

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию
в области автоматизации технологических процессов, производств и управления
в качестве учебно-методического пособия для студентов учреждений
высшего образования по направлению специальности 1-53 01 01-09
«Автоматизация технологических процессов и производств
(сельское хозяйство)»*

Минск
БГАТУ
2020

УДК 681.5(075)

ББК 32.965я7

Т38

Составитель

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры автоматизированных систем
управления производством *И. И. Гируцкий*

Рецензенты:

кафедра «Робототехнические системы»

Белорусского национального технического университета

(кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой *А. Р. Околов*);

кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» *В. К. Клыбик*

Технические средства автоматизации. Курсовое проектирование : учебно-методическое
Т38 пособие / сост. И. И. Гируцкий. – Минск : БГАТУ, 2020. – 64 с.
ISBN 978-985-25-0026-5.

Представлены методические рекомендации по выполнению курсовой работы: исходные данные и требования к объекту управления, варианты заданий, выбор технических средств автоматизации и разработка схемы автоматизации, обоснование принципа действия датчиков и их конструктивных особенностей, обоснование исполнительных механизмов и устройства управления, моделирование и проведение стендовых испытаний с использованием стендов «Мехатроника» и «Водоснабжение» на базе специализированного программного обеспечения. Приведен пример выполненной работы.

Предназначено для подготовки студентов к выполнению курсовых работ по учебной дисциплине «Технические средства автоматизации» направления специальности 1-53 01 01-09 «Автоматизация технологических процессов и производств (сельское хозяйство)».

УДК 681.5(075)

ББК 32.965я7

ISBN 978-985-25-0026-5

© БГАТУ, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Цель, задачи и тематика курсовой работы.....	5
Структура и содержание курсовой работы	9
Методические рекомендации по выполнению курсовой работы.....	11
Требования к оформлению курсовой работы	28
Список рекомендованных источников.....	33
ПРИЛОЖЕНИЕ А Пример выполнения расчетно-пояснительной записки к курсовой работе	35
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Пример выполнения графической части курсовой работы	58

ВВЕДЕНИЕ

Технические средства автоматизации (ТСА) относятся к техническим наукам со своим собственным языком, методами и инструментами. Технические науки (инженерные) опираются на математику, физику, но не связаны с открытием законов природы, а предназначены для создания технических решений, удовлетворяющих потребности человека. За последнее десятилетие существенно изменились состав и структура технических средств, применяемых в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУТП). Современные АСУТП создаются на основе нового поколения микропроцессорных контроллеров с широким спектром функциональных возможностей, интеллектуальных датчиков и исполнительных механизмов с применением локальных вычислительных сетей. Появился новый термин – мехатроника, под которой понимают системное взаимодействие механики и электроники под компьютерным управлением.

Основными чертами технического обеспечения современных АСУТП являются:

- широкое внедрение средств бесконтактного контроля параметров технологических процессов с набором унифицированных интерфейсов;
- ориентация на компьютеризированные контроллеры общепромышленного применения с набором языков программирования согласно требованиям стандарта МЭК 61131-3;
- использование интеллектуальных исполнительных механизмов.

Курсовая работа по дисциплине «Технические средства автоматизации» направлена на формирование умения самостоятельной работы по выбору технических средств автоматизации для систем управления технологическими процессами и установками.

Знание технических средств автоматизации необходимо и при дипломном проектировании, что позволит специалистам создавать проекты автоматизации технологических процессов и производств, и в практической работе инженера на производстве.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И ТЕМАТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Целью курсовой работы является формирование умения самостоятельной работы по выбору технических средств автоматизации для систем управления технологическими процессами и установками.

Задачами курсовой работы, как этапа подготовки к дипломному проектированию, являются:

- освоение, углубление, обобщение и проверка теоретических знаний и практических навыков по выбору и применению технических средств автоматизации;
- решение актуальных вопросов в области подготовки по специальности, демонстрация эрудиции и умение автора анализировать проблемы и предложить пути их решения, самостоятельно делать выводы.

Оригинальность постановки и решения конкретных вопросов в соответствии с проблематикой исследования, а также глубина, широта охвата и самостоятельность исследования являются основополагающими критериями оценки качества курсовой работы.

Материальная база для выполнения курсовой работы

С целью углубления практических навыков обоснования выбора и интеграции технических средств автоматизации при решении задач построения систем управления конкретными технологическими объектами, материальной базой для выполнения курсовой работы служат учебные лабораторные стенды, входящие в состав специализированного учебного класса. Каждый такой стенд включает в себя станцию «Мехатроника» или «Водоснабжение», компьютер с установленной на нем средой программирования и конфигурирования аппаратных средств, коммутационное оборудование с использованием интерфейса USB.

Тематика курсовой работы

Курсовая работа посвящена обоснованию выбора технических средств автоматизации и разработке на их основе системы автоматизированного управления технологическим процессом или установкой.

Варианты заданий курсовой работы

Выбор технических средств автоматизации осуществляется в соответствии с требованиями для заданного объекта автоматизации. Выбор темы курсовой работы производится в соответствии с таблицей 1, в которой приведены объект автоматизации, контролируемые параметры и требования к их измерению, тип устройства управления, требования к исполнительному механизму и алгоритму управления. Полностью исходные данные для курсовой работы приведены в индивидуальном задании на курсовую работу, которое выдается преподавателем (пример задания приведен в приложении А).

Таблица 1. Выбор вариантов курсовой работы

№ варианта	Объект автоматизации	Датчики	Исполнительные механизмы	Устройства управления
1	Станция водоснабжения	Электромагнитный расходомер с импульсным выходом; ультразвуковой уровнемер с выходом 0–10 В	Центробежный насос; Двигатель постоянного тока	ПЛК SIMATIC S7-1200
2		Электромагнитный расходомер с выходом 0–10 В	Двигатель постоянного тока	ПЛК SIMATIC S7-1200
3		Электромагнитный расходомер с выходом 4–20 мА	Асинхронный двигатель	ПЛК SIMATIC S7-1200
4		Ультразвуковой уровнемер с выходом 4–20 мА	Двигатель постоянного тока	ПЛК SIMATIC S7-1200
5		Два емкостных датчика нижнего и верхнего уровней	Двигатель постоянного тока	Схема
6		Два емкостных датчика нижнего и верхнего уровней	Асинхронный двигатель с частотным приводом	ПЛК SIMATIC S7-1200
7	Манипулятор	Магнитные ДКП на базе геркона в исходном состоянии цилиндров	3 цилиндра двухстороннего действия, 3 пневмораспределителя с 2 электромагнитами	Схема
8		Магнитные ДКП на базе эффекта Холла в конечном состоянии цилиндров	2 цилиндра двухстороннего действия и 1 цилиндр одностороннего действия, 3 пневмораспределителя с 2 электромагнитами	ПЛК
9		Магнитные ДКП на базе геркона в исходном и конечном состоянии цилиндров	2 цилиндра двухстороннего действия и 1 цилиндр одностороннего действия, 3 пневмораспределителя с 1 электромагнитом	Схема
10		Магнитные ДКП на базе эффекта Холла	1 цилиндр двухстороннего действия и 2 цилиндра одностороннего действия, 3 пневмораспределителя с 2 электромагнитами	ПЛК LOGO

Продолжение таблицы 2

№ варианта	Объект автоматизации	Датчики	Исполнительные механизмы	Устройства управления
11		Магнитные ДКП на базе геркона в исходном состоянии цилиндров	1 цилиндр двухстороннего действия и 1 цилиндр двухстороннего действия, 3 пневмораспределителя с 1 электромагнитом	ПЛК LOGO
12		Магнитные ДКП на базе эффекта Холла в конечном состоянии цилиндров	2 цилиндра двухстороннего действия и 1 цилиндр одностороннего действия, 3 пневмораспределителя с 1 электромагнитом	Схема
13	Стек-накопитель	Магнитные ДКП на базе геркона в исходном состоянии цилиндров	1 цилиндр двухстороннего действия и 1 цилиндр одностороннего действия, 2 пневмораспределителя с 1 электромагнитом	Схема
14		Магнитные ДКП на базе эффекта Холла в конечном состоянии цилиндров	1 цилиндр двухстороннего действия и 1 цилиндр одностороннего действия, 2 пневмораспределителя с 2 электромагнитами	ПЛК LOGO
15		Магнитные ДКП на базе геркона в исходном и конечном состоянии цилиндров	2 цилиндра двухстороннего действия, 2 пневмораспределителя с 1 электромагнитом	Схема
16		Магнитные ДКП на базе эффекта Холла	1 цилиндр двухстороннего действия, и 1 цилиндр одностороннего действия, 2 пневмораспределителя с 2 электромагнитами	ПЛК LOGO
17		Магнитные ДКП на базе геркона в исходном состоянии цилиндров	1 цилиндр двухстороннего действия, и 1 цилиндр одностороннего действия, 2 пневмораспределителя с 1 электромагнитом	ПЛК LOGO
18		Магнитные ДКП на базе эффекта Холла в конечном состоянии цилиндров	1 цилиндр двухстороннего действия, и 1 цилиндр одностороннего действия, 2 пневмораспределителя с 2 электромагнитами	Схема

