматизации производства.

Задача управления гидравлическим объектом, на сегодняшний день, является одной из актуальных проблем в сфере промышленной автоматизации. Возможность точного регулирования технологического параметра процесса на производстве обуславливает правильность и безопасность его протекания. Использование современных средств автоматизации позволяет упростить задачу управления гидравлическим объектом и обеспечить необходимую надежность.

На основании изложенного можно сформулировать следующую цель и задачи:

Целью дипломной работы является изучение и анализ программного обеспечения автоматизации производственных процессов компании Siemens, изучение методики проектирования и программирования систем автоматизации технологических процессов с использованием микроконтроллера Siemens S7-400, языка программирования FBD и среды Simatic Step7 на базе управления гидравлическим объектом.

Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующие задачи:

1. Изучить параметры гидравлического объекта, принцип его работы;
2. Изучить техническую документацию по эксплуатации микроконтроллера Siemens S7-400;
3. Изучить и понять процесс разработки и отладки программ в среде Simatic Step7;
4. Изучить язык программирования FBD и реализовать ПД-регулятор для управления гидравлического объектом на этом языке;
5. Изучить процесс конфигурирования сети для загрузки программы в контроллер;
6. Проанализировать работу программы регулирования уровня гидравлического объекта.

Для решения поставленных в работе задач использовались методы курса теории автоматического управления, автоматизированных информационных управляющих систем и локальных систем автоматического управления.

1. Управление гидравлическим объектом

1.1. Обзорная глава. Актуальность вопроса

Автоматизация играет решающую роль при организации промышленного производства по принципу: выпуск заданного количества продукции при минимуме материальных затрат и затрат ручного труда. Во многих отраслях современной промышленности экономичная и безопасная работа с высокой производительностью технологических процессов диктует необходимость использования современных методов и приборов измерения, которые следят за состоянием оборудования и ходом процессов. Одной из таких задач является контроль за уровнем и расходом жидкостей. В химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем производствах, в пищевой промышленности, в производстве строительных материалов, в системах экологического мониторинга и во многих других отраслях измерение уровня жидкостей — один из ключевых моментов.

Однако механизация (даже полная) круглосуточно работающего оборудования не избавляет человека от утомительного и однообразного труда по управлению основными и вспомогательными установками измерения уровня, а что самое главное не гарантирует их надежной и экономичной работы даже при высокой квалификации эксплуатационного персонала. Это обусловило большое развитие автоматизации в современной химической промышленности [1].

Управление гидравлическими объектами — одна из задач инженеров по АСУ ТП, занимающихся автоматизацией технологических процессов в современном химическом производстве, а также других отраслях — металлургической и т.п.

1.2. Гидравлический объект

Гидравлический объект [2] (например, паровой котел, бойлер, емкость с химикатом и др.) является объектом регулирования, где уровень – основной регулируемый технологический параметр.

В промышленности, зачастую, гидравлические объекты имеют сложную структуру и большое количество технологических параметров, которые необходимо регулировать. Все это усложняет разработку системы автоматического управления, а также требуют более дорогие средства регулирования, рассчитанные на одновременную обработку большого числа поступающих технологических параметров и обеспечивающих надлежащее быстродействие всей системы.

В дипломном проекте я использую упрощенную модель гидравлического объекта лишь с одним регулируемым параметром – уровень. Такой подход имеет ряд преимуществ, таких как низкая стоимость и простота изготовления гидравлического объекта, простота отладки, модернизации, замены компонентов и, вместе с тем, достаточная приближенность к реальным гидравлическим объектам. Данный подход позволяет отлаживать процесс регулирования гидравлического объекта без опасности для изучающего (реальный гидравлический объект требует соответствующей квалификации обслуживающего персонала и выполнение техники безопасности при работе с объектом).

Гидравлический стенд состоит из трех емкостей E1, E2, E3 и блока управления.

E1 – напорная емкость. Водопроводная вода в нее первоначально заливается через верхнюю горловину, а в последующем процессе работы закачивается насосом, находящимся в E3.

В емкости имеется переливная труба и выходной штуцер, к которому можно шлангом подсоединить МЭО (механизм электрический однооборотный). МЭО управляется от панели дистанционного управления (ПДУ) или от контроллера.

E2 – емкость с аналоговым датчиком уровня. При заполнении водой зазора между электродами, питающимися от внешнего источника стабилизированного напряжения, меняется ток, что воспринимается контроллером, как изменение уровня.

В емкости E2 имеется переливная труба и сливной патрубок, соединенный с E3 через вентиль В1 мембранного типа, служащий для внесения возмущений в систему, путем изменения слива из E2 в E3.

ЕЗ – емкость с дискретным датчиком уровня на базе реле уровня РОС-301 и насосом от омывателя автомобиля. Датчик РОС-301 находится в блоке управления, где также имеется кнопка и тумблер для перехода на дистанционное управление.

Роль контроллера в системе выполняет регулирующий микроконтроллер Siemens S7-400.

2. Краткий обзор систем автоматизации

2.1. Анализ современных средств автоматизации

2.1.1. Общие сведения о микроконтроллерах

С появлением однокристальных микро-ЭВМ связывают начало эры массового применения компьютерной автоматизации в области управления. По-видимому, это обстоятельство и определило термин «контроллер» (от англ. controller — регулятор, управляющее устройство). В связи со спадом отечественного производства и возросшим импортом техники, в том числе вычислительной, термин «микроконтроллер» (МК) вытеснил из употребления ранее использовавшийся термин «однокристальная микро-ЭВМ».

В настоящее время существует большой ряд компаний, специализирующихся на выпуске промышленных микроконтроллеров. Наибольшей популярностью пользуются микроконтроллеры фирм Siemens, ICP-DAS, Segnetics, Rockwell Automation, Omron, Beckhoff, Schneider Electric. История большинства компаний начиналась с разработки и производства компонентов, которое впоследствии приводило к созданию промышленных микроконтроллеров, обладающих широким функционалом. Существуют различные по архитектуре микроконтроллеры, с различными характеристиками и возможностями.

Среди современных микроконтроллеров распространены две архитектуры RISC и ARM.

RISC (англ. restricted (reduced) instruction set computer — компьютер с сокращённым набором команд) — архитектура процессора, в которой быстродействие увеличивается за счёт упрощения инструкций, чтобы их декодирование было более простым, а время выполнения — меньшим. Первые RISC-процессоры даже не имели инструкций умножения и деления. Это также облегчает повышение тактовой частоты и делает более эффективной суперскалярность (распараллеливание инструкций между несколькими исполнительными блоками).

В первых архитектурах, причисляемых к RISC, большинство инструкций для упрощения декодирования имеют одинаковую длину и похожую структуру, арифметические операции работают только с регистрами, а работа с памятью идёт через отдельные инструкции загрузки (load) и сохранения (store). Эти свойства позволили лучше сбалансировать этапы конвейеризации, сделав конвейеры в RISC значительно более эффективными и позволив поднять тактовую частоту. Вследствие отличного быстродействия, данная архитектура широко применяется для производства промышленных микроконтроллеров. Наиболее распространенными считаются микроконтроллеры семейств PIC и AVR.

PIC — микроконтроллеры Гарвардской архитектуры, производимые американской компанией Microchip Technology Inc. Название PIC является сокращением от Peripheral Interface Controller, что означает «Периферийный Интерфейсный Контроллер». Название объясняется тем, что изначально PIC предназначались для расширения возможностей ввода-вывода 16-битных микропроцессоров CP1600.

Номенклатура Microchip Technology Inc. содержит широкий спектр 8-и, 16-и и 32-битных микроконтроллеров и цифровых сигнальных контроллеров под маркой PIC. Отличительная особенность PIC-контроллеров заключается в хорошей преемственности различных семейств. Включает в себя, такие как программная совместимость (единая бесплатная среда разработки MPLAB IDE), а также совместимость по выводам, по периферии, по напряжениям питания, по средствам разработки, по библиотекам и стекам наиболее популярных коммуникационных протоколов. Номенклатура содержит свыше пятисот всевозможных контроллеров с различными вариациями периферии, памяти, количеством выводов, производительностью, диапазонами питания и температуры и т. д.

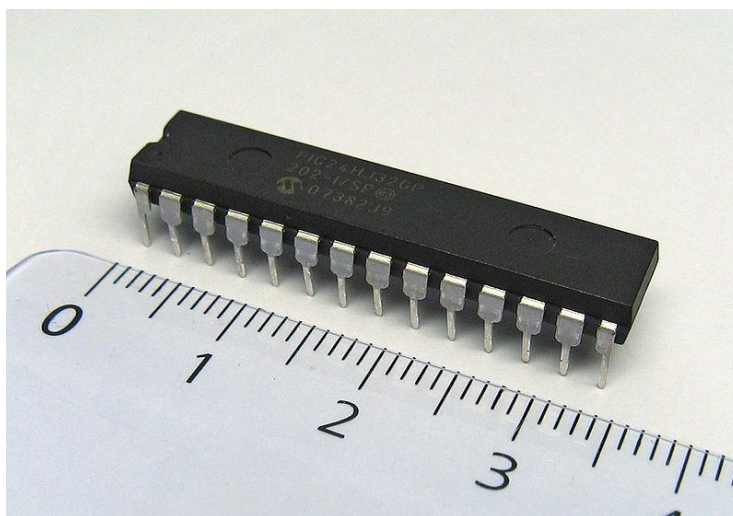


Рисунок 2.1 – 16-битный микроконтроллер PIC

AVR — семейство восьмибитных микроконтроллеров фирмы Atmel.

Микроконтроллеры AVR имеют гарвардскую архитектуру (программа и данные находятся в разных адресных пространствах) и систему команд, близкую к идеологии RISC. Процессор AVR имеет 32 8-битных регистра общего назначения, объединённых в регистровый файл.

Система команд микроконтроллеров AVR весьма развита и насчитывает в различных моделях от 90 до 133 различных инструкций.

Микроконтроллеры AVR имеют следующие особенности:

- 1) Большинство команд занимает только 1 ячейку памяти (16 бит).
- 2) Большинство команд выполняется за 1 такт.
- 3) Управление периферийными устройствами осуществляется через адресное пространство данных.



Рисунок 2.2 – Микроконтроллер ATMEGA128 семейства AVR

Архитектура ARM (Advanced RISC Machine, Acorn RISC Machine, усовершенствованная RISC-машина) — семейство лицензируемых 32-битных и 64-битных микропроцессорных ядер разработки компании ARM Limited. Компания занимается исключительно разработкой ядер и инструментов для них (компиляторы, средства отладки и т. п.).

Данная архитектура обладает всеми преимуществами RISC, а также более широкими возможностями. Основная особенность данной архитектуры – низкое энергопотребление.

Кроме архитектуры ARM существует еще одна архитектура – CISC (англ. Complex instruction set computing, или англ. complex instruction set computer — компьютер с полным

набором команд), применяемая для производства микропроцессоров, обладающих более широким функционалом, но гораздо меньшей производительностью и более высоким энергопотреблением. Поэтому для производства микроконтроллеров используют RISC или ARM архитектуру, что обеспечивает высокое быстродействие микроконтроллеров – один из наиболее важных параметров.

Несмотря на все преимущества архитектуры RISC, у нее есть и один важный недостаток – сокращенный набор команд. Однако эта проблема решается совмещением RISC и CISC архитектуры. Это дает возможность обеспечить широкий функционал с практически всеми преимуществами RISC архитектуры.

2.1.2. Промышленные микроконтроллеры, применяемые в АСУ ТП

Для автоматизации сложных технических систем на производстве, технологических процессов с большим количеством регулируемых параметров – используются модульные микроконтроллеры, обеспечивающие высокое быстродействие, большие возможности для управления и, как правило, имеющие собственные программные пакеты для составления программ на языках программирования микроконтроллеров.

Контроллеры Siemens

Программируемые контроллеры компании Siemens - SIMATIC S7 обычно используются для конфигурирования относительно простых систем автоматического управления, заметным отличием которых являются минимальные затраты на аппаратную составляющую и проектирование систем. Контроллеры способны работать в режиме реального времени, и часто используются для построения систем на локальном уровне автоматизации, а также поддерживают сети Industrial Ethernet, PROFIBUS-DP, MPI, AS-Interface, MPI, PPI, MODBUS, а также через модемы.

Характерные показатели для данных контроллеров:

- 1) Удобное написание программ на языках стандарта МЭК 61131-3 STL, LAD и FBD.
- 2) Высокое быстродействие.
- 3) Наличие конфигурируемых перманентных областей памяти для необслуживаемого сохранения данных при перебоях в питании контроллера.

- 4) 3-уровневая парольная защита программы пользователя.
- 5) Нарастивание количества обслуживаемых входов и выходов за счет использования модулей расширения и/или систем распределенного ввода-вывода на основе AS-Interface.
- 6) Универсальность встроенного интерфейса центральных процессоров: поддержка протоколов PPI/ MPI/ USS/ MODBUS, свободно программируемый порт.
- 7) Наличие съемных терминальных блоков для подключения внешних цепей, упрощающих выполнение операций монтажа и замены вышедших из строя модулей.
- 8) Поддержка обработки рецептурных данных.
- 9) Использование картриджа памяти для регистрации данных и сохранения электронных версий технической документации.
- 10) Возможность редактирования программы без перевода центрального процессора в режим STOP.
- 11) Использование страничной адресации блоков данных.



Рисунок 2.4 – Микроконтроллер Siemens S7-300

2.2. Коммуникационные сети

Физическое соединение элементов АСУ ТП может быть выполнено различными способами и средствами. При проектировании информационной сети следует обратить внимание на тип кабеля. Основные критерии при выборе кабеля – цена, пропускная способность и помехозащищенность.

В настоящее время, существует большое количество типов кабелей, используемых для построения линий связи. Несмотря на это, следует четко определить требования к параметрам коммуникаций при проектировании АСУ ТП, что обеспечит высокую эффективность использования бюджета и корректную работу технической системы.

Существуют следующие наиболее распространенные типы кабелей для построения линий связи в информационных технических системах:

№	Тип кабеля	Описание	Технические характеристики
1	Витая пара	Вид кабеля связи представляет собой одну или несколько пар изолированных проводников, скрученных между собой (с небольшим числом витков на единицу длины), для уменьшения взаимных наводок при передаче сигнала, и покрытых пластиковой оболочкой. Один из компонентов современных структурированных кабельных систем. Используется в телекоммуникациях и в компьютерных сетях в качестве сетевого носителя во многих технологиях, таких как Ethernet, ARCNet и Token ring. В настоящее время, благодаря своей дешевизне и лёгкости в установке, является самым распространённым для построения локальных сетей.	Максимальная длина сегмента – 100 метров. Максимальная скорость передачи данных – до 600 Мбит/с. Обеспечивает защиту от электромагнитных, внешних и внутренних наводок. Имеется защита от излишнего растяжения и изгиба в виде дренажной жилы. Плохо устойчив к механическим воздействиям.
2	Коаксиальный	Электрический кабель, состоящий	Максимальная длина

	кабель	из медной жилы, изоляции, ее окружающей, экрана в виде металлической оплетки и внешней оболочки. Если кабель, кроме металлической оплетки, имеет и слой фольги, он называется кабелем с двойной экранизацией. При наличии сильных помех можно воспользоваться кабелем с учетверенной экранизацией. Он состоит из двойного слоя фольги и двойного слоя металлической оплетки. Некоторые типы коаксиальных кабелей покрывает металлическая сетка - экран. Он защищает передаваемые по кабелю данные, поглощая внешние электромагнитные сигналы, называемые помехами или шумом. Таким образом, экран не позволяет помехам исказить данные.	сегмента – 500 метров. Максимальная скорость передачи данных – 10 Мбит/с. Обеспечивает защиту от электромагнитных и внешних наводок. Устойчив к механическим воздействиям.
3	Оптоволоконный кабель	Оптоволоконный кабель предназначен для передачи больших объемов данных на высоких скоростях. В оптоволоконном кабеле цифровые данные передаются по оптическим волокнам в виде световых модулированных импульсов. Это позволяет прокладывать оптоволоконные линии связи без регенерации сигналов на дистанции, достигающие 120 км, что невозможно осуществить с помощью любых других известных на	Максимальная длина сегмента – 120 километров. Максимальная скорость передачи данных – 40 Гбит/с по одному каналу. Обеспечивает полную защищенность от электромагнитных и внешних помех. Не устойчив к

		сегодняшний день технологий прокладывания линий связи.	механическим, температурным воздействиям.
--	--	--	---

Таблица 2.1 – Типы кабелей связи

Другим не менее важным параметром в коммуникационном обеспечении АСУ ТП является используемый интерфейс передачи данных. Существует несколько наиболее распространенных интерфейсов для передачи данных в АСУ ТП:

№	Протокол	Описание
1	MPI	Message Passing Interface (MPI, интерфейс передачи сообщений) - программный интерфейс (API) для передачи информации, который позволяет обмениваться сообщениями между процессами, выполняющими одну задачу. Разработан Уильямом Гроуппом, Эвином Ласком и другими. MPI является наиболее распространённым стандартом интерфейса обмена данными в параллельном программировании, существуют его реализации для большого числа компьютерных платформ. Используется при разработке программ для кластеров и суперкомпьютеров. Основным средством коммуникации между процессами в MPI является передача сообщений друг другу. В стандарте MPI описан интерфейс передачи сообщений, который должен поддерживаться как на платформе, так и в приложениях пользователя. В настоящее время существует большое количество бесплатных и коммерческих реализаций MPI. Существуют реализации для языков Фортран 77/90, Java, Си и Си++.
2	Profibus	Profibus (Process Field Bus) - открытая промышленная сеть, прототип которой был разработан компанией Siemens AG для своих промышленных контроллеров Simatic. На основе этого прототипа, организация пользователей Profibus разработала международные стандарты, принятые затем некоторыми национальными комитетами по стандартизации. Очень широко распространена в Европе, особенно в машиностроении и управлении промышленным оборудованием. Сеть Profibus — это комплексное понятие, она основывается на нескольких стандартах и протоколах.

		Profibus объединяет технологические и функциональные особенности последовательной связи полевого уровня. Она позволяет объединять разрозненные устройства автоматизации в единую систему на уровне датчиков и приводов. Profibus использует обмен данными между ведущим и ведомыми устройствами (протоколы DP и PA) или между несколькими ведущими устройствами (протоколы FDL и FMS).
3	Industrial Ethernet	Industrial Ethernet (промышленный Ethernet) — вариант Ethernet для применения в промышленности. Сеть с процедурой доступа CSMA/CD. Industrial Ethernet обычно используется для обмена данными между программируемыми контроллерами и системами человеко-машинного интерфейса, реже для обмена данными между контроллерами и, незначительно, для подключения к контроллерам удаленного оборудования (датчиков и исполнительных устройств). Широкому применению Ethernet в последних задачах препятствует суть метода CSMA/CD, делающая невозможным гарантию обмена небольшим количеством информации (единицы байт) с высокой частотой (миллисекундные циклы обмена). В последнее время является одной из самых распространённых промышленных сетей. Широко применяется при автоматизации зданий и в областях не требующих высокой надёжности.
4	Modbus	Modbus — открытый коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер». Широко применяется в промышленности для организации связи между электронными устройствами. Может использоваться для передачи данных через последовательные линии связи RS-485, RS-422, RS-232, а также сети TCP/IP (Modbus TCP). Не следует путать MODBUS и MODBUS Plus. MODBUS Plus — проприетарный протокол принадлежащий Schneider Electric. Физический уровень уникальный, похож на Ethernet 10BASE-T, полудуплекс по одной витой паре, скорость 1 Мбит/с. Транспортный протокол — HDLC, поверх которого специфицировано расширение для передачи MODBUS PDU.

Таблица 2.2 – Интерфейсы передачи данных

3. Обзор микроконтроллера Siemens S7-400

3.1. Общие сведения о микроконтроллерах Siemens S7

На сегодняшний день распространенность микроконтроллеров и число решаемых ими задач значительно возросли. Одной из наиболее крупных компаний, занимающихся производством микроконтроллеров для промышленной автоматизации, является компания Siemens. Микроконтроллеры серии Siemens SIMATIC S7 предоставляют возможность эффективного управления технологическими параметрами, а среда программирования SIMATIC S7 обеспечивает гибкость в разработке программ для микроконтроллера.

История развития линейки S7 микроконтроллеров Siemens достаточно продолжительна, следствием чего является законченность программных пакетов для работы с линейкой микроконтроллеров, а также высокая популярность использования микроконтроллеров этой серии на производстве в различных странах Европы, являющейся лидером по автоматизации технологических процессов.



Рисунок 3.1 – семейство ПЛК серии SIMATIC S7

ПЛК серии S7 пришли на смену семейству S5 и продолжают концепцию модульности. Предлагаются в трех спектрах производительности:

S7-200 - малопроизводительные ПЛК, для решения простых задач управления небольшим оборудованием.

S7-1200 - новый ПЛК, который приходит на замену S7-200.

S7-300 - средние по производительности ПЛК, для решения не очень критичных ко времени задач.

S7-400 — высокопроизводительные ПЛК для управления/регулирования технологическим оборудованием, автоматическими линиями с большим количеством сенсоров, датчиков и исполнительных механизмов и требующих быстрого отклика.

Все три подсемейства имеют возможность соединения в сеть PROFIBUS и подключения удаленной периферии.

У каждого подсемейства имеется определенный набор различных по производительности ЦПУ и периферийных модулей в соответствующем конструктивном исполнении:

Для S7-200 в 2000г. набор модулей был ограничен модулями ЕМ (которые в свою очередь подразделяются на цифровые входы/выходы и аналоговые) и СР — коммуникационный процессор. На сегодняшний день этот спектр намного расширился.

S7-300 представлен более широким спектром:

- SM (Signal Module) цифровых входов и/или выходов, аналоговых входов/выходов;
- FM (Function Module) модулей счетчиков, позиционирования, регуляторов;
- CP (Communications Processor) модули связи «Точка-к-точке», Profibus, Industrial Ethernet;
- IM (Interface Module) интерфейсные модули расширения.

S7-400 обладает еще более широким спектром модулей расширения и возможностей, в частности — возможностью работы в мультипроцессорном режиме. В отличие от младших подсемейств -200/-300 все модули монтируются на несущие стойки со встроенной системной шиной, что обеспечивает им «горячую» замену «из коробки». Хотя S7-300 имеет такую же возможность при использовании дополнительных средств.

3.2. Структура микроконтроллера Siemens S7-400

Siemens SIMATIC S7-400 — серия программируемых логических контроллеров для построения систем автоматизации средней и высокой степени сложности.

Данный контроллер обладает рядом особенностей, а именно отличается модульной конструкцией, возможностью монтажа модулей на профильной шине; наличием естественного охлаждения; широкий спектр коммуникационных возможностей по различным сетям, как MPI, Profibus и прочие; отличается применением локального и распределенного ввода-вывода, реализация функций в реальном времени и аппаратных прерываний при поддержке ОС. Удобство эксплуатации и обслуживания обеспечивают возможность получения рентабельных решений для построения систем автоматического управления в различных областях промышленного производства. Эффективному применению контроллеров SIMATIC S7-400 способствует возможность использования нескольких типов центральных процессоров различной производительности, наличие широкой гаммы модулей ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, функциональных модулей и коммуникационных процессоров. SIMATIC S7-400 является универсальным контроллером. Он отвечает самым жестким требованиям промышленных стандартов, обладает высокой степенью электромагнитной совместимости, высокой стойкостью к ударным и вибрационным нагрузкам. Установка и замена модулей контроллера может производиться без отключения питания («горячая замена»).

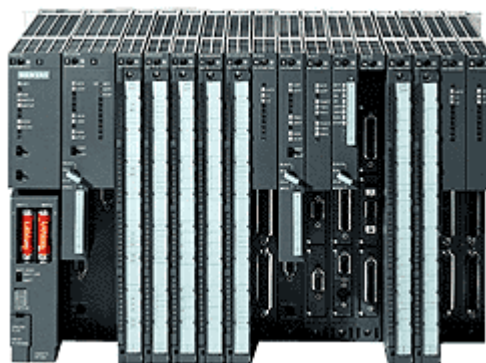


Рисунок 3.1 – контроллер Siemens SIMATIC S7-400

3.3. Технические данные Siemens S7-400

Программируемые контроллеры S7-400 выпускаются в двух исполнениях:

1) SIMATIC S7-400 - для эксплуатации в стандартных промышленных условиях:

- эксплуатация в шкафах управления внутренней установки;
- отсутствие конденсата;
- диапазон рабочих температур от 0 до +60 °С.

2) SIPLUS extreme S7-400 - для эксплуатации в тяжелых промышленных условиях:

- эксплуатация в шкафах управления внутренней или наружной установки;
- возможность появления конденсата и обледенения печатных плат;
- наличие в воздухе химически, биологически и механически активных веществ;
- диапазон рабочих температур от 0 до +60 °С или от -25 до +60 °С.

Основные технические характеристики CPU-модулей для S7-400 представлены на рисунке 3.3[7]

	CPU 412-1	CPU 412-2	CPU 412-2 PN/DP	CPU 414-2	CPU 414-3	CPU 414-3 PN/DP	CPU 416-2	CPU 416-3	CPU 416-3 PN/DP	CPU 417-4
Рабочая память, RAM:										
• для выполнения программ	144 КБ	256 КБ	512 КБ	512 КБ	1.4 МБ	1.4 МБ	2.8 МБ	5.6 МБ	5.6 МБ	15 МБ
• для хранения данных	144 КБ	256 КБ	512 КБ	512 КБ	1.4 МБ	1.4 МБ	2.8 МБ	5.6 МБ	5.6 МБ	15 МБ
Загружаемая память:										
• встроенная, RAM	512 КБ						1 МБ			
• расширение:										
- карта Flash EEPROM	64 МБ									
- карта RAM	64 МБ									
Время выполнения операций, мкс:										
• логических	0.075	0.075	0.075	0.045	0.045	0.045	0.03	0.03	0.03	0.018
• с фиксированной точкой	0.075	0.075	0.075	0.045	0.045	0.045	0.03	0.03	0.03	0.018
• с плавающей точкой	0.225	0.225	0.225	0.135	0.135	0.135	0.09	0.09	0.09	0.045
Кол-во флагов/ таймеров, счетчиков	4 096/ 2 048/ 2 048			8 192/ 2 048/ 2 048			16 384/ 2 048/ 2 048			
Количество каналов ввода-вывода дискретных/ аналоговых сигналов	32 768/ 2 048			65 536/ 4 096			131 072/ 8 192			
Встроенные интерфейсы	MPI/DP	MPI/DP + DP	MPI/DP + PN	MPI/DP + DP	MPI/DP + 2xDP	MPI/DP + DP + PN	MPI/DP + DP	MPI/DP + 2xDP	MPI/DP + DP + PN	MPI/DP + 3xDP
Количество активных коммуникационных соединений	16	16	48	32	32	64	64	64	96	64
Габариты, мм	25x290 x219	25x290 x219	25x290 x219	25x290 x219	50x290 x219	50x290 x219	25x290 x219	50x290 x219	50x290 x219	50x290 x219

Рисунок 3.3 – Основные технические характеристики контроллера SIMATIC S7-400

4. Программирование систем автоматизации в SIMATIC S7

4.1. Обработка программы

Программное обеспечение CPU включает в себя операционную систему (operating system) и пользовательские программы (user program).

Операционная система – комплекс взаимосвязанных программ, предназначенных для управления ресурсами компьютера и организации взаимодействия с пользователем. Ей присущи такие функции, как резервирование данных, активация приоритетных классов и так далее. Пользователь не имеет доступа к операционной системе в режиме записи, но имеет возможность перезапускать ее с карты памяти.

Пользовательская программа — это совокупность всех инструкций и описаний для обработки сигналов, с помощью которых осуществляется управление предприятием (процессом) в соответствии с определенной задачей автоматизации.

Методы обработки программы.

Пользовательская программа состоит из программных разделов, которые обрабатываются CPU в зависимости от определенных событий. Таким событием может быть запуск системы автоматизации, прерывание или обнаружение программной ошибки.

Порядок обработки программы (система взаимных прерываний – mutual interruptibility) определяется приоритетными классами (priority classes), назначенными для программ обработки событий. Данный порядок необходим при возникновении нескольких событий

Главная программа(main program) обладает низшим приоритетом, циклически обрабатываемая CPU. События могут прервать главную программу в любом месте, после чего CPU выполнит связанную с прерыванием обслуживающую программу (процедуру) или программу (процедуру) обработки ошибки и вернет управление главной программе.

Каждому событию соответствует специальный организационный блок (organization block – OB). Организационные блоки в программе пользователя реализуют механизм приоритетных классов. При возникновении события CPU активизирует назначенный организационный блок. Организационный блок – это часть пользовательской программы, которую вы можно написать самостоятельно.

4.2. Блоки

Таблица 4.1 содержит перечень и краткое описание программных блоков для контроллеров SIMATIC S7, а также блоков данных[9].

Блок	Выполняемые функции
ОВ	Организационные блоки. Предназначены для: - организации циклического выполнения программы пользователя (OB1), обработки событий: - включения питания (OB100), - циклического прерывания (OB30-OB38), - прерывания по дате и времени (OB10-OB17), - прерывания по задержке времени (OB20-OB23), - возникновения ошибки (OB40-OB47, OB80-OB87, OB121, OB122). Блоки вызываются автоматически операционной системой контроллера в случае возникновения того или иного события.
FC	Функция. Может быть вызвана из любого блока. Допускается передача параметров в функцию и обратно. Функция может также иметь локальные переменные, которые теряются при выходе из блока.
FB	Функциональный блок. Также может быть вызван из любого блока и может иметь формальные и локальные параметры. Особенностью FB является наличие переменных типа STAT, которые сохраняют свое значение при выходе из блока. Поэтому функциональный блок имеет один или несколько связанных с ним блоков.
SFC	Системная функция. Это функция, уже имеющаяся в ОС CPU. Предназначена для выполнения определенных стандартных действий.
SFB	Системный функциональный блок. Аналогичен FB, но, как и SFC, уже имеется в составе ОС контроллера.
DB	Блок данных программы пользователя. Предназначен для

	долговременного хранения информации.
DI	Блок данных функционального блока. Используется для хранения значений переменных функционального блока. Отличается от DB наличием жесткой структуры, определяемой связанным с ним функциональным блоком

Таблица 4.1 – Программные блоки и блоки данных для контроллеров SIMATIC S7

Контроллеры SIMATIC S7 поддерживают различные способы обработки управляющей программы:

1. Циклическая обработка.

Заключается в периодическом вызове организационного блока OB1, который содержит управляющую программу. Перед выполнением управляющей программы и после её завершения ОС выполняет определенные задачи. При старте очередного цикла обработки ОС сбрасывает таймер контроля длительности цикла и заполняет область отображения входов. При завершении цикла ОС перезаписывает выходные значения из области отображения в соответствующие выходные модули. Затем начинается следующий цикл. Блок OB1 позволяет вызывать как функции, так и функциональные блоки. После обработки вызванного блока управление передается блоку, из которого был произведен вызов данного блока.

2. Циклические прерывания.

Реализуют циклическую работу блока, период которого задается программистом. Данная возможность весьма полезна, так как неоднократно используется в проектах по управлению технологических процессов, где необходимо обрабатывать программы через одинаковые промежутки времени.

3. Прерывания по дате и времени.

При необходимости использовать вызов блоков с управляющей программой по определенному календарному плану существует данное прерывание. Оно позволяет программисту вызывать блок единожды в конкретный день и час или задать периодичность, начиная с необходимой даты и времени.

4. Прерывания по задержке времени.

Данные блоки вызываются по истечении определенного времени после возникновения какого-либо события.

5. Обработка включения питания.

Часто при включении питания необходимо выполнить какие-либо однократные действия: первичную установку, инициализацию и т.д. Для этих целей предусмотрены блоки обработки включения питания.

6. Обработка ошибок.

Такие блоки выполняются в случае возникновения аппаратных или программных ошибок.

Организационные блоки обрабатываются циклически. Период и приоритет обработки определяется номером организационного блока (Таблица 4.2)[9].

Организационный блок	Условия вызова	Приоритет	
		По умолчанию	Изменения
ОВ1	Вызывается операционной системой	1	Нет
ОВ10-ОВ7	В заданное время	2	2 ... 24
ОВ20-ОВ23	По истечении времени	3 ... 6	2 ... 24
ОВ30-ОВ38	Через заданный интервал	7 ... 15	2 ... 24
ОВ40-ОВ47	От входов и выходов	16 ... 23	2 ... 24
ОВ60	Мультипроцессорное	25	Нет
ОВ70, ОВ72, ОВ73	Ошибки резервирования	25, 28, 25	2 ... 28

OB80-OB85	Асинхронные ошибки	26	2 ... 26
OB90	Фоновая обработка	29	Нет
OB100	При запуске	27	Нет
OB121, OB122	Ошибки выполнения программы	Приоритет блока, вызвавшего программу	

Таблица 4.2 – Организационные блоки для контроллеров SIMATIC STEP7

4.3. Языки программирования

Siemens SIMATIC STEP7 поддерживает следующие языки программирования:

1) Язык программирования Function Block Diagram (FBD).