Окончание таблицы 3

№ варианта	Объект автоматизации	Датчики	Исполнительные механизмы	Устройства управления
20	Конвейер	1 оптический (на поглощение) и 1 индуктивный ДКП	Двигатель постоянного тока, 24 В, 1 А, ДС	Схема
21		1 оптический (на отражение) и 1 индуктивный ДКП	Двигатель переменного тока, 24 В, 1 А, АС	ПЛК LOGO
22		1 оптический (на поглощение) и 1 магнитный ДКП	Двигатель постоянного тока, 220 В, 0,1 А, ДС	Схема
23		1 оптический (на отражение) и 1 магнитный ДКП	Двигатель переменного тока, 220 В, 0,1 А, АС	ПЛК LOGO
24		1 оптический (на отражение) и 1 индуктивный ДКП	Двигатель переменного тока, 220 В, 0,1 А, АС с ЧРП	ПЛК LOGO
25		1 оптический (на поглощение) и 1 магнитный ДКП	Двигатель постоянного тока, 24 В, 1 А, ДС	ПЛК LOGO

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа состоит из пояснительной записки и графической части. Она может включать макеты, модели, образцы и т. д. В курсовой работе по отдельным темам графическая часть может быть заменена другим материалом по решению кафедры и согласованию с деканом. Защита курсовой работы осуществляется с использованием электронной презентации.

Графический материал и пояснительная записка выполняются и оформляются в соответствии с требованиями ЕСКД, методическими указаниями кафедры к выполнению курсовой работы по данной дисциплине. Пояснительная записка должна иметь титульный лист (приложение А).

Пояснительная записка курсовой работы состоит из следующих разделов:

- задание на курсовую работу;
 - содержание;
 - введение – актуальность и значение темы, формулировка целей курсовой работы;
 - основная часть – краткие сведения о предметной области, краткий аналитический обзор, описание процесса разработки (исследования), обоснование выбора технических средств автоматизации (датчики, устройство управления, исполнительные механизмы);
 - спецификация выбранных средств автоматизации;
 - заключение – краткое подведение итогов проектирования, формулировка основных результатов, выводы;
 - список использованных источников (в пояснительной записке должны быть даны ссылки на перечисленные источники) оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления»;
 - приложения – материалы иллюстративного, вспомогательного характера; листинги разработанных программ; конструкторские, технологические, программные и иные проектные документы (в зависимости от характера разработки).
- В тексте курсовой работы должны быть отражены следующие вопросы:
1. Разработка схемы автоматизации.
 2. Требования к техническим средствам автоматизации.
 3. Принципы действия, статические и динамические характеристики выбранных датчиков.
 4. Климатическое исполнение и монтаж датчиков на объекте.
 5. Определение структуры программируемого контроллера.
 6. Определение параметров и характеристик исполнительных механизмов.

7. Разработка принципиальных электрических и пневматических схем.

8. Разработка и моделирование системы управления на базе выбранных технических средств автоматизации.

Заключение.

В графическую часть (объем – 4–6 листов формата А4) могут входить:

1. Схема автоматизации технологического процесса (формат А4 или А3).
2. Монтажный чертеж датчиков (формат А4 или А3).
3. Схема электрическая выходного каскада датчика (формат А4 или А3).
4. Схема электрическая входных/выходных каскадов контроллера (формат А4 или А3).
5. Схемы подключений дискретных и аналоговых входов/выходов к программируемому контроллеру (формат А4 или А3).
6. Принципиальная пневматическая схема установки (для объектов с пневмоприводом).

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа ограничивается подбором комплекта технических средств автоматизации в составе датчиков, устройства управления и исполнительных механизмов для заданного объекта автоматизации. Курсовая работа включает в себя разработку схемы автоматизации для заданного технологического объекта, подбор комплекта технических средств АСУТП в составе датчиков, устройства управления и исполнительных механизмов, а также разработку принципиальных электрических схем подключения датчиков и исполнительных механизмов к контроллеру или схемы управления.

1 Схема автоматизации

Схемы автоматизации являются основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации. Функциональные схемы автоматизации разъясняют процессы, протекающие в системе, определяют уровень автоматизации, организацию пунктов контроля, управления и защиты, оснащение средствами сбора, обработки и передачи информации и др.

При разработке функциональной схемы автоматизации технологического процесса необходимо решить следующие задачи:

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

На функциональной схеме условными обозначениями показывают технологическое оборудование, коммутации, органы управления и средства автоматизации с указанием связей между технологическим оборудованием и средствами автоматизации.

Функциональная схема автоматизации технологического объекта или процесса содержит:

- упрощенное изображение объекта управления, группы объектов или полностью технологического процесса, подлежащих автоматизации; все объекты показывают с принадлежащими им коммуникациями, на которых должны быть изображены основные рабочие органы (клапаны, краны, заслонки, шиберы и т. п.);

трубопроводы жидкости, пара, газа при однолинейном исполнении изображают условными обозначениями;

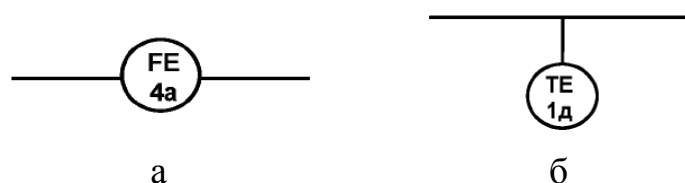
- обозначения мест установки датчиков автоматических устройств для отбора управляющих воздействий;
- обозначения мест установки регулирующих и запорных рабочих органов автоматических устройств;
- обозначения технических средств управления автоматического и операторного управления, принятых для управления отдельными объектами и процессом в целом, с указанием их расположения по месту (на объектах или коммуникациях) и на щитах и пультах управления;
- функциональные цепи – линии связи как между отдельными элементами автоматического устройства (комплекса), так и между комплексами автоматических устройств, объединенных общей цепью управления.

Технологическое оборудование на функциональной схеме изображают упрощенно (без масштаба и второстепенных деталей), но, как правило, в соответствии с действительной конфигурацией. Коммуникации, органы управления, средства измерения и автоматизации показывают схематически условными обозначениями. Технологическое оборудование и коммуникации должны показывать взаимное расположение и взаимодействие со средствами измерения и автоматизации.

Элементы и детали, расположенные внутри объекта автоматизации, изображают на функциональной схеме только в том случае, если они соединяются или взаимодействуют со средствами измерения и автоматизации. Трубопроводы показывают в соответствии с технологической схемой или только те части, где они взаимодействуют или соединяются со средствами измерения и автоматизации. Рядом с трубопроводами показывают стрелками направление потока среды в соответствии с технологической схемой.

Приборы и средства автоматизации, вмонтированные в технологическое оборудование и коммуникации или механически с ними связанные, изображают на схемах автоматизации в непосредственной близости к технологическому оборудованию. К ним относятся: отборные устройства; приборы измерения давления, уровня, состава вещества; приемные устройства, воспринимающие воздействие измеряемых и регулируемых величин (суживающие устройства, ротаметры, термометры сопротивления, термопары и т. п.); исполнительные устройства, регулирующие и запорные органы.

Условное графическое обозначение приборов, встраиваемых в технологические коммуникации, показывают в разрыве линий изображения коммуникаций в соответствии с рисунком 1а, устанавливаемых на технологическом оборудовании (с помощью закладных устройств) показывают рядом (рисунок 1б). Условное графическое обозначение приборов по ГОСТ 21.208–2013.