Язык программирования Function Block Diagram (FBD) использует для представления логики графические логические символы, известные из булевой алгебры. Сложные функции, такие как математические, также могут быть представлены непосредственно в соединении с логическими блоками (Рисунок 4.2).

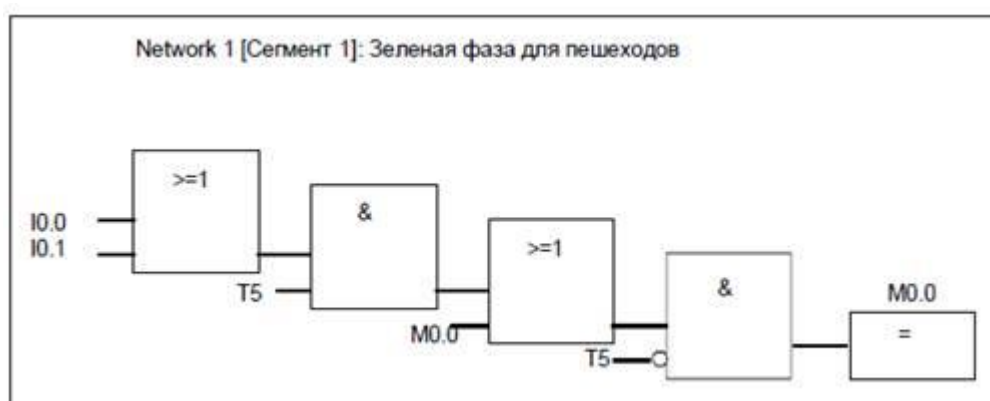


Рисунок 4.1 – Пример программы на языке FBD

2) Язык программирования Ladder Logic (LAD).

Графический язык программирования Ladder Logic (LAD) основан на представлении коммутационных схем. Элементы коммутационной схемы, такие как нормально открытые контакты и нормально замкнутые контакты, группируются в сегменты. Один или несколько сегментов образуют раздел кодов логического блока. Создание программ в нем выполняется в редакторе пошагового ввода (Рисунок 4.1).



Рисунок 4.2 – Пример программы на языке LAD

3) Язык программирования Statement List(STL).

Язык программирования Statement List (STL) – это текстовый язык, схожий с машинным кодом. Каждая команда соответствует шагу работы CPU при обработке программы. Несколько команд могут быть связаны друг с другом, образуя сегменты (Рисунок 4.3).

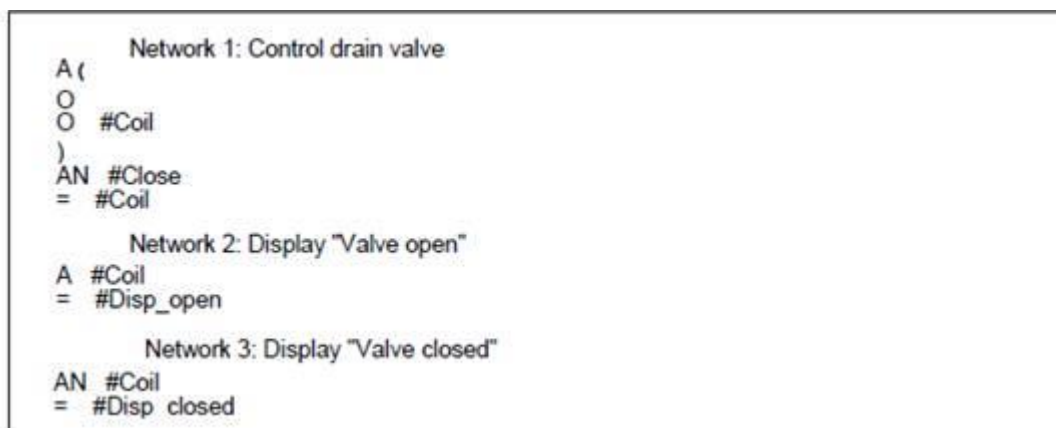


Рисунок 4.3 – Пример программы на языке STL

Язык программирования STL включен в стандартный пакет программного обеспечения STEP 7. Данный язык позволяет редактировать блоки S7 с помощью редакторов пошагового ввода или создавать собственную программу с помощью редактора, работающего в режиме свободного редактирования в исходном файле на STL, а затем компилировать ее в блоки.

4) Язык программирования SCL.

Язык программирования SCL (Structured Control Language), доступный как дополнительный пакет - это подобный Pascal язык и, благодаря своим командам высокого уровня, упрощает в сравнении с STL программирование циклов и условных переходов. Поэтому SCL пригоден для расчетов, включая формулы, сложные оптимизационные алгоритмы или управление большими объемами данных.

Создание программ на S7 SCL производится в режиме свободного редактирования в исходном файле.

5) Язык программирования Graph.

Графический язык программирования Graph, доступный в виде дополнительного пакета, дает возможность программирования устройств последовательного управления. Это включает в себя создание последовательности шагов, определение содержания каждого шага и определение переходов. Программируется содержание шагов на специальном языке программирования (похожем на список команд) и вводятся переходы в редакторе цепных логических схем (модернизированная версия языка KOP).

S7 Graph очень ясно представляет сложные последовательности и делает программирование и поиск неисправностей более эффективными (Рисунок 4.4).

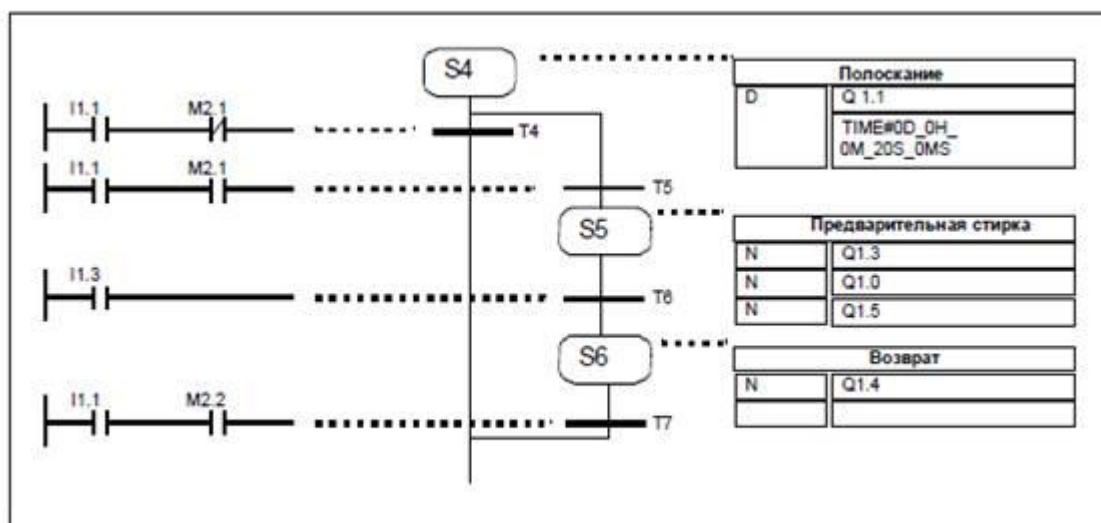


Рисунок 4.4. – Пример программы на языке Graph

6) Язык программирования SCL.

Язык программирования SCL (Structured Control Language), доступный как дополнительный пакет - это подобный Pascal язык и, благодаря своим командам высокого уровня, упрощает в сравнении с STL программирование циклов и условных переходов. Поэтому SCL пригоден для расчетов, включая формулы, сложные оптимизационные алгоритмы или управление большими объемами данных.

Создание программ на S7 SCL производится в режиме свободного редактирования в исходном файле.

Кроме того, существуют и другие языки программирования, доступные после установки дополнительных программных пакетов, такие как HiGraph и CFC.

4.4. Переменные, константы, типы данных в STEP7

Контроллеры SIMATIC S7 могут работать со следующими типами данных:

Логические типы данных.

1)Бит (BOOL)

Бит – единица измерения количества информации, равная одному разряду в двоичной системе счисления. Принимает два значения, изображающиеся "0" (FALSE) и "1" (TRUE).

2)Байт (BYTE)

Байт – единица хранения и обработки цифровой информации; совокупность битов, обрабатываемая компьютером одновременно. Байт состоит из 8 бит, которым соответствуют битовые адреса от 0 до 7 (справа налево). Старшим является бит с большим адресом. В контроллерах Simatic S7 байт может интерпретироваться как просто байт (набор бит) или как ASCII-символ.

3)Слово (WORD)

Слово - это информация, записанная в ячейку памяти. Оно представляет собой максимальную последовательность единиц информации, которая обрабатывается, как одно целое, ее длина 16 бит. Любые два соседних байта можно объединить в слово, старшим будет являться байт с меньшим адресом. Адрес слова - это адрес байта с меньшим адресом. В контроллерах Simatic S7 слово может интерпретироваться как просто слово (набор бит), целое число со знаком, дата, время и т.д.

4)Двойное слово (DWORD)

Любые два соседних слова можно объединить в двойное слово, его длина - 32 бита или 4 байта. Старшим словом (байтом) является слово (байт) с меньшим адресом. Адрес двойного слова - это адрес байта с меньшим адресом. В контроллерах Simatic S7 двойное слово можно интерпретировать как просто двойное слово, длинное целое число со знаком, вещественное число в формате IEEE и т.д.

Символьные типы данных.

1)Char (литера)

Простой тип данных, предназначенный для хранения одного символа. Тип данных CHAR представляет одну литеру в ASCII-формате, например, 'P'.

2)STRING (Строка)

Максимальная длина строки, состоящей из символов, до 254 знаков.

Математические типы данных.

1)INT (целое число)

Переменная типа INT (integer) хранится как целое число (16-битное число с фиксированной запятой или десятичной точкой).

2)DINT (двойное целое число)

Переменная типа DINT хранится как целое число (32-битное число с фиксированной запятой).

3)REAL (вещественный)

Переменная типа REAL представляет дробь и хранится как 32-битное число с плавающей запятой (десятичной точкой).

Также поддерживаются и другие типы данных, такие как временные типы данных (DATE, TIME), сложные типы данных (ARRAY, DATE_AND_TIME) и пользовательские типы данных (USER_DATA_TYPE).

5. Разработка программного обеспечения для управления гидравлическим объектом на языке FBD

5.1. Определение этапов проектирования системы автоматического управления гидравлическим объектом

Для эффективной разработки системы управления гидравлическим объектом, необходимо обозначить этапы создания системы автоматического управления, а также четко определить структуру проектируемой системы в общем виде, включая объект управления и программатор.

Структура проектируемой системы в общем виде представлена на рисунке 5.1.

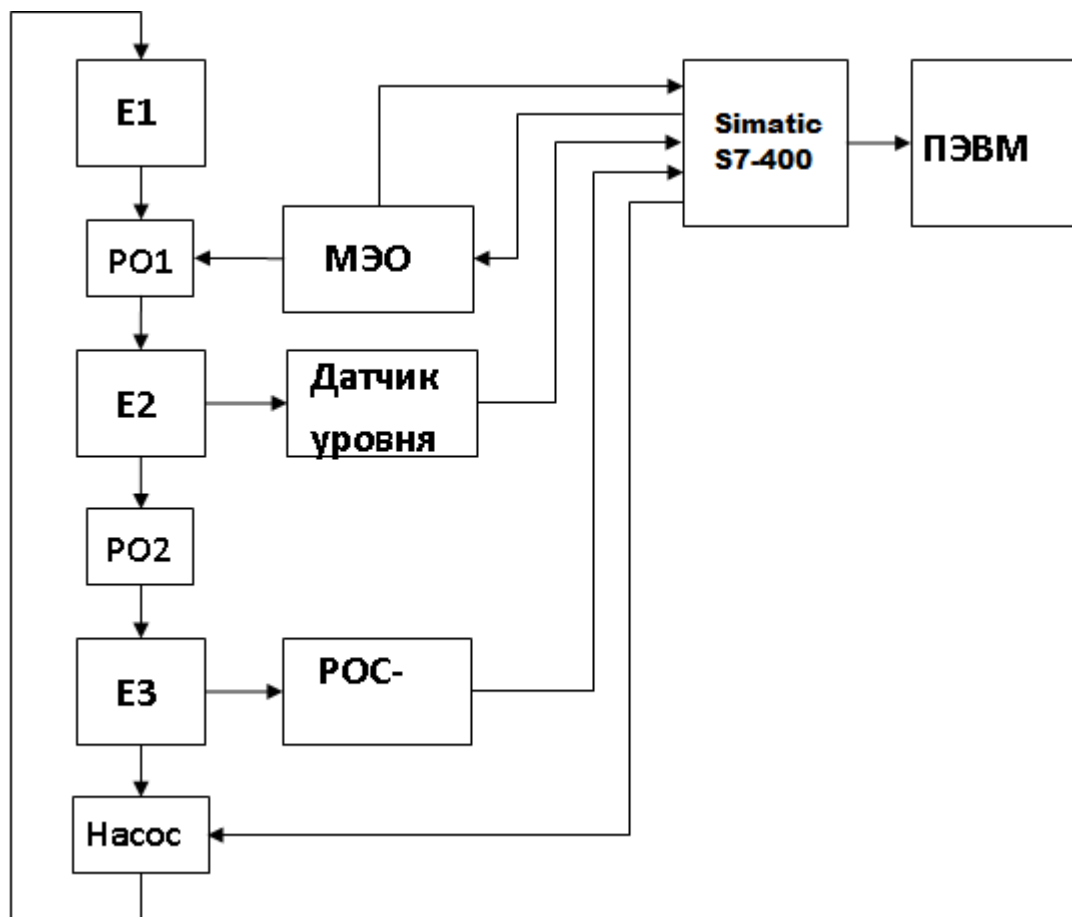


Рисунок 5.1 – Структура проектируемой системы

Обозначим основные этапы создания системы управления гидравлическим объектом:

- 1) Выбор закона регулирования для управления гидравлическим объектом
- 2) Настройка инструментальной среды SIMATIC STEP7
- 3) Создание программы управления на языке FBD

4) Загрузка программы в контроллер и отладка.

Таким образом, задача проектирования системы управления гидравлическим объектом сводится к четырем, описанным выше, этапам.

5.2 Анализ существующих законов регулирования

В курсе теории автоматического управления описываются три основных закона регулирования – П (пропорциональный), ПИ (пропорционально-интегральный) и ПИД (пропорционально-интегрально-дифференциальный). Однако каждый из этих законов имеет свои особенности, которые и определяют выбор того или иного регулятора. В данном подразделе будут рассмотрены все три типа регулятора и выбран оптимальный, в соответствии с особенностями объекта регулирования и требованиями к системе.

П-регулятор

П-регулятор представляет собой одно из самых простых и распространенных устройств и алгоритмов управления. П-регулятор – это устройство в обратной связи, которое формирует управляющий сигнал. П-регулятор выдает выходной сигнал, пропорциональный входному, с коэффициентом пропорциональности K .

Передаточная функция:

$$W(p) = K_p$$

Выходной сигнал, вырабатываемый пропорциональной частью П-регулятора, противодействует отклонению регулируемой величины от данного значения, которое наблюдается в данный момент. Выход П-регулятора выдаст тем больше, чем больше отклонение.

Если П-регулятор имеет входной сигнал, который равняется заданному значению, то выходной равен 0.

П-регулятор имеет существенный недостаток в том, что при его использовании значение регулируемой величины никогда не стабилизируется на заданном значении. Все из-за так называемой статической ошибки. Она равна отклонению регулируемой величины, которая дает такой выходной сигнал, который стабилизирует выходную величину именно на данном значении. Это важно учитывать при выборе закона регулирования.

Настройка регулятора сводится к подбору коэффициента усиления:

Чем больше коэффициент усиления, то есть, чем больше разница между входом и выходом, тем меньше наша статическая ошибка. Но рост этого коэффициента может привести к автоколебаниям в системе, а дальнейшее его увеличение приведет к потере устойчивости.

ПИ-Регулятор

ПИ-регулятор является одним из наиболее универсальных регуляторов. Фактически ПИ-регулятор – это П-регулятор с дополнительной интегральной составляющей. Интегральная составляющая, дополняющая алгоритм, в первую очередь нужна для устранения статической ошибки, которая характерна для пропорционального регулятора. По сути, интегральная часть является накопительной, и таким образом позволяет осуществить то, что ПИ-регулятор учитывает в данный момент времени предыдущую историю изменения входной величины.

Передаточная функция:

$$W(p) = K_p * (1 + \frac{1}{T_i * S})$$

Из передаточной функции видно, что П-составляющая складывается с накопленной И-составляющей за время t . Фактически, ПИ-регулятор «учится» на предыдущем опыте. Если система не испытывает внешних возмущений – регулируемая величина стабилизируется на заданном значении: П-составляющая будет равняться 0, а интегральная составляющая полностью обеспечит выходной сигнал.

ПИД-Регулятор

ПИД-регулятор – самый сбалансированный из всех регуляторов, построенных на основе типовых звеньев, поэтому широко применяется в различных сферах. По сути, данное устройство это эволюция ПИ-регулятора.

Передаточная функция:

$$W(p) = K_p * (1 + \frac{1}{T_i * S} + T_d * S)$$

Пропорциональная составляющая вырабатывает сигнал, который противодействует отклонению регулируемой величины в данный момент времени (идеология чисто П-регулятора).

Интегральная составляющая накапливает результирующее значение, нивелируя, таким образом, недостаток П-регулятора – наличие статической ошибки.

ПИД-регулятор обладает Д-составляющей, которая как бы прогнозирует отклонение от задания и следит за скоростью отклонения, поэтому является самой быстрой в данном алгоритме. По сути, это является преимуществом и недостатком одновременно. Это все стоит учитывать при выборе закона регулирования.

В случае если вход регулятора зашумлен, имеют место существенные скачки регулируемой величины или процесс имеет стохастический характер — дифференциальная составляющая в миг приведет вашу систему к расходящемуся процессу. Выбор время дифференцирования – очень сложное и ответственное решение для инженера.

При выполнении данной работы был выбран ПД-регулятор. Функции интегральной составляющей реализуют МЭО и сливной патрубок. Значения коэффициентов взяты из методического пособия к стенду «Гидравлический объект».

5.2. Настройка инструментальной среды SIMATIC STEP7

5.2.1. Создание проекта в SIMATIC Manager

SIMATIC Manager – это центральное окно, которое становится активным при запуске STEP 7. По умолчанию запускается мастер STEP 7 (STEP 7 Wizard), который оказывает Вам помощь при создании проекта STEP 7. Структура проекта используется для надлежащего хранения и размещения всех данных и программ.

В SIMATIC Manager существует два способа создания проекта – вручную и с помощью помощника (Wizard).

Создадим проект при помощи помощника. При запуске, по умолчанию открывается окно помощника (Рисунок 5.5).

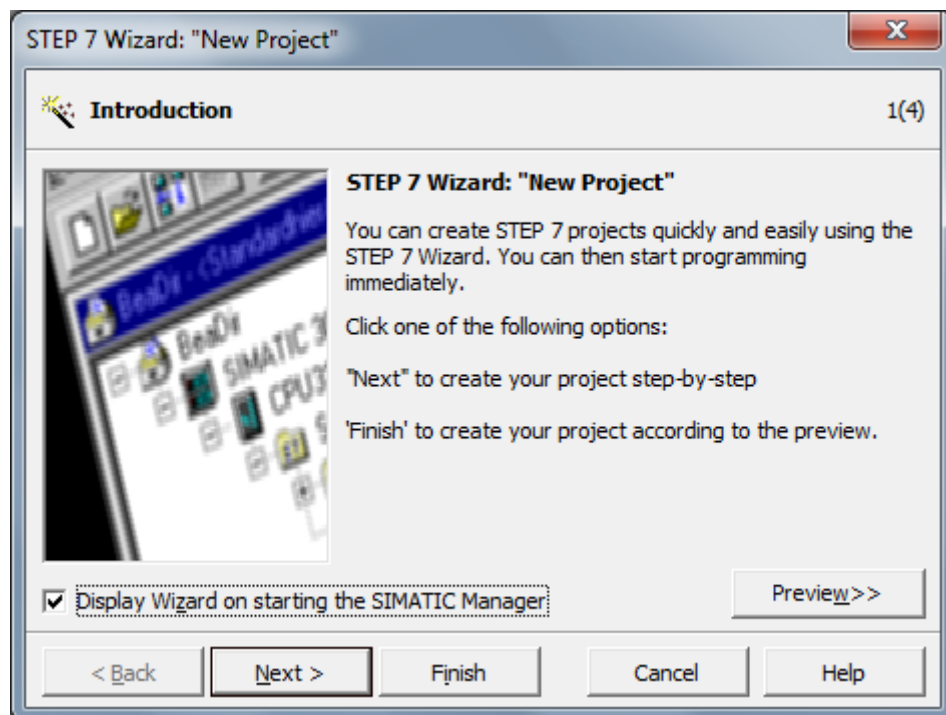


Рисунок 5.5 – Помощник STEP7

Далее предлагается выбрать модель процессора. В моем случае это CPU314-2. Также предлагается выбрать MPI-адрес.

Адрес MPI (многоточечный интерфейс) нужен, чтобы наш CPU мог обмениваться информацией с вашим устройством программирования или PC.

После этого помощник предлагает выбрать из списка организационные блоки, которые будут автоматически включены в проект, а также язык программирования – STL, LAD или FBD (Рисунок 5.6).

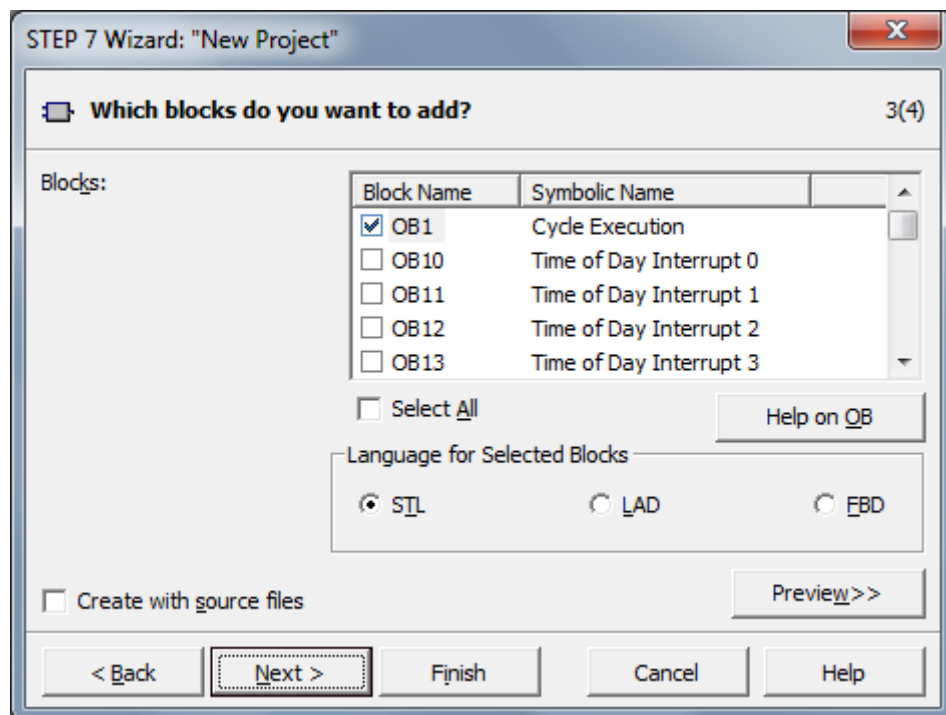


Рисунок 5.6 – Окно выбора параметров проекта

После выбора основных параметров, помощник предлагает ввести имя проекта и создает пустой проект.

Дерево проекта имеет строго определенную структуру (Рисунок 5.7).

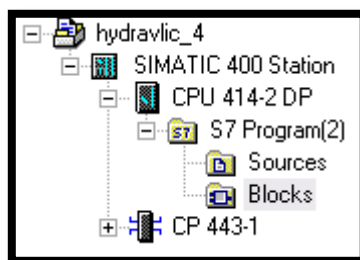


Рисунок 5.7 – Структура проекта STEP7

В корне располагается папка проекта – hydraulic_4. В ней расположен наш контроллер – SIMATIC 400 Station. Внутри папки контроллера – модуль CPU414-2 DP, а внутри модуля – папки для нашей программы регулирования гидравлического объекта – Sources и Blocks. В них будут создаваться организационные блоки и блоки данных, а также сам код программы.

Стандартное дерево проекта в SIMATIC STEP7 с описанием элементов изображено на рисунке 5.8.

Структура	Объект	Описание
Project	Папка для всех объектов проекта	
MPI [PTP, PROFIBUS, Ethernet]	Subnet (Подсеть)	Содержит параметры для подсети
SIMATIC 300/400 station	Папка для всех объектов станции	
Hardware (Аппаратное обеспечение)	Configuration table (Таблица конфигурации)	Содержит данные конфигурации для станции и параметры для модулей
CPU xxx	Папка для всех объектов CPU	
Connections (Соединения)	Connection table (Таблица соединений)	Содержит данные коммуникаций для узлов сети
S7 program	Папка для всех объектов программы пользователя	
Symbols (Символы)	Symbol table (Таблица символов)	Содержит символы (символьные имена) для абсолютной адресации GD
Sources	Папка для всех исходных программ	
Source files (Исходные файлы)	Source programs (Исходные программы)	Содержат исходные файлы программы пользователя (STL-, SCL-программы...)
Blocks	Папка для скомпилированных объектов программы пользователя	
OB n	Организационные блоки Функциональные блоки Функции Блоки данных	Содержат скомпилированные коды и данные программы пользователя
FB n		
FC n		
DB n		
SFC n	Системные функции Системные функц. блоки	Содержат интерфейс вызова системных блоков, встроенных в CPU
SFB n		
System data (Системные данные)	Системные блоки данных	Содержат скомпилированные данные для таблицы конфигурации
UDT n	Data types (Пользовательские типы данных)	Содержат определения типов данных, определенных пользователем
VAT n	Variable table (Таблица переменных)	Содержит переменные для мониторинга и модификации
S7 program	Папка для программы пользователя, которая назначена не для любого CPU (имеет такую же структуру, как и любая S 7-программа,	

Рисунок 5.8 – Структура проекта в SIMATIC STEP7

При написании программ в STEP7 можно применять прямую адресацию. Таблицу символов можно вызвать либо из окна SIMATIC Manager, находясь на уровне программ и выбрав значок «Symbols», либо непосредственно из редактора LAD, STL, FBD, воспользовавшись меню «Options» > «Symbol Table».

Зайдем в Symbols и создадим переменные, которые будут использоваться в написании программы. В строках пишем название переменных и их физические адреса. Также можно добавить комментарии к каждой переменной (Рисунок 5.).

	Status	Symbol ^	Address	Data type	Comment
1		close	Q 20.1	BOOL	
2		CONT_C	FB 41	FB 41	Continuous Control
3		down	I 11.0	BOOL	
4		in	PIW 716	INT	
5		in_lenght	MD 4	DINT	
6		in_natural	MW 2	INT	
7		in1	MD 10	REAL	
8		in2	MD 14	REAL	
9		open	Q 20.0	BOOL	
10		PID	DB 41	FB 41	
11		Pulse	DB 43	FB 43	
12		PULSEGEN	FB 43	FB 43	Pulse Generation
13		pump	Q 20.2	BOOL	
14		up	I 11.1	BOOL	

Рисунок 5.9 – Создание переменных в Symbols

Адреса, используемые в таблице символов связаны с физическими входами и выходами микроконтроллера, а также с его внутренней памятью.

MW – префикс адреса меркерной памяти типа WORD. В нее можно записать целую переменную.

MD – префикс адреса меркерной памяти типа DOUBLE_WORD. В нее можно записать переменную вещественного типа.

Q – префикс адреса выхода (Quit). В нем можно хранить булевскую переменную.

I – префикс адреса входа (In). В нем можно хранить булевскую переменную.

Особенностью микроконтроллера является необходимость приведения аналогового сигнала к нужному типу с помощью команд FBD.

Как можно заметить, в папке программы в контроллере находится только один блок – OB1. Это основной блок программы. Программа, записанная в него, выполняется циклично. Кроме блоков OB, описанных в разделе «Блоки» дипломной работы, существуют и другие типы блоков. Еще два блока, которые необходимы для написания программы – это блоки FB и DB.

FB – функциональный блок. Функция может быть вызвана из любого блока. Допускается передача параметров в функцию и обратно. Функция может также иметь локальные переменные, которые теряются при выходе из блока.

DB – Блок данных функционального блока. Используется для хранения значений переменных.

После создание проекта, необходимо настроить аппаратуру и связь между SIMATIC STEP7 и контроллером.

5.2.2. Конфигурирование аппаратных средств

Сконфигурируем аппаратные средства. Конфигурирование аппаратных средств проекта осуществляется посредством утилиты «Hardware Configuration» (программа конфигурирования используемой в проекте аппаратуры). Чтобы запустить указанную программу, необходимо перейти на уровень станций и двойным щелчком мыши нажать кнопку «Hardware» (Конфигуратор).

В правой части окна конфигуратора находится аппаратура, которая представлена в виде дерева (Рисунок 5.10).

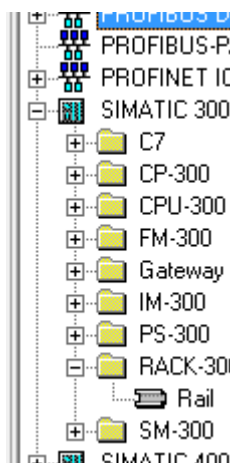


Рисунок 5.10 – Окно конфигуратора

Выбираем Rail (Шина) в папке Rack-300 (Стойка-300) для того, чтобы добавить стойку. Двойным щелчком по левой кнопки мыши происходит добавление Rail.

В окне стойки (0)UR конфигурируем аппаратные средства. На первую строку стойки (0)UR добавляем блок питания (он всегда находится на первой строке стойки 0(UR)). По аналогии добавления Rail, добавляем блок питания. Выбираем PS-307 5A в папке PS-300. Добавление блока питания показано на рисунке 5.11.

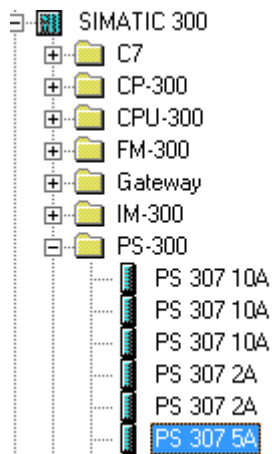


Рисунок 5.11 – Добавление блока питания

Если все сделано правильно, то курсор перейдет на вторую строку стойки и строка выделится синим цветом. На второй строке всегда располагается ЦПУ. Выбираем его также в правой части окна конфигуратора согласно заказному номеру.

У ЦПУ есть встроенные модули (Рисунок 5.12), которые при добавлении ЦПУ на стойку 0(UR) появляются на строке 2.2., 2.3, X2 и т.д.

Slot	Module	...	D...	Fi...	M...	I...	Q...
1	PS 407 4A		6ES7				
2	CPU 414-2 DP		6ES7	V5.2	2		
X2	DP					8191	
X1	MP/DP				2	8190	
3	CP 443-1		6ES7	V2.0		8189	
X1	FM-IO					8188	
X1	Port 1					8187	
X1	Port 2					8186	
4	AI16x13Bit		6ES7			700...	
5	DI32xDC 24V		6ES7			10...1	
6	DO16xDC 24V/2A		6ES7				20...2

Рисунок 5.12 – Встроенные модули ЦПУ

При добавлении ЦПУ появится окно Properties. В нем нужно настроить связь с контроллером с помощью Properties - DP. При нажатии кнопки Properties (Свойства) во вкладке параметры, нужно выбрать PROFIBUS, в также адрес соединения (Рисунок 5.13).

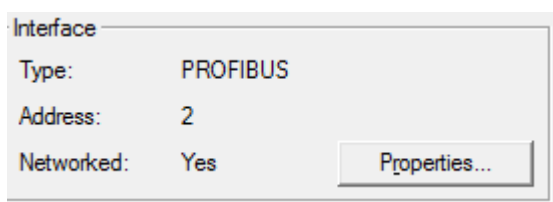
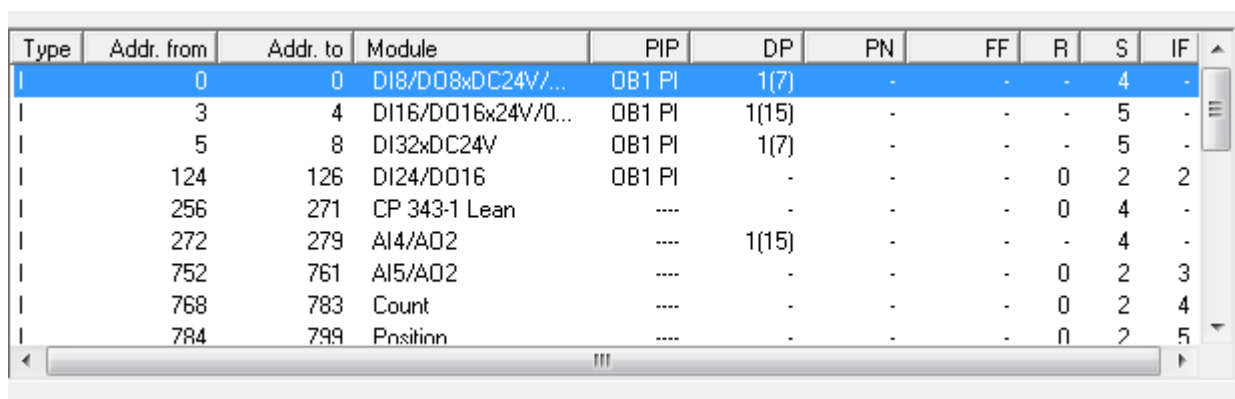


Рисунок 5.13 – Настройка связи с контроллером

В окне «Address Overview», расположенном в меню «View» главного окна SIMATIC HWConfig, можно увидеть адресное пространство аппаратуры станции (Рисунок 5.15).