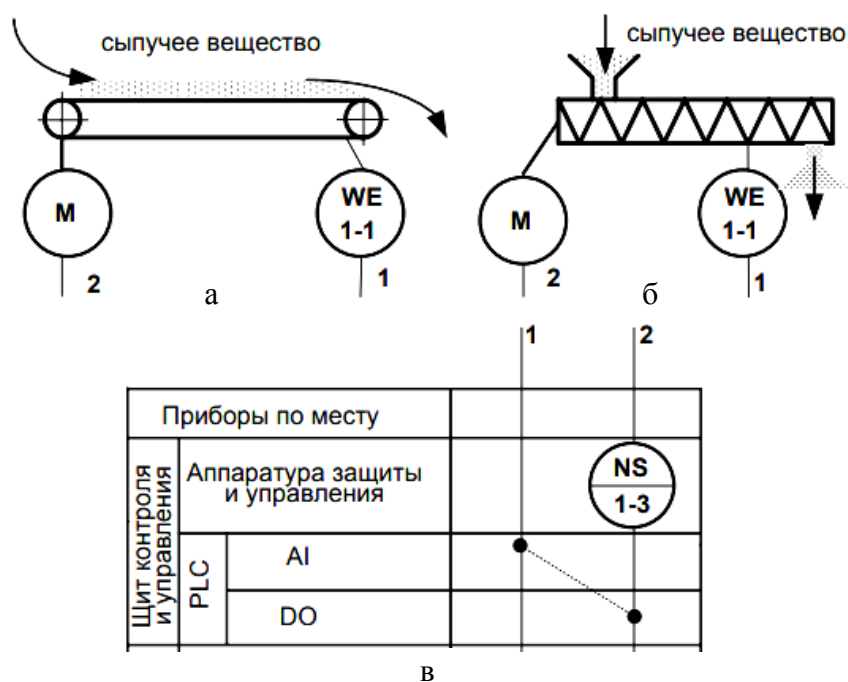


а – расходомер жидкости с аналоговым выходом, встроенный в трубопровод;
 б – датчик температуры, контактирующий с технологическим оборудованием

Рисунок 1 – Примеры условных графических изображений ТСА

Остальные технические средства автоматизации показывают условными графическими обозначениями в прямоугольниках, расположенных в нижней части схемы. Каждому прямоугольнику присваивают заголовки, соответствующие показанным в них техническим средствам.

Первым располагают прямоугольник, в котором показаны внештатные приборы, конструктивно не связанные с технологическим оборудованием, с заголовком «Приборы местные», ниже – прямоугольники, в которых показаны комплексы технических средств, например пускатели, кнопки, преобразователи, контроллер, панель и т. д. При этом прямоугольник, изображающий контроллер, делят горизонтальными линиями на части, число которых соответствует количеству блоков. Условные наименования или типы блоков наносят с левой стороны прямоугольника рядом с наименованием комплекса. Точки входа и выхода сигналов на прямоугольниках соответствующих блоков показывают кружками диаметром 1,5–2,0 мм (рисунок 2).



а – транспортер сыпучего вещества с приводом М и датчиком расхода WE;
 б – шнек с приводом М и датчиком расхода WE; в – щит контроля и управления

Рисунок 2 – Примеры схемы автоматизации с различным технологическим оборудованием

На основании схемы автоматизации разрабатываются требования по информационному и техническому обеспечению АСУ ТП. Информационное обеспечение включает перечень входных и выходных сигналов и данных. В перечне входных сигналов указывают:

§ для аналоговых сигналов – наименование измеряемой величины, единицы измерения, диапазон измерения, требования к точности и периодичности измерения, тип сигнала;

§ для дискретного сигнала – наименование, разрядность и периодичность, тип сигнала;

§ для сигнала типа «да–нет» – источник формирования и смысловое значение сигнала.

Техническое обеспечение включает выбор датчиков, устройств управления и исполнительных механизмов.

2 Обоснование выбора датчиков

В соответствии с требованиями задания, схемы автоматизации и конструкции объекта необходимо осуществить выбор датчиков технологических параметров. Изучаем научно-техническую литературу, осуществляем поиск в Интернете (рисунок 3). При выборе технических средств, реализующих требования к информационному обеспечению АСУТП, необходимо использовать унифицированные системы ГСП, характеризующиеся простотой сочетания, взаимозаменяемостью, удобством компоновки на щитах и пультах управления.

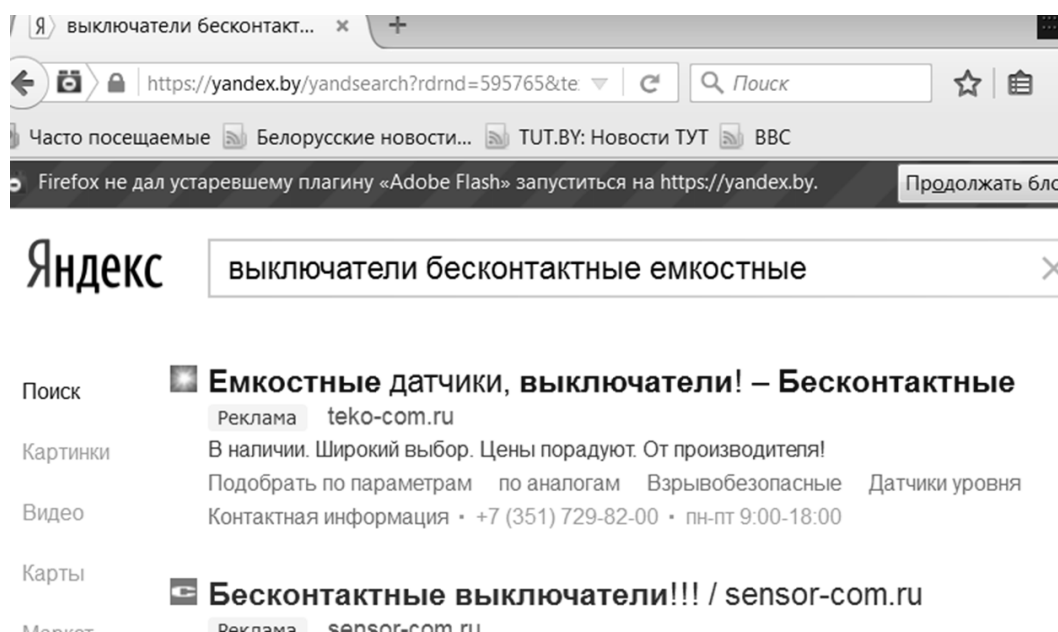


Рисунок 3 – Окно поиска информации в Интернете

Применение специально разработанных приборов допускается только в тех случаях, когда типовой прибор либо отсутствует, либо его применение не обеспечивает выполнение технических условий работы и предъявляемых к нему требований.

При выборе технических средств автоматизации необходимо учитывать характер технологического процесса, условия пожаро- и взрывоопасности, токсичность и агрессивность окружающей среды; параметры и физико-химические свойства измеряемой среды; дальность передачи сигналов информации от места установки измеряемых преобразователей до пунктов контроля и управления.

Требования к качеству работы системы автоматического контроля включает в себя основные метрологические данные; точность измерения; порог чувствительности; быстродействие системы.

Формулирование требований к метрологическим данным является ответственной задачей, которая должна решаться на основе глубокого анализа технологического процесса, выявления роли, которую играет каждый измеряемый параметр в технологической схеме. Обычно класс точности измерительных приборов в сельскохозяйственном производстве составляет 0,25–1,5; порог чувствительности – не более 0,05 %–0,1 % от диапазона измерения, быстродействие – не более 16 с. Достижение этих показателей возможно при использовании малоинерционных чувствительных элементов и компенсационных методов измерения. Следует учитывать, что чрезмерная точность приводит к существенному удорожанию системы автоматизации, усложняет эксплуатацию приборов и требует высококвалифицированного обслуживания. В тех случаях, когда точность измерения не регламентирована общегосударственным или ведомственными техническими условиями, можно руководствоваться следующими рекомендациями по выбору класса точности средств измерений:

класс 0,5 – приборы для контроля и регистрации ответственных параметров, характеризующих качество процесса;

класс 1,0–1,5 – приборы среднего класса точности;

класс 2,5 – приборы для измерения параметров, непосредственно не влияющих на качество продукта и работу аппарата;

класс 4,0 – грубые приборы для оценки измерений неответственных параметров.

Основой для выбора чувствительного элемента (датчика) служат характеристика контролируемой среды и диапазон изменения контролируемого параметра. В случае непосредственного контакта чувствительного элемента с контролируемой средой возможно нежелательное влияние пищевых продуктов на конструктивные узлы датчиков – прежде всего, коррозионного и эрозионного характера. Поэтому в сельском хозяйстве применяют конструкции из нержавеющей стали,

наносят на них антикоррозионные покрытия и т. п. При выборе чувствительных элементов необходимо также учитывать возможное влияние материалов, из которых они изготовлены, на качество пищевых продуктов.

Выбор диапазона измерений должен учитывать возможные значения контролируемого параметра в условиях нормальной работы, а также при проведении некоторых вспомогательных операций: мойка, стерилизация и т. п.

Принято считать, что номинальное значение измеряемого параметра должно составлять примерно $\frac{2}{3}$ от диапазона измерений прибора. Однако здесь следует учитывать характер изменения контролируемой величины. Для большинства технологических измерений максимальное значение контролируемой величины может лежать в пределах последней четверти диапазона шкалы. При резких изменениях нагрузки этот максимум должен находиться в пределах 0,5–0,7 от диапазона шкалы.

Изучаем характеристики выбранных датчиков на соответствие исходным требованиям. Проверяем возможность использования выбранного датчика для решения задачи. Разрабатываем электрические схемы подключения датчиков к контроллеру. Необходимо осветить следующие вопросы:

- принцип действия;
- статические и динамические характеристики;
- особенности монтажа;
- схемы выходных интерфейсных каскадов.

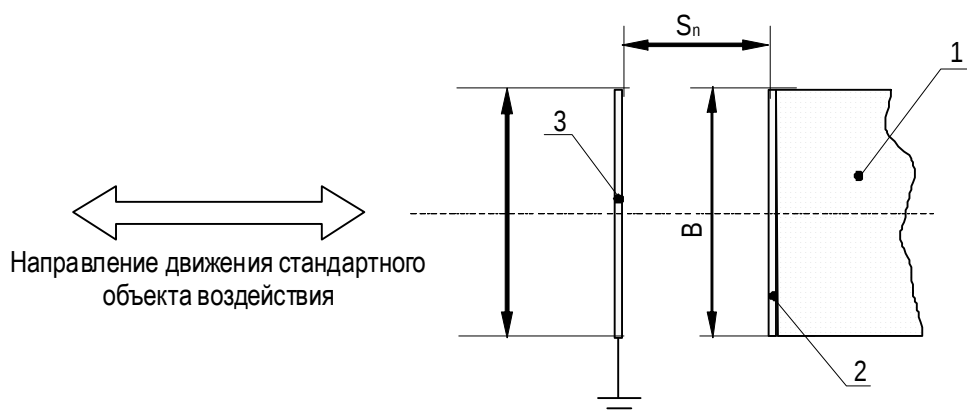
В качестве примера рассмотрим последовательность выбора датчика уровня жидкости в баке. Дискретный датчик уровня (level switch) срабатывает, если резервуар заполнен до заданной высоты. Принцип работы зависит от свойств контролируемого вещества: вода, зерно, комбикорм и т. п. Датчик может показывать непрерывно текущий уровень или выдавать дискретный сигнал, когда уровень достигает места установки датчика.

В качестве популярного примера можно рассматривать поплавков, находящийся на поверхности жидкости и действующий как концевой выключатель при достижении определенного уровня. Технические решения могут быть разные. Так, на поплавке может быть установлен магнит, вызывающий срабатывание контактов геркона. Геркон – магнитоуправляемый контакт, в силу своей пыле- и влаго непроницаемости может надежно работать в сложных производственных условиях. Для той же цели часто используют фотоэлектрические датчики. Для воды и сыпучих материалов применяют емкостные датчики приближения (proximity sensors). По мере повышения уровня заполнителя из пространства между стенкой сосуда и емкостным зондом вытесняется воздух и заполняется контролируемым веществом. Если при этом изменяется диэлектрическая проницаемость, то изменяется

емкость образованного ими конденсатора, которую можно измерить стандартными методами. Уровень можно измерять и датчиком давления, установленным на дне сосуда, поскольку величина давления будет прямо пропорциональна высоте заполнения. В этом случае может вырабатываться как непрерывный (текущий уровень), так и бинарный (достижение заданного уровня) сигнал.

В качестве конкретного технического решения рассмотрим выключатели бесконтактные емкостные типа ВБЕ (в дальнейшем – выключатели), предназначенные для применения в качестве элементов управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности, в том числе на опасных производственных объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Принцип работы выключателя основан на взаимодействии электрического поля, создаваемого чувствительным элементом выключателя (емкостными пластинами РС-генератора), с внешним объектом воздействия (рисунок 4).

В исходном состоянии генератор заторможен. При приближении объекта к чувствительному элементу выключателя генератор возбуждается, его колебания демодулируются, и пороговое устройство опрокидывается, что приводит к изменению коммутационного состояния выходного ключа выключателя. Выключатели наиболее широко применяются для контроля заполнения резервуаров жидким, порошкообразным или сыпучим веществом, а также для позиционирования и счета металлических и не металлических предметов. В качестве управляющих объектов для емкостных выключателей могут использоваться любые материалы: магнитные и не магнитные, проводники и диэлектрики, твердые и жидкие. Выходной сигнал выключателя управляет нагрузкой, в качестве которой может быть использованы: обмотка реле, контактор, вход контроллера и пр.



- 1 – испытуемый выключатель; 2 – активная поверхность выключателя;
 3 – стандартный объект воздействия (СОВ);
 S_n – номинальное расстояние воздействия

Рисунок 4 – Принцип действия емкостного выключателя

Функциональная схема выключателя состоит из RC-генератора, демодулятора, порогового устройства (компаратора) и ключевого элемента (рисунок 5).

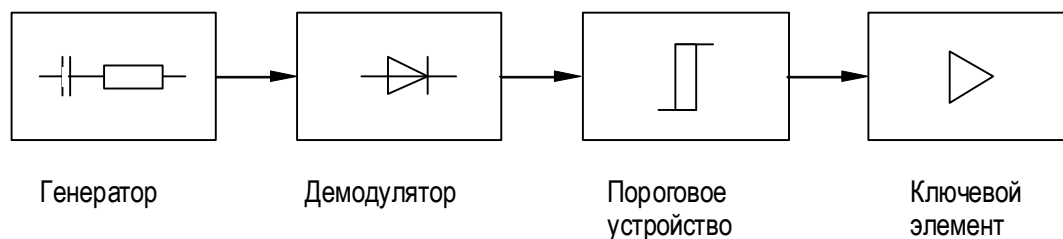


Рисунок 5 – Функциональная схема выключателя

Расстояние чувствительности датчика зависит от величины диэлектрической проницаемости объекта воздействия (рисунок 6).

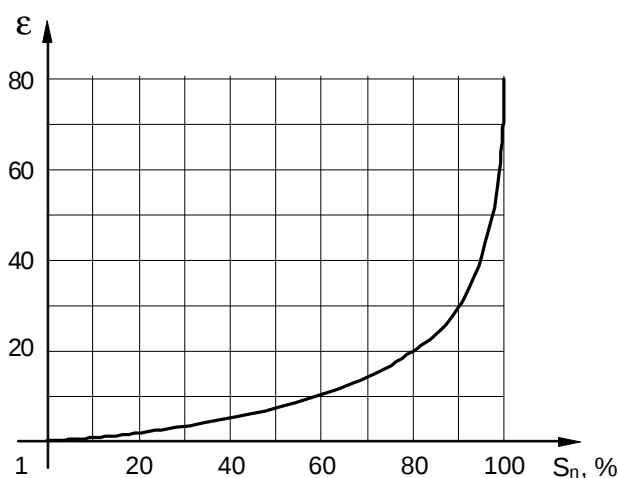


Рисунок 6 – График зависимости относительного расстояния воздействия выключателей

Поэтому при использовании емкостного выключателя в конкретных задачах необходимо учитывать величины относительной диэлектрической проницаемости используемых материалов.

С учетом условий эксплуатации выбираем климатическое исполнение датчика проверяем возможность и вырабатываем требования к монтажу емкостного выключателя на конкретном объекте (рисунок 7).



Рисунок 7 – Пример монтажа выключателей для контроля уровня жидкости

Выбираем конкретные размеры исполнения датчика.

Изучаем принципиальные электрические схемы выходных каскадов выключателей (рисунок 8) с целью выбора исполнения и возможного подключения к контроллеру.