Type	Addr. from	Addr. to	Module	PI/P	DP	PN	FF	R	S	IF
I	0	0	DI8/DO8xDC24V/...	OB1 PI	1(7)	-	-	-	4	-
I	3	4	DI16/DO16x24V/0...	OB1 PI	1(15)	-	-	-	5	-
I	5	8	DI32xDC24V	OB1 PI	1(7)	-	-	-	5	-
I	124	126	DI24/DO16	OB1 PI	-	-	-	0	2	2
I	256	271	CP 343-1 Lean	----	-	-	-	0	4	-
I	272	279	AI4/AO2	----	1(15)	-	-	-	4	-
I	752	761	AI5/AO2	----	-	-	-	0	2	3
I	768	783	Count	----	-	-	-	0	2	4
I	784	799	Position	----	-	-	-	0	2	5

Рисунок 5.14 – Адресное пространство аппаратуры станции

В первом столбце Type указывается тип адресного пространства: I – для входов, Q – для выходов. Во втором и третьем столбцах Addr. From и Addr. To указывается диапазон адресов в байтах, который занимает данное устройство. В следующих двух столбцах указываются названия блоков и организационный блок, который осуществляет опрос входов и назначение выходов. Столбец R отображает номер стойки, а столбец S – слота для модуля. Столбец IF используется, в том случае, если используется специальный интерфейсный модуль при программировании системы на C++.

Для сохранения настроек конфигурации необходимо нажать кнопку Save. После этого можно закрыть HWConfig.

5.2.3. Настройка связи с контроллером

Для настройки связи необходимо выбрать пункт «Options» в меню Simatic Manager и выбрать подпункт «Set PG/PC Interface». После этого откроется окно настроек (Рисунок 5.16).

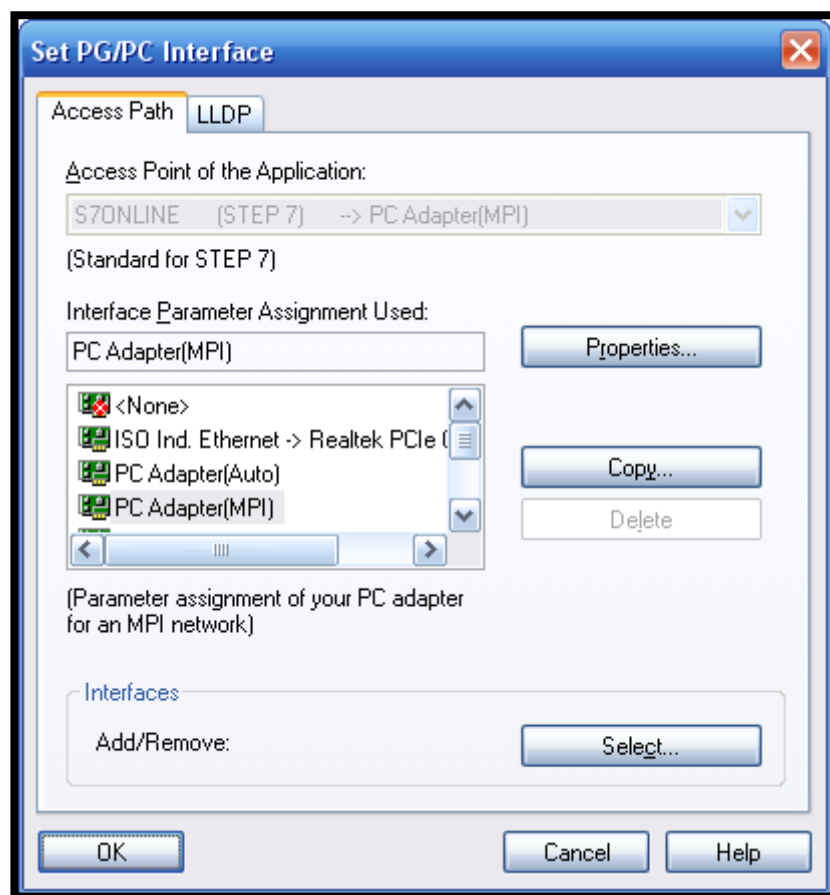


Рисунок 5.16 – Настройка связи

В данном окне необходимо выбрать PC Adapter (MPI) и настроить ЦПУ.

Для того чтобы связать контроллер с ПК, необходимо также установить физическое соединение, согласно схеме (Рисунок 5.1).

Для этого необходимо подключить к соответствующим блокам кабель, а также связать гидравлический объект с контроллером через аналоговые (Рисунок 5.17) и дискретные (Рисунок 5.18) входы и дискретные выходы (Рисунок 5.19) микроконтроллера.

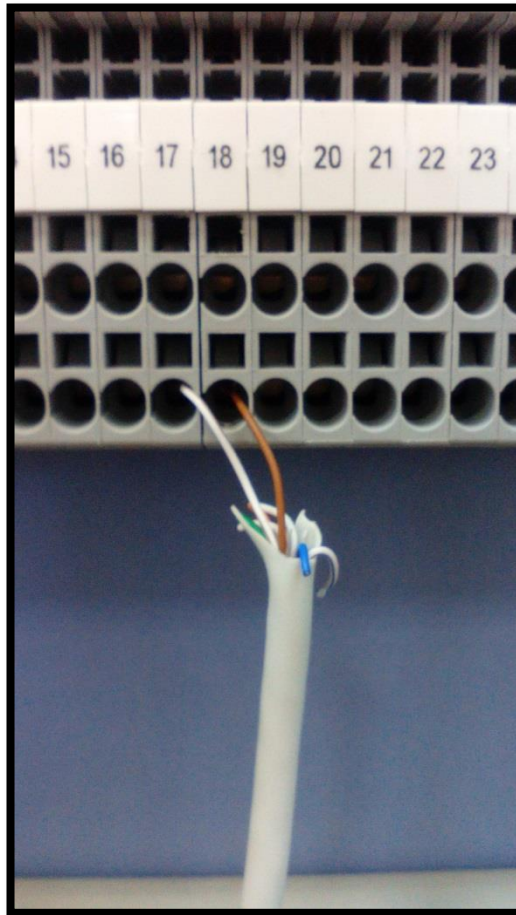


Рисунок 5.17 – Подключение кабелей к аналоговым входам микроконтроллера

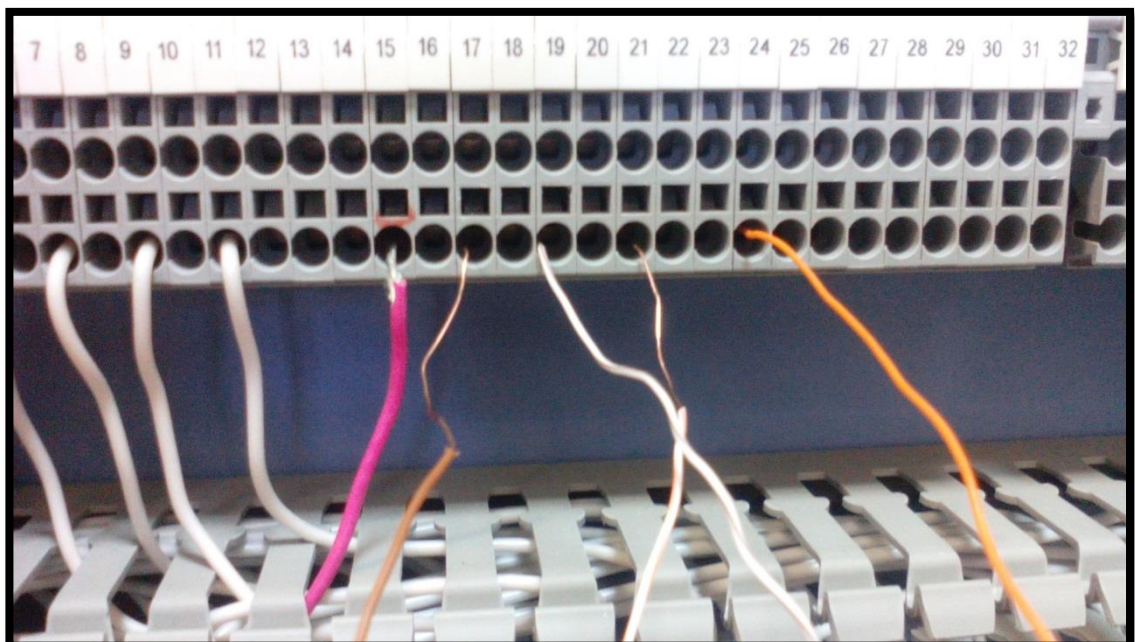


Рисунок 5.18 – Подключение кабелей к дискретным входам микроконтроллера

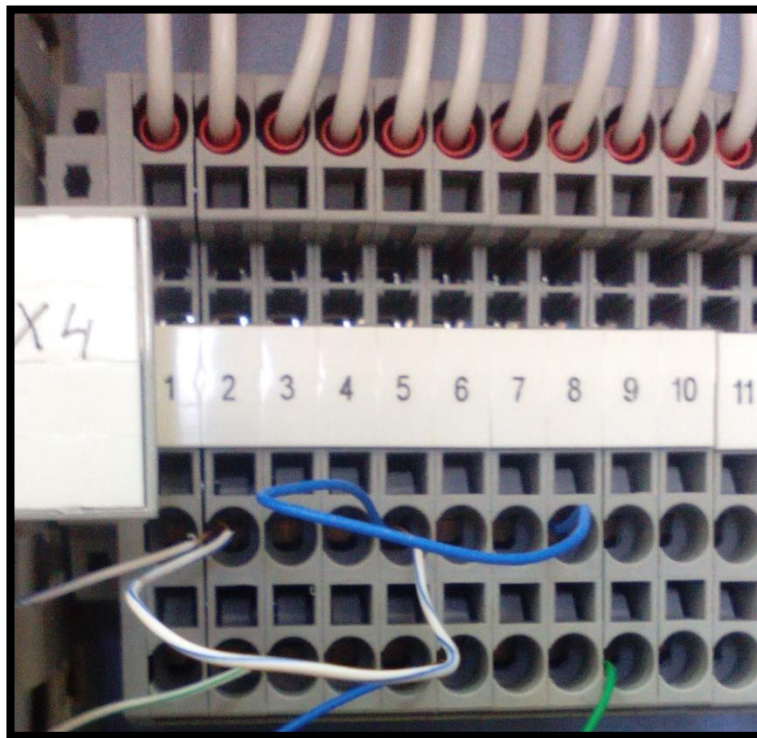


Рисунок 5.18 – Подключение кабелей к дискретным выходам микроконтроллера

После установки физических соединений настройки связи, можно приступить к созданию управляющей программы.

5.3. Разработка управляющей программы на языке FBD

Инструкция языка STEP является наименьшей самостоятельной единицей программы пользователя. Она является предписанием для работы процессора. Инструкция может быть представлена в виде функционального плана (FBD).

FBD — это графический язык программирования, использующий для представления логических операций логические блоки, известные в булевой алгебре. Сложные функции (например, математические) тоже могут быть представлены непосредственно соединенными с логическими блоками.

Редактор функционального плана (FBD) позволяет программировать в форме функциональных (логических) блоков, напоминающих элементы блок-схем. Нет никаких контактов и катушек, как в редакторе LAD, но имеются эквивалентные команды, которые появляются как команда в форме блоков (рисунок 5.18). Логика программы выводится из соединений между этими командами в форме блоков. То есть выход одной команды

(например, блока AND) может использоваться для того, чтобы разрешить другой команде (например, таймеру) создать необходимую логику управления. Такая концепция соединений позволяет решать широкий круг логических задач[4].

Достоинства редактора FBD:

- графический стиль представления в форме логических элементов хорош для последующего составления блок-программы;
- для отображения программы, созданной при помощи редактора FBD, всегда можно использовать редактор STL.

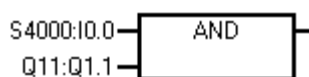


Рисунок 5.18 – Пример функционального блока

Рассмотрим основные команды и элементы программирования на языке FBD. Полный листинг команд можно посмотреть в приложении А.

Контроллер S7 хранит информацию в различных местах памяти, которые имеют однозначные адреса. Программист может явно указать адрес в памяти, к которому он хочет обратиться. Благодаря этому, программа имеет прямой доступ к информации.

Для обращения к биту в некоторой области памяти программист должен указать адрес бита. В контроллере S7 существуют следующие области памяти:

- Память входов образа процесса (I) – в эту память в начале каждого цикла программы записывается информация с физических входов контроллера.
- Память выходов образа процесса (Q) – из этой памяти контроллер в конце каждого цикла программы копирует значения в физические выходы.
- Память переменных (V) - память для хранения промежуточных результатов вычислений.
- Меркерная память (M) – память для хранения промежуточных результатов. Один меркер представляет собой 1 Бит памяти.
- Периферийная память (P) – эта область обеспечивает прямой доступ вашей программе к модулям ввода и вывода (т.е., к периферийным входам и выходам).

Большинство программистов используют библиотеки, поставляющиеся вместе с пакетом SIMATIC STEP7 или приобретающиеся отдельно. Они позволяют реализовать, как

правило, на языке блоков (FBD) стандартные регуляторы. В том числе и ПИД-регулятор. Однако SIMATIC STEP7 поддерживает конвертацию программного кода из одного языка в другой (поддерживается конвертация FBD, LAD, STL).

Листинг программы находится в приложении В.

7. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

7.1 Планирование комплекса работ

При составлении планов комплекса работ используются в основном сетевые и линейные методы планирования.

Сетевые методы планирования используются при большой сложности научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, одновременном участии многих исполнителей, необходимости параллельного выполнения работ и т.д.

Если разработка не велика по объему и не требует большого состава исполнителей, то целесообразно использовать линейный метод планирования.

Система планирования основана на графическом представлении определенного комплекса работ, отражающих их последовательность, взаимосвязь и длительность. Разработка имеет малый штат исполнителей: руководитель (Р) и инженер (И). Так же работа проводится с малыми затратами, поэтому целесообразно применить систему линейного планирования с построением линейного графика.

Для построения линейного графика, разбиваем всю работу на этапы, количество и содержание которых определяется спецификой темы. Объективный экономический расчет позволяет равномерно распределить время работы и нагрузку на исполнителей, а также увеличить эффективность работ.

Процесс разработки разделим на 4 этапа:

- 1) подготовительный;
- 2) разработка программного обеспечения нижнего уровня АСУ ТП;
- 3) разработка программного обеспечения верхнего уровня АСУ ТП;
- 4) заключительный.

В таблице 7.1.1 приведен перечень, длительность, исполнители и загрузка основных этапов и работ, имеющих место при разработке лабораторного комплекса.

Таблица 7.1.1 - Комплекс работ по разработке проекта

№ ра б.	Перечень работ	Исполн ители	Продолжит ельность работ, дней	Загруз ка	
				дн и	%
Подготовительный					
1	Составление задания ,подбор литературы	И Р	1	1 1	10 10 0
2	Ознакомление с литературой и элементной базой	И Р	1	1 1	10 0 50
3	Разработка технических предложений	И Р	3	3 1	10 0 25
Разработка программного обеспечения нижнего уровня АСУ ТП					
4	Разработка функциональной схемы	И Р	2	2 1	10 0 50
5	Изучение пакета программирования ISaGRAF	И Р	3	3 2	10 0 50
6	Разработка управляющей программы	И	4	4	10 0
Разработка программного обеспечения верхнего уровня АСУ ТП					
7	Экспериментальная работа с OPC сервером	И Р	2	2 1	10 0 50
8	Экспериментальная работа с	И	3	3	10

	MasterSCADA				0
9	Разработка программно-методического обеспечения	И	2	2	100
10	Проведение исследований	И Р	19	206	10050
11	Редактирование и отладка программы	И Р	10	124	10050
12	Подготовка методического обеспечения	И Р	3	32	10050
Заключительный					
13	Разработка презентации	И	3	3	100
14	Мероприятия по безопасности и экологичности работы	И	3	3	100
15	Технико-экономическое обоснование ВКР	И	15	15	100
16	Составление и оформление пояснительной записки	И	4	4	100
17	Защита ВКР	И	1	1	100
ИТОГО		И Р	79 19		

Рассчитаем трудоемкость работ, которая определяется по сумме трудоемкости этапов и видов работ, оцениваемых экспериментальным путем в человеко-днях, и носит вероятностный характер, так как зависит от множества

трудно учитываемых факторов, поэтому ожидаемое значение трудоемкости $T_{ож}$ рассчитывается по формуле:

$$T_{ож} = \frac{A_i + 4 \cdot M_i + D_i}{6},$$

где A_i - кратчайшая продолжительность заданной работы (оптимальная оценка), дни;

D_i - самая большая продолжительность работы (пессимистическая оценка), дни;

M_i - наиболее вероятная, по мнению экспертов, продолжительность работы (реалистическая оценка), дни.