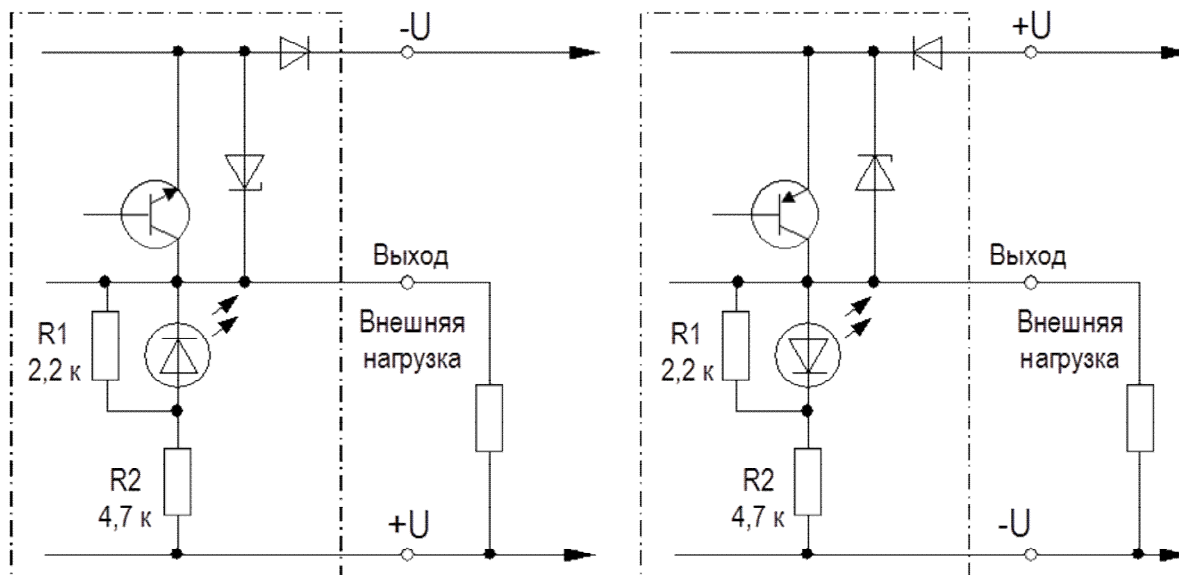


Рисунок 8 – Схемы выходных каскадов трехпроводных выключателей с подключенной нагрузкой с общим плюсом (n-p-n) и с общим минусом (p-n-p)

С учетом требований к источнику питания (выходное напряжение при минимальной нагрузке и максимальном напряжении сети не должно превышать 30 В), при необходимости определяемся с источником питания емкостных выключателей (рисунок 9).

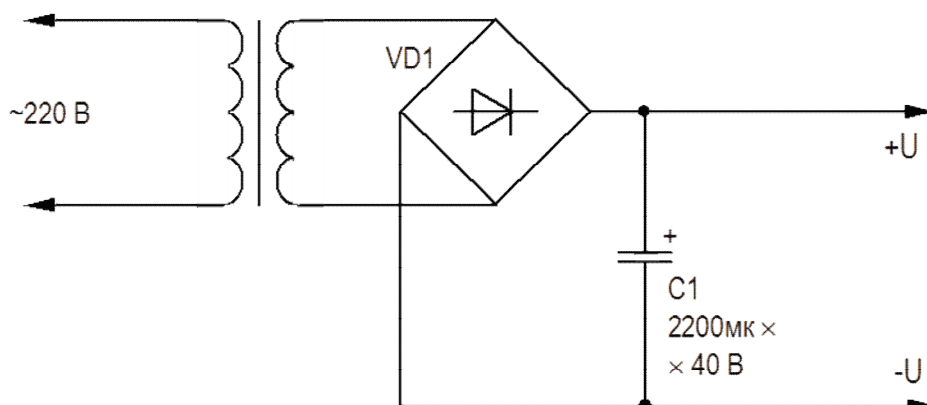


Рисунок 9 – Схема источника питания выключателей

Схема подключения датчика к дискретному входу контроллера (в качестве примера) приведена на рисунке 10.

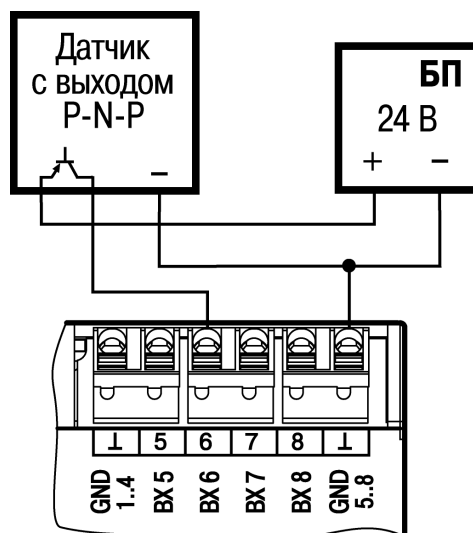


Рисунок 10 – Схема подключения выключателя к дискретному входу ПЛК

Аналогичным образом определяем все датчики, необходимые для реализации задания. Следующим шагом является выбор исполнительных механизмов.

3 Выбор исполнительных механизмов

Наиболее распространенным видом исполнительных механизмов являются электрические двигатели различных типов.

Двигатели постоянного тока широко используются в качестве сервомоторов, несмотря на то, что в настоящее время для этого применяются двигатели переменного тока. Основным недостатком двигателей постоянного тока является наличие механического коммутатора (коллектора), который ограничивает как мощность, так и частоту вращения двигателя. Управление двигателем постоянного тока осуществляется изменением напряжения, приложенного к ротору, иногда – напряжением возбуждения. Применение для этого переменных резисторов, включенных последовательно с источником питания, имеет много недостатков. Более эффективный способ управления напряжением питания – использование полупроводниковых приборов и широтно-импульсного управления. Скважность импульсов формируется таким образом, что среднее значение напряжения имеет заданный уровень. В качестве переключателей в схемах управления двигателями обычно используются тиристоры и мощные транзисторы.

Двигатели переменного тока (a.c. motor), как правило, применяются в тяжелых эксплуатационных условиях и особенно широко – в сельскохозяйственном производстве. Основными преимуществами двигателей переменного тока являются:

- экономичность;
- надежность и простота конструкции;

- высокая эксплуатационная надежность;
- простое энергопитание, совместимое с распространенной системой электроснабжения.

Отрицательными чертами двигателей переменного тока являются: более низкий момент, чем у двигателей постоянного тока, и более сложные цепи управления частотой вращения.

Поскольку чаще всего на производстве применяются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, то все дальнейшие обсуждения будут касаться именно этого типа электродвигателей. Частотный способ является наиболее перспективным для регулирования асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Потери мощности при таком регулировании невелики, поскольку потери скольжения минимальны.

Для частотного регулирования применяют в основном полупроводниковые преобразователи (рисунок 11), принцип действия которых основан на особенности работы асинхронного двигателя, где частота вращения магнитного поля статора зависит от частоты напряжения питающей сети. Скорость вращения поля статора определяется по следующей формуле:

$$n1 = 60 \cdot f / p,$$

где $n1$ – частота вращения поля (об/мин);

60 – коэффициент пересчета мерности;

f – частота питающей сети (Гц);

p – число пар полюсов статора.

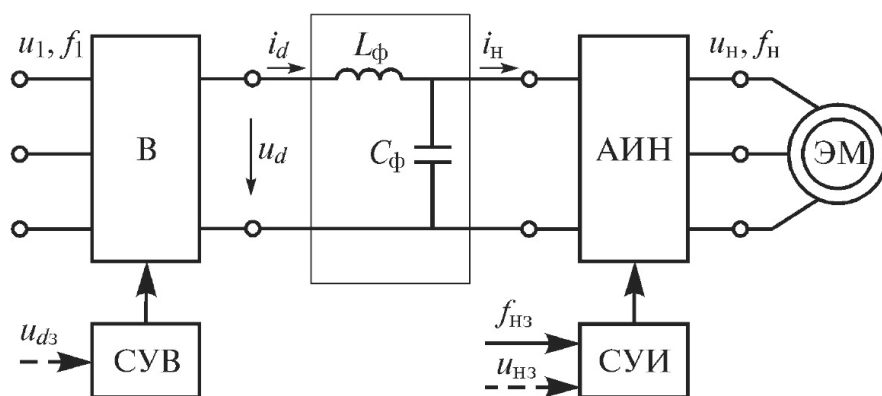


Рисунок 11 – Функциональная схема частотного электропривода

Этот способ обеспечивает плавное регулирование скорости в широком диапазоне, а механические характеристики обладают высокой жесткостью.

Увеличение/снижение скорости асинхронного двигателя можно произвести путем задания функций цифровых входов или путем подачи аналогового сигнала.