Полученные результаты представим в таблице 7.1.2

Таблица 7.1.2 - Перечень работ и оценка трудоёмкости

№ ра б.	Перечень работ	Продолжительность работ, дни			
		A_i	D_i	M_i	$T_{ож}$
1	Составление задания, подбор литературы	1	2	1	1
2	Ознакомление с литературой и элементной базой	1	2	1	1
3	Разработка технических предложений	2	4	3	3
4	Разработка функциональной схемы стенда	1	3	2	2
5	Изучение пакета программирования ISaGRAF	2	4	3	3
6	Разработка управляющей программы	3	5	4	4
7	Экспериментальная работа с OPC сервером	1	3	2	2
8	Экспериментальная работа с MasterSCADA	2	4	3	3
9	Разработка программно-методического обеспечения	1	3	2	2
10	Проведение экспериментальных	16	22	19	19

	исследования				
11	Редактирование и отладка программы	8	12	10	10
12	Подготовка методического обеспечения	2	4	3	3
13	Разработка презентации	2	4	3	3
14	Мероприятия по безопасности и экологичности работы	2	4	3	3
15	Технико-экономического обоснование ВКР	14	17	15	15
16	Составление и оформление пояснительной записки	3	5	4	4
17	Защита ВКР	1	1	1	1
ИТОГО					79

При построении линейного графика (таблица 7.3) должен быть охвачен весь спектр работ по теме. Необходимо учесть, что дипломник выступает в качестве основного исполнителя, занятого выполнением темы на протяжении всего периода ее проведения, начиная с утверждения ТЗ и вплоть до ее оформления. Поэтому на линейном графике не должно быть перерывов в работе дипломника. Для проведения отдельных видов работ необходимо привлекать руководителя проекта и дипломника. На графике это будет показано в виде параллельных линий, характеризующих одновременное проведение нескольких видов работ разными исполнителями.

7.2 Составление сметы затрат на разработку проекта

Целью данного раздела является экономически обоснованное определение величины затрат на выполнение проекта. Затраты могут группироваться по элементам и по статьям калькуляции.

Группировать затраты по элементам можно при условии, что в рамках проекта реализуется одна разработка. Документ, в котором представлены затраты по элементам, представляет собой смету затрат. Смета затрат

составляется для расчета общей потребности проекта в материальных и денежных ресурсах.

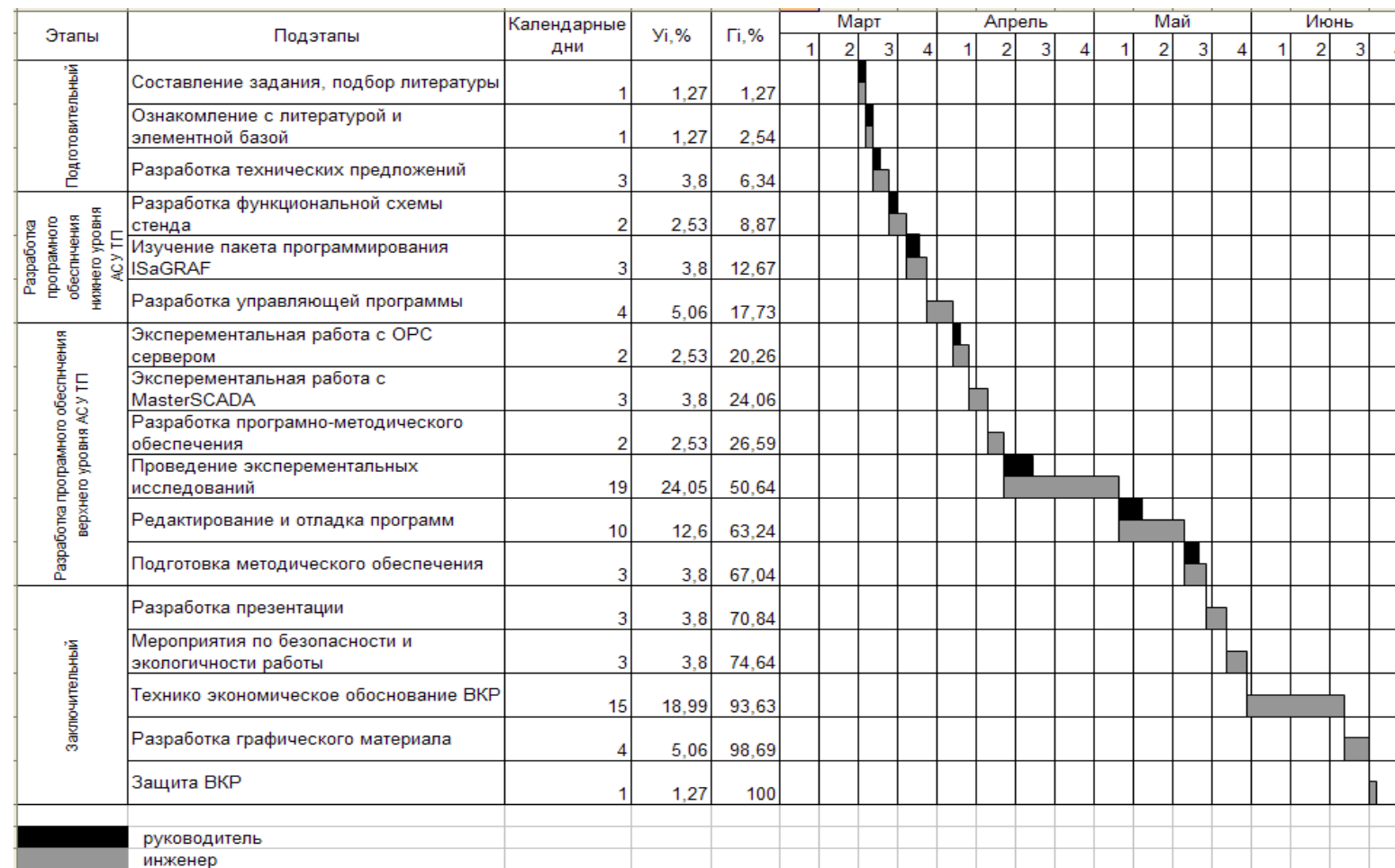
Классификация затрат по статьям калькуляции – более сложный способ расчета себестоимости разработки. Применяется в том случае, если реализуется несколько мероприятий и возникает необходимость определить стоимость отдельной разработки.

Так как в рамках данного проекта создается одна разработка, определение затрат производится путем составления сметы затрат, т.е. группировка проводится по элементам.

Затраты, образующие себестоимость разработки группируются по следующим элементам:

- материальные затраты;
- затраты на оплату труда;
- отчисления из заработной платы;
- амортизация основных фондов;
- прочие расходы.

Таблица 7.2.1 – Линейный график работ по реализации проекта



7.2.1 Материальные затраты

Данный элемент включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта, включая расходы на их приобретение и, при необходимости – доставку. Транспортные расходы примем в пределах 5% от стоимости материалов. Материалы необходимые для разработки указаны в таблице 25.

Таблица 7.2.1.1 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
Бумага, формат А4	Лист	150	0,9	135
Диск CD-R, 700 MB	Штук	2	15	30
Герметик	Штук	1	85	85
Крепёжные изделия	Штук	10	2	20
Итого				270

7.2.2 Затраты на оплату труда

Расчет основной заработной платы

В этой статье расходов планируется и учитывается основная заработная плата инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в разработке, доплаты по районным коэффициентам и премиям.

$$C_{\text{осн}} = \sum_{i=1}^n T_i \cdot C_{\text{к.и}},$$

где n – количество участников в i -ой работе;

T_i – затраты труда, необходимые для выполнения i -го вида работ, (дни);

$C_{\text{зп.и}}$ – среднедневная заработная плата работника, выполняющего i -ый вид работ, (руб/дней).

Среднедневная заработная плата определяется по формуле:

$$C_{\text{зп.и}} = \frac{D * K * M_{\text{Р}}}{F_0},$$

Где D—месячный должностной оклад работника зависит от квалификационного уровня и определяется как

$$D=BO* K_{пов},$$

Где

BO – базовый оклад;

$K_{пов}$ – повышающий коэффициент.

Таблица 7.2.2.1 - Размеры окладов и повышающих коэффициентов по профессиональным квалификационным группам

Квалификационный уровень	Базовый оклад, руб.	Повышающий коэффициент	Оклад, руб.
6	7800	2,10	16380
5	7800	1,80	14040
4	7800	1,70	13260
3	7800	1,35	10530
2	7800	1,15	8970
1	7800	1,00	7800

Тогда среднемесячная заработная плата руководителя, имеющего третий квалификационный уровень, составляет:

$$D_1= 7800 * 1.35 =10530 \text{ рублей.}$$

Среднемесячная заработная плата инженера, имеющего первый квалификационный уровень:

$$D_2= 7800 * 1,0=7800 \text{ рублей.}$$

M_p – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске 24 днях $M_p=11.2$, при отпуске 56 дней $M_p=10.4$);

K - коэффициент, учитывающий районный коэффициент $K_{рк}=1,3$, коэффициент, учитывающий надбавки и доплаты $K_{над}=1,15$ ($K = K_{рк} * K_{над} = 1,3*1,15= 1,495$);

F_0 - действительный годовой фонд рабочего времени работника, (дни).
Результаты расчета действительного годового фонда занесены в Таблицу 25.

Таблица 7.2.2.2 - Действительный годовой фонд рабочего времени работников

Показатели рабочего времени, дни	ИП	НР
Календарное число дней в году	365	365
Количество нерабочих дней		
Выходные	52	104
Праздники	10	10
Планируемые потери отпуска	56	24
Действительный годовой фонд	247	229

С учетом того, что $F_{01} = 247$ и $F_{02}=229$ дня, среднедневные зарплаты будут составлять:

научный руководитель - $C_{зп1} = (10530 * 1,495 * 11,2) / 229 = 770$ рублей,

инженер-программист - $C_{зп2} = (7800 * 1,495 * 10,4) / 247 = 491$ рублей.

Учитывая то, что научный руководитель был занят при разработке 19 дней, а инженер-программист 79, найдем основную заработную плату и сведем в таблицу .

$$C_{оснз/п} = 19 * 770 + 79 * 491 = 53419 \text{ руб.}$$

Таблица 7.2.2.3 - Основная заработная плата работников

Участники разработки	$C_{зпi}$, руб.	t_i , дни	$C_{оснз/п}$ руб.
Инженер программист	491	79	38789
Научный руководитель	770	19	14630
Итого			53419

7.2.3 Отчисления во внебюджетные фонды

Данный элемент затрат включают в себя отчисления в различные фонды (пенсионный, обязательного медицинского страхования и др.), которые составляют 26 % от суммы основной заработной платы:

$$ЕСН = 53419 * 0,26 = 13889 \text{ руб.}$$

7.2.4 Амортизация основных фондов

Амортизация – это отчисленный в денежном выражении износ основных средств в процессе их применения, производственного использования.

Данный элемент отражает сумму амортизационных отчислений на полное восстановление основных средств используемых при реализации проекта.

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле:

$$Ca = C_{\text{пер}} * Na, \text{ где } Na = 1 / T_{\text{сл}},$$

Где

$C_{\text{пер}}$ - первоначальная стоимость оборудования;

Na - норма амортизации;

$T_{\text{сл}}$ - количество часов использования оборудования.

Таблица 7.2.4.1 – Амортизационные отчисления

Наименование	Количество	Спер., руб.	На, %	А,дн. Руб	Тсл, дн.	Са, руб.
Компьютер	1 шт.	30 000	0,02	12,5	48	600
Стенд«ГО»	1 шт.	2 000	0,016	0,5	60	32
Контроллер «МС-8»	1 шт.	70000	0,007	4,08	120	490
Итого: 1122						

7.2.5 Прочие расходы

В прочие расходы могут быть включены: расходы на пользование Интернетом, размножение материалов, аренду спецоборудования, командировки, почтовые и телеграфные расходы и т.п.

Прочие расходы составляют 5% от единовременных затрат на реализацию проекта и составят:

$$ПР = (270 + 53419 + 13889 + 1122) * 0,05 = 3435 \text{ руб.}$$

7.2.6 Себестоимость ВКР

Себестоимость ВКР определяется суммой затрат:

- материальные затраты;
- затраты на оплату труда;
- отчисления из заработной платы;
- амортизация основных фондов;
- прочие расходы.

Стоимость ВКР составит:

$$\Sigma = 270 + 53419 + 13889 + 1122 + 3435 = 72135 \text{ рубля.}$$

7.2.7 Прибыль

Размер прибыли составляет 20% от себестоимости ВКР. Сумма предполагаемой прибыли (метод ценообразования: «затраты + прибыль») составит 14427 рубля.

7.2.8 Общая стоимость ВКР

Общая стоимость ВКР определяется как сумма себестоимости, прибыли и НДС. Полный расчёт стоимости ВКР приведен в таблице 28.

Таблица 7.2.8.1 – Расчёт стоимости ВКР

Элементы затрат	Условное обозначение	Сумма руб.
Материальные затраты	МЗ	270
Затраты на оплату труда	ФОТ	53419
Отчисления во внебюджетные фонды	СН	13889
Амортизация основных фондов	А	1 122
Прочие расходы	ПР	3435
Себестоимость	СБ	72135
Прибыль	П	14427
Стоимость		86562

Таким образом, затраты на реализацию проекта составили 86562 руб.

8. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Определим условия труда для группы разработчиков, которая будет состоять из трех человек: руководителя и двух инженеров-программистов.

В данной выпускной квалификационной работе разрабатывается лабораторный комплекс на базе промышленного микропроцессорного контроллера «КРОСС».

При выполнении работы используется следующее оборудование:

- три диспетчерских станции в виде ПЭВМ;
- стенд «Гидравлический объект»;
- программируемый контроллер «MR-8».
- Каждая из диспетчерских станций представляет из себя IBM-совместимый персональный компьютер на базе системного блока, который включает в себя процессор Intel Pentium 4 2ГГц, оперативную память емкостью 1 Гб, накопитель на жестких дисках емкостью 250 Гб и другие устройства. Производительности такого системного блока достаточно для работы всех приложений, необходимых для реализации проекта. В качестве мониторов будут использованы ЭЛТ мониторы фирмы SAMSUNG SyncMaster 765 DFX.
- Работа состоит в создании программного обеспечения диспетчерской станции и прикладного программного обеспечения промышленного микропроцессорного контроллера КРОСС, разработке принципиальной и функциональной схемы комплекса. Создание программы визуализации диспетчерской станции, разработке методического указания по выполнению лабораторных работ для учебного процесса.

1. Производственная безопасность

Для данного проекта опасными и вредными производственными факторами являются следующие факторы, согласно [13]:

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
	1. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 2. Повышенный уровень электромагнитных излучений; 3. Повышенная напряжённость электрического поля; 4. Повышенная или пониженная влажность воздуха; 5. Повышенный уровень шума.	1. Электрический ток (источником является ПК).	1. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03; 2. СанПиН 2.2.4.548 – 96; СП 52.13330.2011; 3. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96; 4. ГОСТ 12.1.003-83; ГОСТ 12.1.019-85.

8.1.1 Опасность поражения электрическим током

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током запрещается работать с компьютером, стендом «Гидравлический объект», с контроллером КРОСС в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), согласно [12], наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного соприкосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования. Таким образом, работа с компьютером, стендом и контроллером КРОСС может проводиться только в помещениях без повышенной опасности, и возможность поражения током может быть только при прикосновении непосредственно с элементами этих конструкций.

Инженер программист работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок, манипулятор «мышь» и клавиатура), стендом «Гидравлический объект», контроллером КРОСС. В данном случае существует опасность поражения электрическим током при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ПЭВМ, стенда «Гидравлический объект», контроллера КРОСС).