После выбора датчиков и исполнительных механизмов определяем состав программируемого контроллера.

4 Выбор программируемого контроллера

Микропроцессорный контроллер (синонимы этого термина – программируемый контроллер (ПК), программируемый логический контроллер (ПЛК), компьютеризированный контроллер (КК)) собирает информации с датчиков, реализует алгоритм управления программным путем и вырабатывает управляющие команды на исполнительные механизмы. Микропроцессорный контроллер – специализированный компьютер, предназначенный для построения систем управления технологическими процессами. Базовое отличие – развитый интерфейс ввода/вывода электрических сигналов, приспособленный для работы в производственных условиях (рисунок 12).

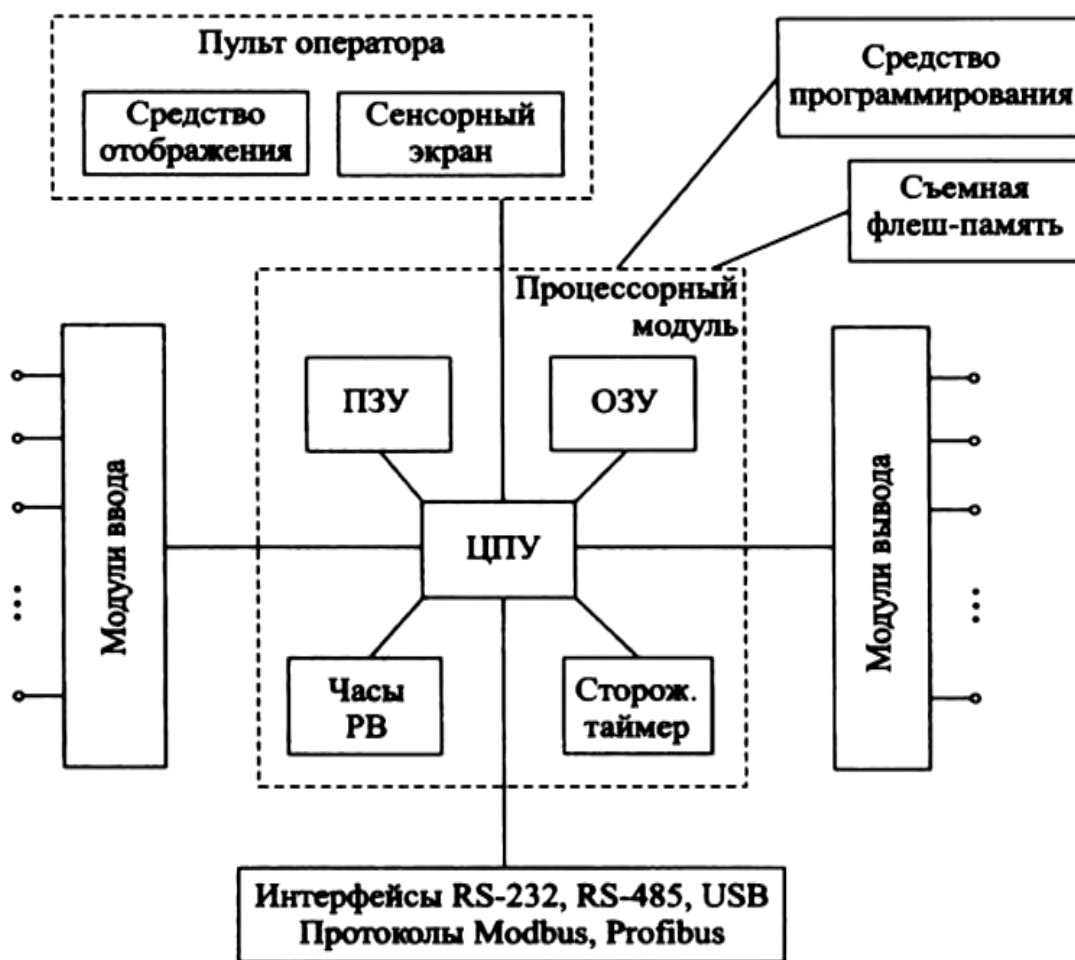


Рисунок 12 – Структура микропроцессорного контроллера

Таким образом, контроллер предназначен для приема и обработки информации, поступающей от первичных преобразователей и дискретных датчиков, выдачи управляющих сигналов на исполнительные механизмы и устройства сигнализации, а также для передачи информации на операторскую станцию. Являясь проектно-компонуемым изделием, контроллер представляет собой набор технических средств, в состав которого входят модуль процессора, модули УСО (устройство связи с объектом) и прочие компоненты, объединенные между собой общей стандартной или специализированной шиной. Связь контроллера с датчиками и исполнительными механизмами осуществляется с помощью модулей УСО. Имеются четыре основные разновидности модулей УСО:

- модули аналогового ввода;
- модули аналогового вывода;
- модули дискретного ввода;
- модули дискретного вывода.

Основные характеристики модулей дискретного ввода:

- количество входных каналов;
- тип дискретного сигнала.

Модули дискретного ввода получают сигналы от датчиков, имеющих два стабильных состояния (вкл/выкл или лог. 1/лог. 0). Дискретный сигнал, например, может иметь следующие характеристики:

- уровень логического 0 – не более 2 В;
- уровень логической 1 – от 4 до 30 В.

Основные характеристики модулей дискретного вывода:

- количество выходных каналов;
- тип дискретного выходного сигнала.

Модули дискретного вывода формируют сигналы для устройств сигнализации и исполнительных механизмов, имеющих два стабильных состояния (вкл/выкл или лог. 1/лог. 0). Дискретный выходной сигнал, например, может иметь следующие характеристики:

- тип выхода – «открытый коллектор»;
- коммутируемое постоянное напряжение – до 30 В;
- коммутируемый постоянный ток – до 100 мА.

Основные характеристики модулей аналогового ввода:

- количество входных каналов;
- тип входного сигнала.

Модули аналогового ввода могут получать сигналы от нормирующих преобразователей, а также непосредственно от датчиков температуры, давления,

сигналов к датчикам и исполнительным механизмам. На основании полученного необходимого количества аналоговых и дискретных входов и выходов, а также с учетом характеристик их сигналов, осуществляют выбор необходимого числа модулей УСО, указывая их назначение, входные и выходные характеристики.

Для обеспечения согласования с выполняемыми курсовыми работами по теории автоматического управления и микропроцессорной технике систем автоматизации в качестве базового контроллера необходимо применить контроллер S7-1200 DC DC или контроллер LOGO. Программируемый контроллер S7-1200 способен решать логические задачи, задачи автоматического регулирования и управления перемещением, выполнять математическую обработку информации. Он обладает широкими функциональными возможностями, отличается относительно невысокой стоимостью и может использоваться во всех секторах промышленного производства, а также в системах автоматизации зданий. Программируемые контроллеры S7-1200 выпускаются в двух исполнениях:

- SIMATIC S7-1200 для эксплуатации в стандартных промышленных условиях:
 - монтаж в шкафы управления внутренней установки;
 - отсутствие конденсата;
 - диапазон рабочих температур от 0 до +55 °С.
- SIPLUS extreme S7-1200 для эксплуатации в тяжелых промышленных условиях:
 - монтаж в шкафы управления внутренней или наружной установки;
 - возможность появления конденсата и льда;
 - наличие в воздухе химически, биологически и механически активных веществ;
 - диапазон рабочих температур от –40 °С до +70 °С, от –40 °С до +60 °С или от 0 до +55 °С.

В базовой комплектации контроллер имеет 14 дискретных входов, включая два счетных, 10 дискретных выходов и 2 аналоговых входа (рисунок 13).

Схема входного каскада контроллера обеспечивает гальваническую развязку между сигналом с датчика и процессором контроллера (рисунок 14).

В качестве выходных ключей используются полевые и биполярные транзисторы (рисунок 15) или реле.

При необходимости возможно добавление модулей расширения. Так, при необходимости наличия аналогового выхода возможно использование сигнальной платы SB-1232 с 1 аналоговым выходом.

После выбора датчиков, исполнительных механизмов и контроллера необходимо разработать принципиальные электрические схемы подключения датчиков и исполнительных механизмов к контроллеру.