Наше помещение по опасности поражения электрическим током будет относиться к помещениям без повышенной опасности, то есть отсутствуют условия, создающие повышенную опасность [12].

В лаборатории используются приборы, потребляющие напряжение 220В переменного тока с частотой 50 Гц. Это напряжение опасно для жизни, поэтому необходимо применять надлежащие меры предосторожности.

Для защиты от поражения электрическим током все токоведущие части должны быть защищены от случайных соприкосновений с кожухами, корпус устройства должен быть заземлен. Согласно [14], заземление выполняется изолированным медным проводом сечением 1,5 мм², который присоединяется к общей шине заземления с общим сечением 54 мм² при помощи сварки. Общая шина присоединяется к заземлению, сопротивление которой не должно превышать 4 Ом. Питание устройств должно осуществляться от силового щита через автоматический выключатель, который срабатывает при коротком замыкании нагрузки.

8.1.2 Параметры микроклимата в помещениях

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Эти параметры по отдельности и в комплексе влияют на организм человека, определяя его самочувствие. По степени физической тяжести работа инженера-программиста относится к категории лёгких работ [10]. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с [9] и приведены в таблице 16.

Таблица 8.1.2.1 – Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата по СанПиН 2.2.4-548-96

Период года	Температура, С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	24	40-60	0,1
Тёплый	24	40	0,1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим (принудительным) путём. В помещении ВЦ должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м^3 на человека – не менее 30 м^3 в час на человека; при объёме помещения более 40 м^3 на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

В аудитории отсутствует принудительная вентиляция. Имеется лишь естественная, т.е. воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Естественная вентиляция допускается при условии, что на одного работающего приходится более 40 м^3 объема воздуха в помещении, согласно [12]. Поскольку в

помещении не выполняется требование к объему воздуха на одного работающего, то наличие принудительной вентиляции необходимо.

В зимнее время в помещении необходимо предусмотреть систему отопления. Она должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. В рассматриваемом помещении используется водяное отопление со встроенными нагревательными элементами и стояками.

8.1.3 Недостаток освещения рабочей зоны

Естественное освещение положительно влияет не только на зрение, но также тонизирует организм человека в целом и оказывает благоприятное психологическое воздействие. В связи с этим по санитарным нормам и правилам [12] все помещения должны иметь естественное освещение. В рассматриваемом помещении реализовано одностороннее боковое естественное освещение через два световых проема. С помощью естественного бокового освещения помещение освещается крайне неравномерно и только в светлое время суток [12].

Для производственных помещений допускается нормированные значения КЕО принимать в соответствии с таблицей 17.

В помещениях с боковым освещением, глубина которых по условиям технологии или выбору рациональных объемно-планировочных решений, не позволяет обеспечить нормированное значение КЕО, указанное в таблице 17 – для совмещенного освещения. Разряд зрительных работ в данном помещении равен III согласно СанПиН 2.1.1.1278-03.

Таблица 8.1.3.1 - Разряд зрительных работ СанПиН 2.1.1.1278-03

Разряд зрительных работ	Наименьшее нормированное значение КЕО, ен , % при совмещенном освещении	
	при верхнем или комбинирован-	при боковом освещении
I	3	1,2
II	2,5	1
III	2	0,7
IV	1,5	0,5
V и VII	1	0,3

Нормами, [15] для данных работ установлена необходимая освещенность рабочего места $E_n=300$ лк.

Согласно [12]:

– Минимальная освещенность при использовании ПЭВМ составляет $E_T=300\div 500$ лк.

– Освещенность рабочего стола должна быть не менее $300\div 500$ лк, что может достигаться установкой местного освещения.

– Местное освещение не должно создавать бликов на экране. Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура) за счет правильного выбора и расположения светильников, яркость бликов на экране не должна превышать 40 кд/м^2 .

– Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель.

Приведем проверочный расчет искусственного освещения в помещении.

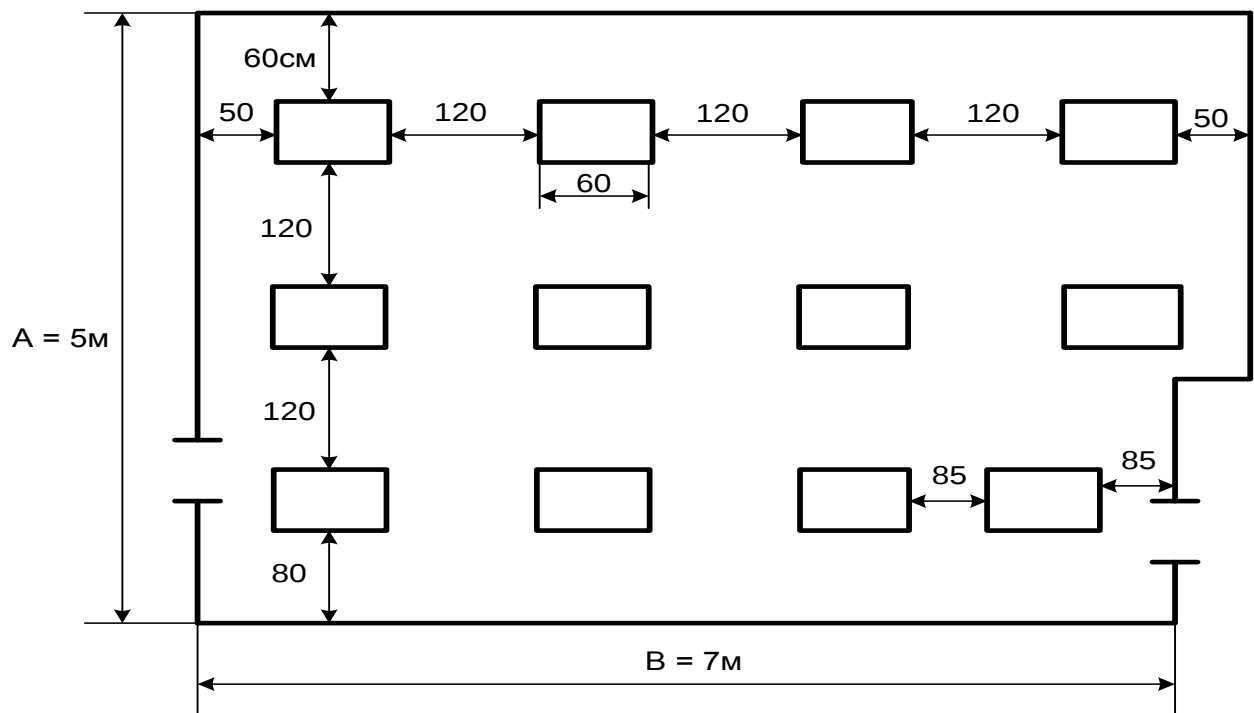


Рисунок 8.1.3.1 - Схема размещения источников света

Определим нормированное значение минимальной искусственной освещенности в помещении. Известно, что минимальная освещенность при использовании ПЭВМ, согласно [15], составляет $E_T=300$ лк.

Скорректируем величину освещенности E_T , т.к. с течением времени освещенность за счет уменьшения светового потока ламп и загрязнения светильника уменьшается.

Таким образом, с учетом минимальной освещенности в аудитории 113а должно быть:

$$E_T=300*1.5=450 \text{ лк.}$$

Минимальная освещенность при использовании ПЭВМ составляет $E_T=300\div 500$ лк, следовательно, фактическая освещенностью аудитории соответствует нормам [15].

8.1.4 Повышенное электромагнитное излучение

Большая часть ЭМИ происходит не от экрана монитора, а от видео-кабеля и системного блока. В портативных компьютерах практически все электромагнитное излучение идет от системного блока, располагающегося под клавиатурой. Современные машины выпускаются заводом-изготовителем

со специальной металлической защитой внутри системного блока для уменьшения фона электромагнитного излучения [10].

Согласно [9] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг ВДТ по электрической составляющей должна быть не более:

В диапазоне частот 5 Гц ÷ 2 кГц – 25 В/м;

В диапазоне частот 2 кГц ÷ 400кГц – 2,5 В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более:

В диапазоне частот 5 Гц ÷ 2 кГц – 250 нТл;

В диапазоне частот 2 кГц ÷ 400кГц – 25 нТл.

Возможные способы защиты от ЭМП:

Основной способ – увеличение расстояния от источника, во избежание последствий экран видеомонитора должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя [10];

Применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты, прошедших испытание в аккредитованных лабораториях и имеющих соответствующий гигиенический сертификат.

8.1.5 Ионизирующее излучение от дисплея на ЭЛТ компьютера

ЭЛТ мониторы SyncMaster 765 DFX, которые будут использованы в работе, являются источником ионизирующего излучения. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить торможение функций кроветворных органов, нарушение нормальной свертываемости крови и увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение сопротивляемости организма инфекционным заболеваниям и др. [10]

Доза облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 50 мкбэр/час. По нормам, согласно [9] конструкция ВДТ и ПЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса ВДТ не более 1 мкзв/ч. Способы защиты: применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты, прошедших испытание в

аккредитованных лабораториях и имеющих соответствующий гигиенический сертификат.

Использование мониторов стандарта MPR II с пониженным уровнем ионизирующего излучения.

При выполнении дипломной работы использовался монитор с низким уровнем излучения – соответствующий требованиям степени защиты TCO99.

8.1.6 Повышенный уровень шума

«Шум ухудшает условия труда, оказывает вредное воздействие на организм человека. Действие шума различно: он затрудняет разборчивость речи, вызывает снижение работоспособности, повышает утомляемость, вызывает необратимые изменения в органах слуха человека. Шум воздействует не только на органы слуха, но и на весь организм человека через центральную нервную систему. Ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе [10].

Производственные помещения, в которых для работы используются ПЭВМ, не должны граничить с помещениями, в которых уровень шума и вибрации превышают нормируемые значения. Допустимые уровни звукового давления и уровней звука, создаваемого ПЭВМ, согласно [9] не должны превышать значений, представленных в таблице 18.

Таблица 8.1.6.1 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука в дБА
31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	
86 дБ	71 дБ	61 дБ	54 дБ	49 дБ	45 дБ	42 дБ	40 дБ	38 дБ	50

Источником шума в лаборатории будут вентиляторы компьютеров. Исходя из вышесказанного и опираясь на субъективные ощущения можно сделать заключение, что шумовая обстановка на рабочем месте соответствует норме» [9].

8.2 Пожарная безопасность

Пожарная профилактика

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным относятся установление правил организации работ и соблюдение противопожарных мер.

8.2.1 Оценка пожарной безопасности помещения

Согласно СанПиН 2.2.2.542-96 [8], в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д.

В лабораторной аудитории, которую мы проектируем, будет множество деревянных изделий (столы, шкафы), электропроводов напряжением 220В, а также применение электронагревательных приборов с открытыми нагревательными элементами – паяльниками дает право отнести помещение по степени пожаро- и взрывобезопасности к категории В. Для категории В характерно наличие в помещении горючих веществ и материалов в холодном состоянии.

При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической сети может произойти возгорание, которое грозит уничтожением ЭВМ, документов и другого имеющегося оборудования. Система вентиляции может стать источником распространения возгорания.

Так как помещение оператора по степени пожаро-взрывобезопасности относится к категории В (согласно СанПиН 2.2.2.542-96 [8]), т.е. к помещениям, где характерно наличие негорючих веществ и материалов в холодном состоянии, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного, организационного плана.

В качестве возможных причин пожара можно указать следующие:

- короткое замыкание;
- перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции;
- возможность возгорания при пуске оборудования после ремонта.

Для предупреждения пожаров от коротких замыканий и перегрузок необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, дисплеев и других электрических средств автоматизации.

Следовательно, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного, организационного плана.

8.2.2 Анализ возможных причин загорания

Причиной загорания может быть:

- неисправность токоведущих частей установок;
- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

8.2.3 Мероприятия по устранению и предупреждению пожаров

Для предупреждения возникновения пожара необходимо соблюдать следующие правила пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий негорюемых или трудно сгораемых материалов.

Необходимо в аудитории проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильным размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.
- эксплуатационные мероприятия:
- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- содержание в исправности изоляции токоведущих проводников.

Технические мероприятия:

- соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В помещении ВЦ установлен рубильник, обесточивающий весь кабинет, на двери кабинета приведен план эвакуации в случае пожара, и на досягаемом расстоянии находится пожарный щит. Если возгорание произошло в

электроустановке, для его устранения должны использоваться углекислотные огнетушители типа ОУ–2.

– профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

Кроме устранения самого очага пожара, нужно своевременно организовать эвакуацию людей [9].

8.3 Экологическая безопасность

При выполнении данной работы отсутствуют воздействия на атмосферу и гидросферу. Присутствует воздействие на литосферу в виде отходов, возникающих при замене устаревшего или неисправного оборудования, образование отходов при печати документов.

Если используемое оборудование по каким-либо причинам выйдет из строя, и не будет поддаваться ремонту, то его необходимо будет утилизировать. Пластмассовые, железные детали, можно пустить на переработку. Переработке так же поддается и использованная и ненужная бумага, ее можно сдать в прием макулатуры.

Для сохранения окружающей среды организациям необходимо обращаться в утилизирующие компании.

Процедура утилизации для организации заключается в выполнении следующих этапов:

1. Выявление неисправного оборудования, которое подлежит утилизации.
2. Списание оборудования.
3. Формирование списка оборудования, передаваемого на утилизацию.
4. Подписание договора с утилизирующей компанией.

При переработке утилизирующая компания производит разбор техники. Определяет содержащиеся в ней компоненты и материалы, которые подлежат переработке в сырье для изготовления новой техники.

Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий является полный переход к

безотходным, малоотходным и энергосберегающим технологиям и производствам. Это потребует решение целого комплекса сложных технологических, конструкторских и организационных задач, основанных на использовании новейших научно-технических достижений, в частности внедрение в процесс проектирования новой радиоэлектронной аппаратура и средств ВТ.

Заключение

В процессе работы приведено:

- описание объекта управления и его роль в современной промышленности;
- краткий обзор современных систем автоматизации, описание программируемого контроллера SIMATIC S7-400 и сравнение их с контроллерами других фирм;
- детальное описание пакета программ Step 7;
- рассмотрены законы регулирования.

В процессе выполнения работы разработано программное обеспечение для управления гидравлическим объектом на языке FBD, выполнено конфигурирование аппаратных средств.

Conclusion

This work contains:

- description of the control target and its role in an industrial environment;
- an overview of modern automation systems, the description of SIMATIC S7-400 programmable controller and a comparison with other companies Controllers;
- detailed description of the Step 7 software package;
- law of control analyze.

In carrying out the work I have developed software to control the hydraulic object in the language of FBD and I configure the hardware.

Список литературы

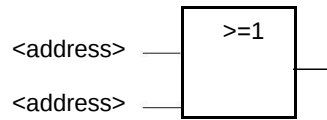
1. Г.П. Плетнев, Автоматизированное управление гидравлическими объектами химического производства, Москва, Энергоиздат, 1981.
2. Большая энциклопедия нефти и газа [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id202906p1.html>, свободный. – Загл с экрана.
3. ГОСТ 8.508-84 Государственная система обеспечения единства измерений, Метрологические характеристики средств измерений и точностные характеристики средств автоматизации ГСП. Общие методы оценки и контроля.
4. Бергер Г., Автоматизация посредством STEP 7 с использованием STL и SCL и программируемых контроллеров SIMATIC S7-300/400: Г. Бергер - 2-е изд., 2001, 1 диск.
5. И. Е. Грязнов, А. А. Кривошеин, А. В. Иванов, Средства программирования современных контроллеров, Известия ВолгГТУ, 2006 - №3 - С.5-6.
6. И.А. Елизаров, Ю.Ф. Мартемьянов, А.Г. Схиртладзе, Технические средства автоматизации. Программно- технические комплексы и контроллеры: учеб. пособие, 2-е изд.: «Издательство машиностроение-1», 2004 - 126с.
7. Siemens A&D Россия [Электронный ресурс] - режим доступа: <http://www.automation-drives.ru>.
8. SIMATIC. HMI WinCC V6 Начало работы: Руководство, 2003 - №3 - 118 С.
9. SIMATIC Программирование с помощью STEP 7 V5.3: Руководство, 2004 - №1 - 602 С.
10. Журнал компьютерной автоматизации [Электронный ресурс] - режим доступа: <http://www.mka.ru>.
11. Федоров, Ю. Н. Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка : учебно-практическое пособие / Ю. Н. Федоров. — М. : Инфра-Инженерия, 2008. — 926 с.
12. Г.П. Плетнев, Автоматизированное управление объектами тепловых электростанций, Москва, Энергоиздат, 1981.
13. Кузьминов А.Ю.Интерфейс RS232. Связь между компьютером и микро- контроллером. — М.: Радио и связь, 2004. — 168 с: ил.
14. Ключев А.С. Автоматическое регулирование: учебник для вузов.- М.: Высш. Шк., 1986.-351 с.
15. Изерман Р. Цифровые системы управления: Пер. с англ.- М.: 1984.- 541 с.
16. Корчагина Р.Л. Техничко-экономические обоснования при разработке радиоэлектронных приборов и устройств: учебное пособие по дипломному проектированию. – Л.: Механический институт, 1988.
17. Баранов А.Н., Пчелинцев В.А. Пожарная безопасность: учебное пособие. – М.: издательство АСВ, 1997 – 176 с.

18. СанПиН 2.2.2.542-96. Гигиенические требования к ВДТ и ПЭВМ, организации работы.
19. Безопасность жизнедеятельности/ Под ред. С. В. Белова. - М.: Высш.шк.,1999.
20. Охрана труда в машиностроении/ Под ред. Е.Я. Юдина.- М.:Машиностроение,1985.
21. Сибаров Ю. Г.и др. Охрана труда в вычислительных центрах. - шк.,1991 - М.:Машиностроение, 1990.
22. Охрана окружающей среды / Под ред. С.В. Белова. – М.: Высш.шк., 1991.
23. ПУЭ /Изд. Главэнергонадзор России, 6-е изд. – М.,1998.
24. СН 245-71.
25. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 824 с.

Приложение А

>=1 : OR Logic Operation

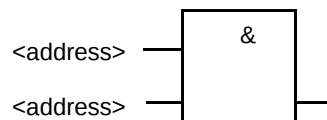
Symbol



Parameter	Data Type	Memory Area	Description
<address>	BOOL	I, Q, M, T, C, D, L	The address indicates the bit whose signal state will be checked.

& : AND Logic Operation

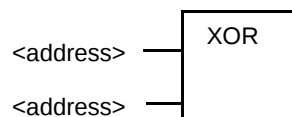
Symbol



Parameter	Data Type	Memory Area	Description
<address>	BOOL	I, Q, M, T, C, D, L	The address indicates the bit whose signal state will be checked.

XOR : Exclusive OR Logic Operation

Symbol



Parameter	Data Type	Memory Area	Description
<address>	BOOL	I, Q, M, T, C, D, L	The address indicates the bit whose signal state will be checked.



Insert Binary Input

Symbol

<address>

Parameter	Data Type	Memory Area	Description
<address>	BOOL	I, Q, M, T, C, D, L	The address indicates the bit whose signal state will be checked.

Negate Binary Input

Symbol



Description

The **Negate Binary Input** instruction negates the RLO.

When you negate the result of logic operation, you must remember certain rules:

- If the result of logic operation at the first input of an AND or OR box is negated, there is no nesting.
- If the result of logic operation is negated but not at the first input of an OR box, the entire binary logic operation before the input is included in the OR logic operation.

If the result of logic operation is negated but not at the first input of a AND box, the entire binary logic operation before the input is included in the AND logic operation.

= : Assign

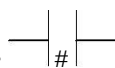
Symbol

<address> 

Parameter	Data Type	Memory Area	Description
<address>	BOOL	I, Q, M, D, L	The address specifies the bit to which the signal state of the string of logic operations is assigned.

: Midline Output

Symbol

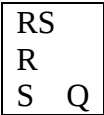
<address> 

Parameter	Data Type	Memory Area	Description
<address>	BOOL	I, Q, M, D, *L	The address specifies the bit to which the RLO will be assigned.

* You can only use an address in the local data stack if it is declared in the variable declaration table in the TEMP area of a code block (FC, FB, OB).

RS : Reset_Set Flip Flop

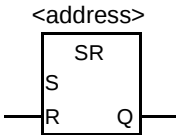
Symbol



Parameter	Data Type	Memory Area	Description
<address>	BOOL	I, Q, M, D, L	The address specifies which bit will be set or reset.
S	BOOL	I, Q, M, D, L, T, C	Reset instruction enabled
R	BOOL	I, Q, M, D, L, T, C	Set instruction enabled
Q	BOOL	I, Q, M, D, L	Signal state of <address>

SR : Set_Reset Flip Flop

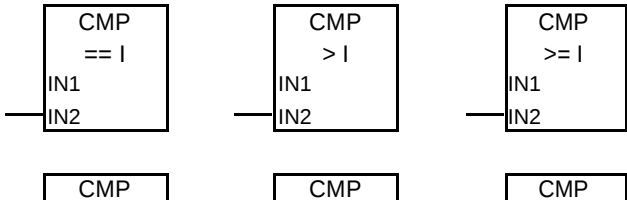
Symbol

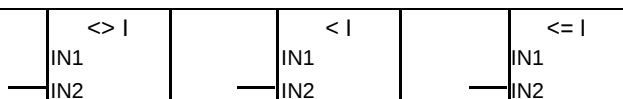


Parameter	Data Type	Memory Area	Description
<address>	BOOL	I, Q, M, D, L	The address specifies which bit will be set or reset.
S	BOOL	I, Q, M, D, L, T, C	Set instruction enabled
R	BOOL	I, Q, M, D, L, T, C	Reset instruction enabled
Q	BOOL	I, Q, M, D, L	Signal state of <address>

CMP ? I : Compare Integer

Symbol

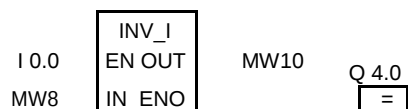




Parameter	Data Type	Memory Area	Description
IN1	INT	I, Q, M, D, L or constant	First value to compare
IN2	INT	I, Q, M, D, L or constant	Second value to compare
Box output	BOOL	I, Q, M, D, L	Result of the comparison

3.8 INV_I : Ones Complement Integer

Symbol



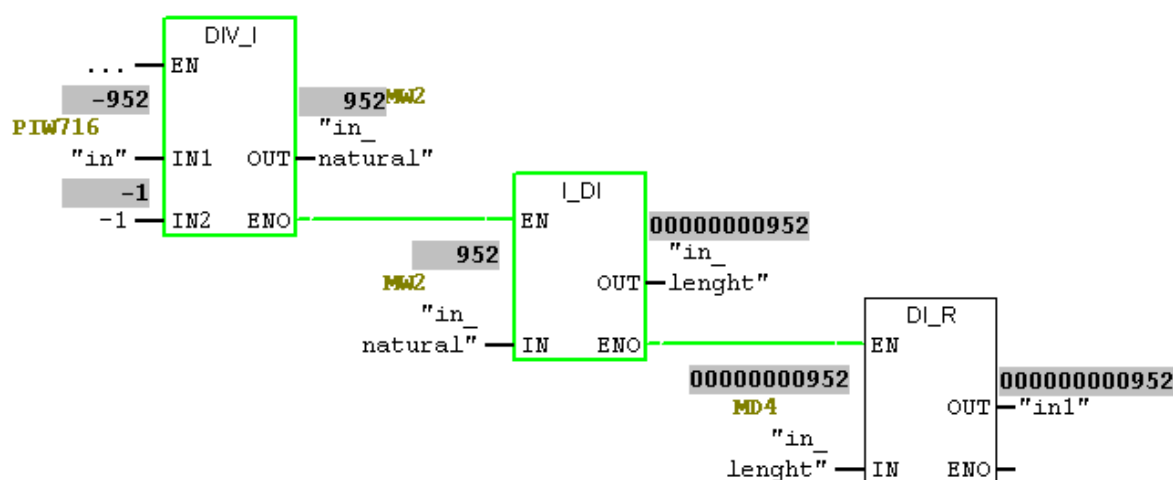
Parameter	Data Type	Memory Area	Description
EN	BOOL	I, Q, M, D, L, T, C	Enable input
IN	INT	L or constant	Input value
OUT	INT	L	Ones complement of the integer
ENO	BOOL	L	Enable output

Приложение В

Network1 реализует преобразование типа данных входного сигнала в необходимый. Блок DIV_I осуществляет инверсию входного сигнала типа INT. Блок I_DI преобразует входной значение в тип DINT. Последний блок данной цепи DI_R конвертирует D_INT в REAL.

Network 1: Преобразование входного сигнала

Comment:



Network 2 реализует задание константы с помощью блока XOR, реализующий булевскую функцию «сумма по модулю 2».

Network 2: Title:

Comment:



Network 3 реализует ПД-регулирование с помощью стандартного библиотечного блока CONT_C. Недействительные входы получают значения по умолчанию, прописанное в справочной информации данного блока. Подробнее о каждом действующем входе и выходе:

MAN_ON – определяет ручной или автоматический режим работы ПИД-регулятора. На вход подан лог. 0, что определяет автоматический режим.

P_SEL – включает необходимость использования пропорциональной составляющей в ПИД-регуляторе. Лог. 1 определяет использование её.

I_SEL – включает необходимость использования интегральной составляющей в ПИД-регуляторе. Лог. 0 определяет её не использование.

D_SEL – включает необходимость использования дифференциальной составляющей в ПИД-регуляторе. Лог. 1 определяет использование её.

CYCLE – определяет время цикла работы регулятора. Рекомендуемое значение в двадцать раз выше работы цикла контроллера. На вход подается значение типа TIME.

SP_INT – задает значение уставки. Необходимый тип данных – вещественный.

PV_INT – входное значение регулятора. Тип данных – вещественный.

GAIN – коэффициент пропорциональности.

TD – время дифференцирования.

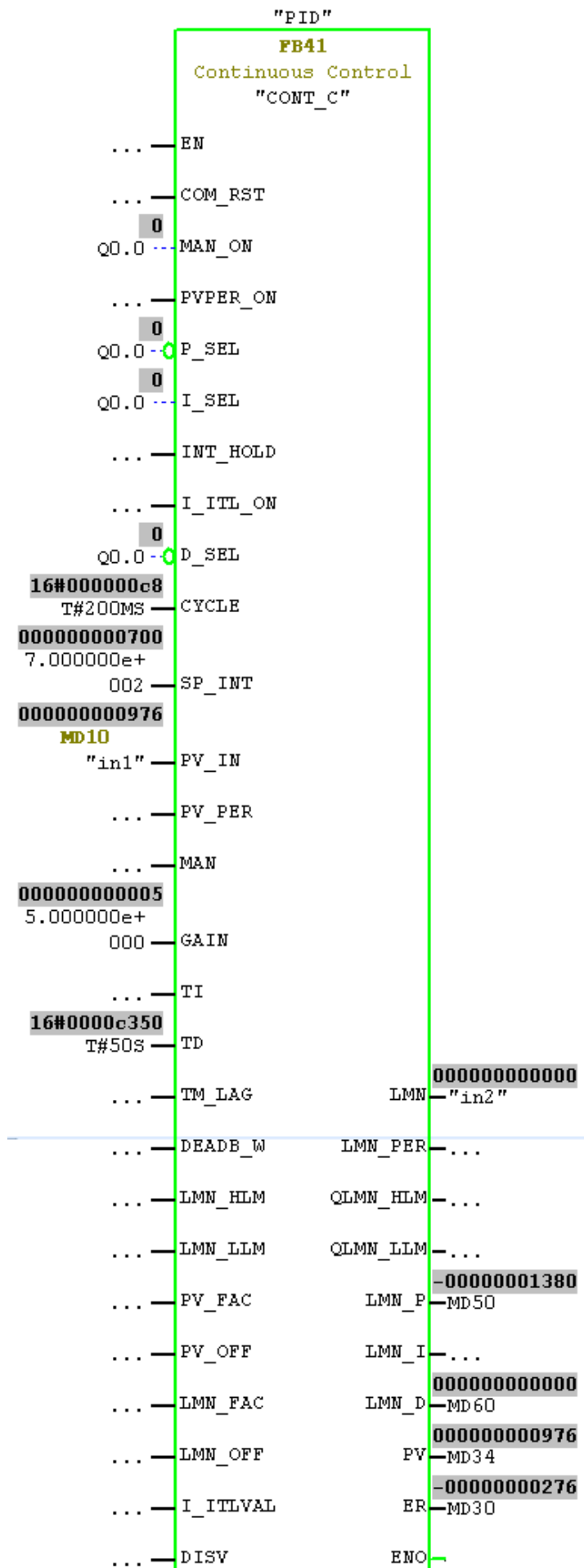
LMN – выход, формирующий управляющее значение в процентах.

LMN_P – воздействие, сформированное пропорциональным звеном.

LMN_D – воздействие, сформированное дифференциальным звеном.

PV – выход, дублирующий входной сигнал.

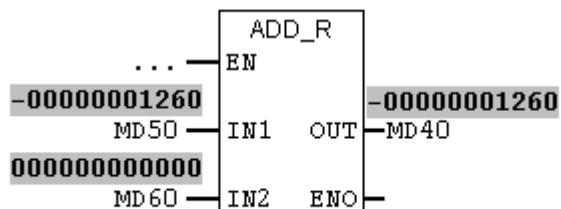
ER – значение ошибки.



Network 4 реализует управляющее воздействие, складывая воздействия от пропорциональной и дифференциальной составляющих.

Network 4 : Title:

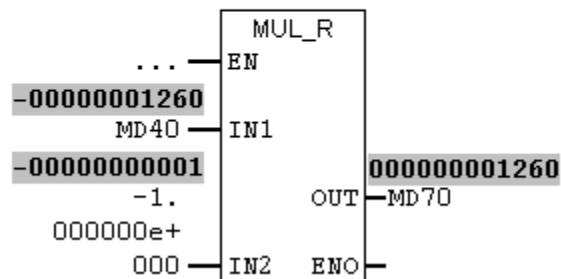
Comment:



Network 5 реализует инвертирование управляющего воздействия, которое в дальнейшем будет подвержено ШИМ.

Network 5 : Title:

Comment:



Network 6 реализует широтно-импульсную модуляцию для управления МЭО. Подробное описание использованных входов и выходов:

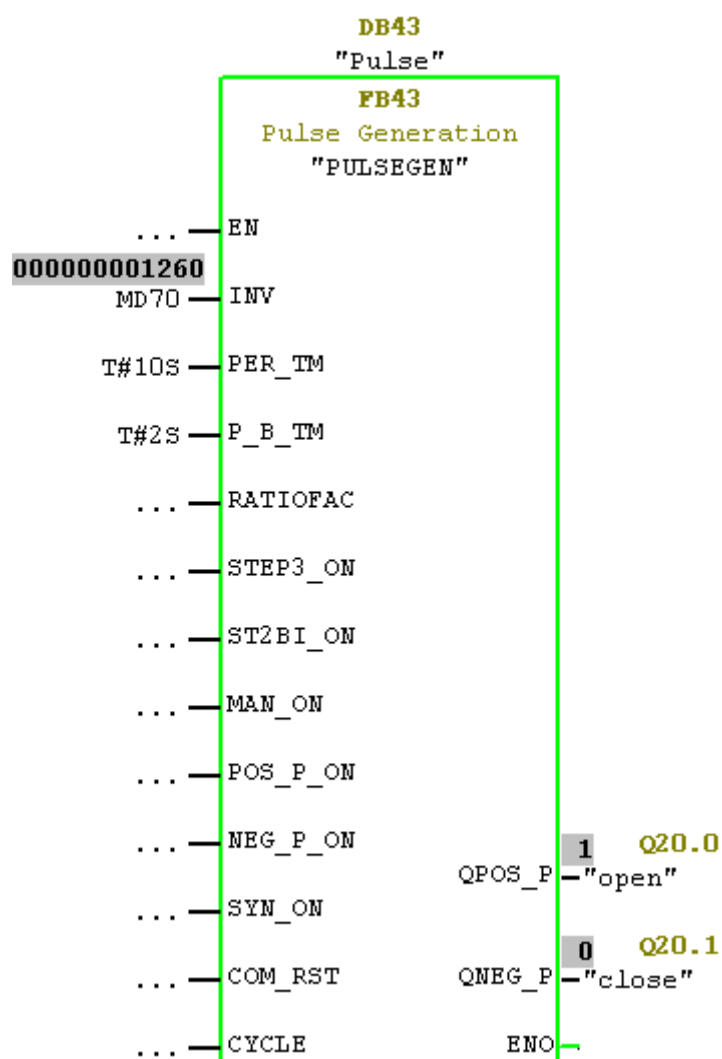
INV – входной сигнал, который будет отмодулирован.

PER_TM – время работы цикла блока.

P_B_TM – время паузы.

QPOS_P – положительный сформированный импульс.

QNEG_P – отрицательный сформированный импульс.



Network 7 реализует управление насосом на основе работы SR-триггера.

Network 7 : Pump

Управление насосом (дискретный датчик)