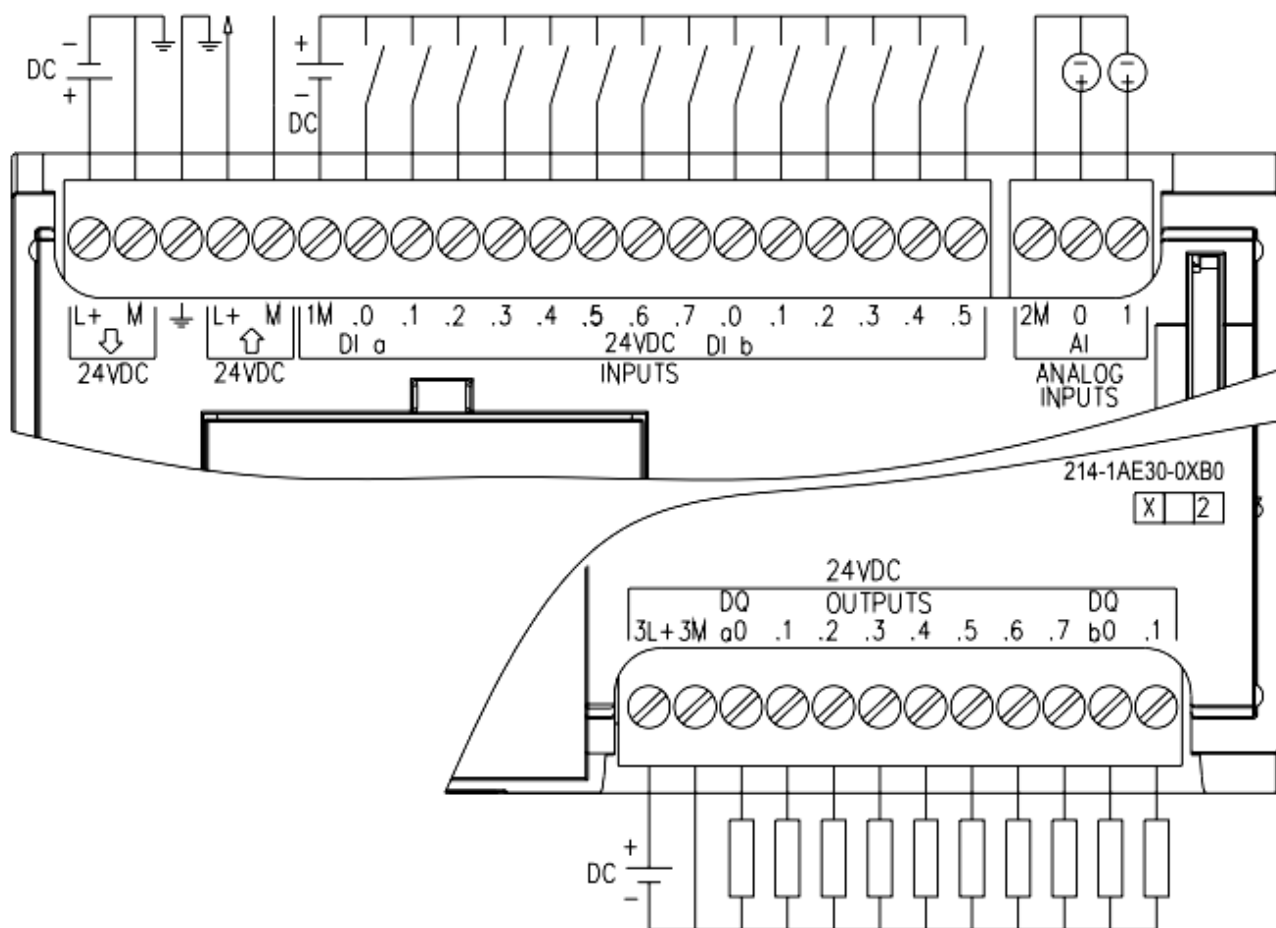


Рисунок 13 – Схема распределения входов и выходов контроллера S7-1200

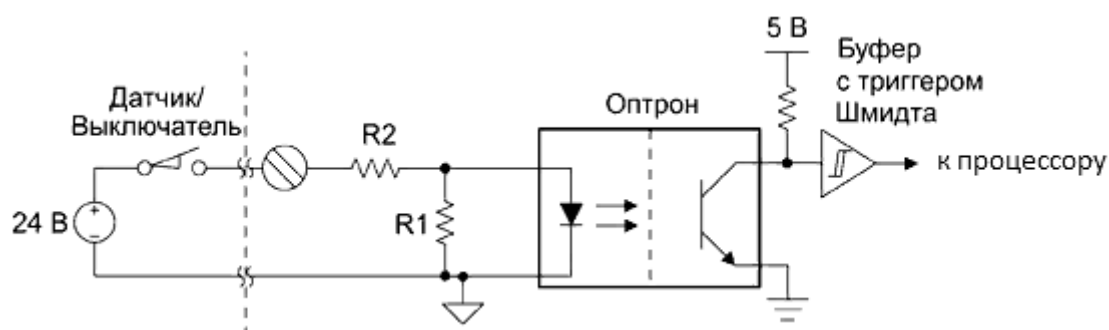


Рисунок 14 – Схема подключения датчика к входу контроллера

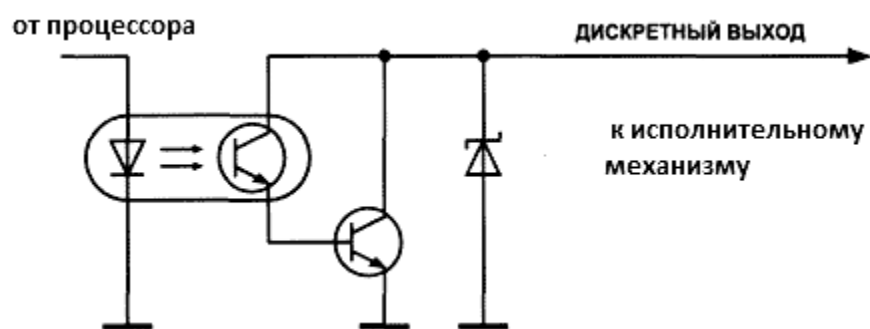


Рисунок 15 – Типовая схема дискретного выхода контроллера с транзисторным ключом

6 Разработка ПЭС

Общие требования к выполнению схем определяются ГОСТ 2.701–2008 ЕСКД. Схема электрическая – документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, действующие при помощи электрической энергии, и их взаимосвязи. Схема подключений – это документ, показывающий внешние подключения изделия.

Разрабатываемые схемы должны обеспечить интеграцию разнородных устройств в единый технический комплекс АСУТП. Необходимо обеспечить передачу информационных сигналов, иногда с разной физической природой (рисунок 16).

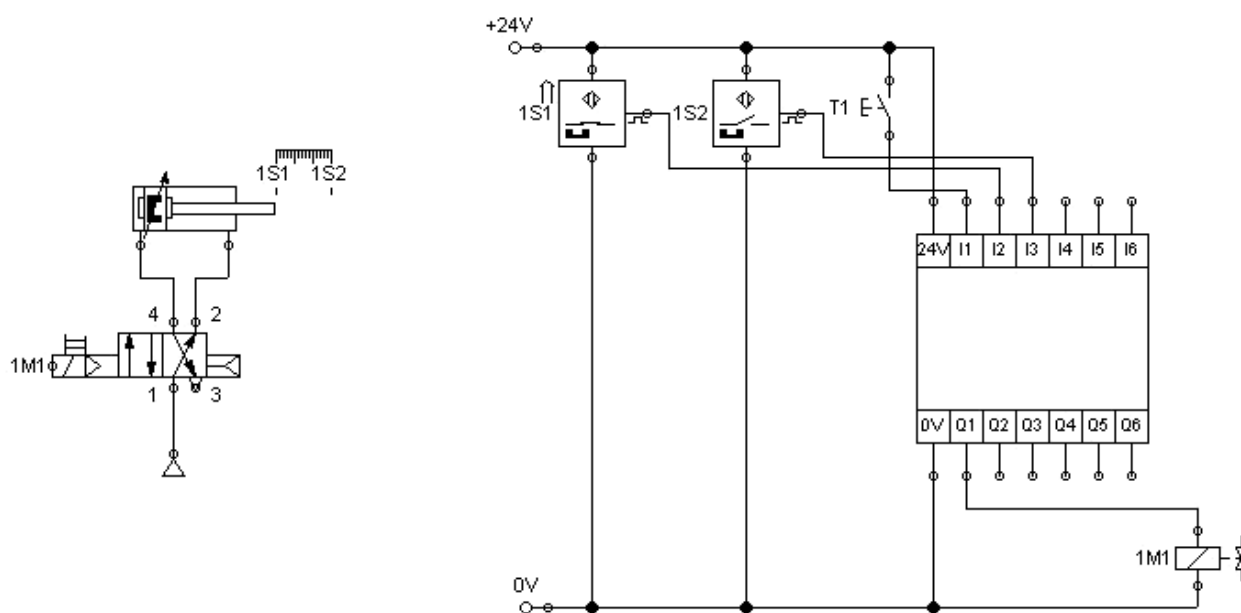


Рисунок 16 – Пневматическая схема и схема подключения датчиков и исполнительных механизмов к программируемому контроллеру LOGO

Особую сложность вызывает разработка тензометрических систем (рисунок 17), так как при этом возникает задача взаимосвязанного определения статических характеристик тензодатчика, усилителя и аналого-цифрового преобразователя контроллера, для обеспечения заданного разрешения.

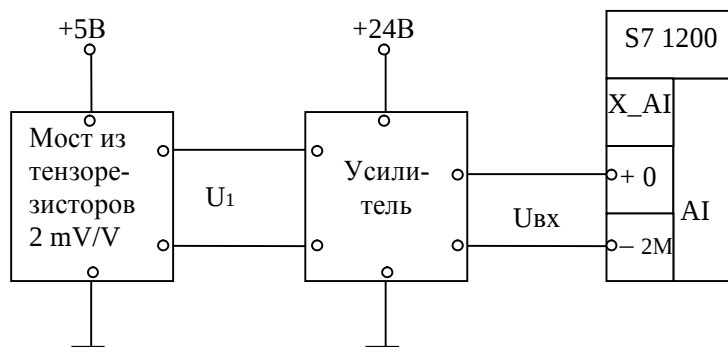


Рисунок 17 – Схема подключения тензодатчика к унифицированному аналоговому входу AI контроллера S7-1200

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Оформление листов пояснительной записки

1. Текстовые материалы ПЗ выполняются на листах белой машинописной бумаги, оформленных рамками в соответствии с рисунком 18.

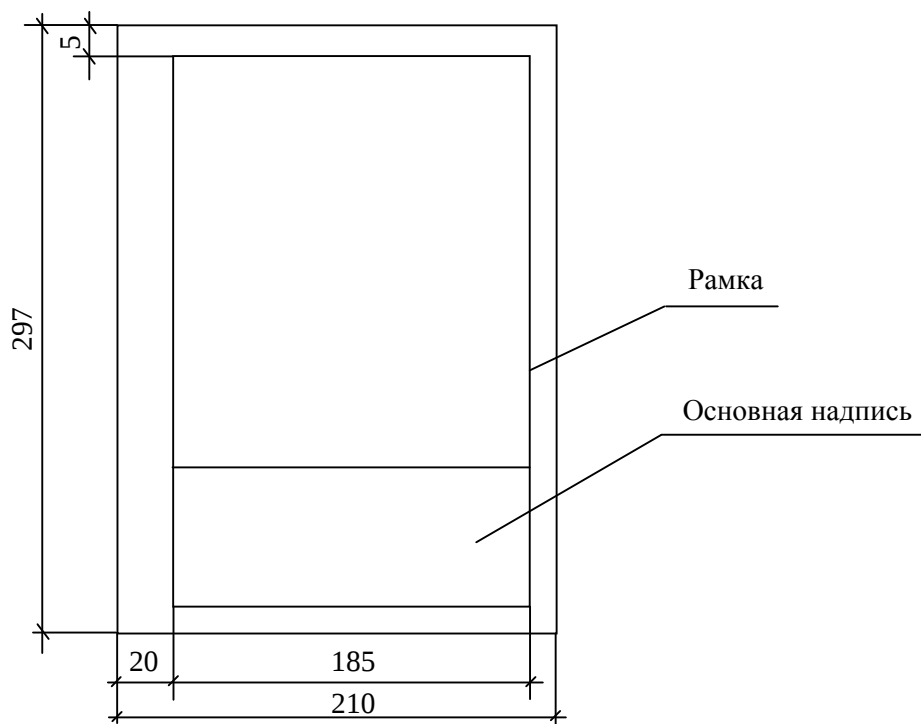


Рисунок 18 – Компоновка и размеры листа текстовой части ПЗ

2. Основная надпись на листах пояснительной записки выполняется в соответствии с рисунком 19.

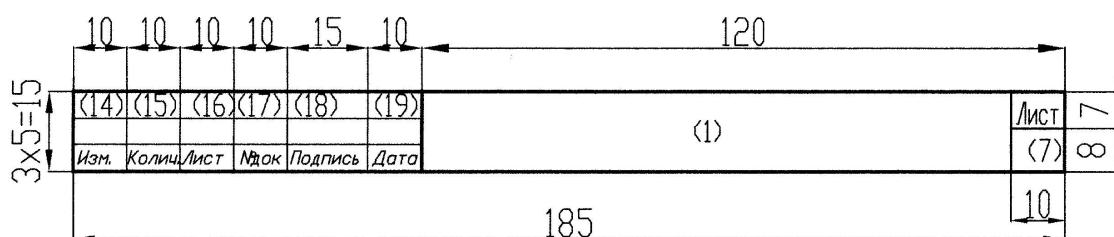


Рисунок 19 – Форма основной надписи для листов ПЗ

3. Листы записки и приложений имеют сквозную нумерацию арабскими цифрами. Титульному листу, заданию на проектирование, реферату номер присваивают, но не проставляют. Номера страниц начинают проставлять с листа «Содержание».

4. Иллюстрации (чертежи, схемы и т. п.), расположенные на отдельных листах записки, включают в общую нумерацию страниц. При этом лист, формат которого больше формата А4, учитывают как одну страницу.

Правила построения текстового материала

1. Текстовый материал ПЗ подразделяют на разделы, подразделы, пункты.

Разделам присваивают порядковые номера, которые обозначают арабскими цифрами без точки и записывают с абзацного отступа.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и номера подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится.

Если раздел или подраздел состоит из одного пункта, то пункт не нумеруется.

2. Разделы, подразделы и, при необходимости, пункты должны иметь заголовки, которые должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов, пунктов. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Заголовки подразделов (пунктов) не должны повторять содержание заголовков разделов (подразделов).

Заголовок записывается с прописной буквы. Точка в конце не ставится. Заголовки не подчеркиваются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

3. Каждый раздел ПЗ следует начинать с новой страницы.

Формулы

1. В пояснительной записке математические формулы могут быть расположены внутри текста или отдельными строками. Внутри текста помещают несложные и не содержащие дроби формулы. Такие формулы, как правило, не нумеруют.

На отдельных строках приводят более сложные формулы, которые обычно сопровождаются пояснениями примененных символов. При этом выше и ниже формулы необходимо оставлять по одной свободной от записи строке.

2. Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, икропроют запятой.

3. Если формула не уместается в одну строку, то делается перенос. Переносить формулу на следующую строку допускается только на знаках выполнения операций: плюс (+), минус (–), умножение (×) или на знаках равенства (=), неравенства ($\neq$), знаках соотношений и т. п.

4. Все формулы, помещенные в тексте ПЗ, нумеруют арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа от нее в круглых скобках.

5. Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и номера формулы, разделенных точкой, например: (3.1).

Пример. Номинальный ток асинхронного электродвигателя I_n , А, икропроцется по формуле

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n \cos \varphi_n \eta_n}, \quad (1)$$

где P_n – номинальная мощность, кВт;

U_n – номинальное напряжение, кВ;

$\cos \varphi_n$ – коэффициент мощности, о.е.;

η_n – КПД электродвигателя, о.е.

Таблицы

1. Название таблицы должно отражать содержание таблицы, быть точным, кратким. Название следует размещать над таблицей после слова «Таблица».

При переносе части таблицы на другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

2. Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

3. На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте. При ссылке необходимо писать слово «таблица» с указанием ее номера.

4. Заголовки граф и строк в таблице следует писать с прописной буквы, подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точку не ставят.

Оформление проектной документации

Проектной документации присваивают обозначение, состоящее из базового цифрового обозначения, и через дефис – буквенного обозначения (см. структуру обозначения).

Структура базового обозначения при курсовом проектировании

$$X_1X_2.X_3X_4.X_5X_6X_7.X_8X_9 - X_{10}X_{11}X_{12},$$

где X_1X_2 – индекс работы: 02 – курсовой проект, 03 – курсовая работа;

X_3X_4 – индекс кафедры;

$X_5X_6X_7$ – номер варианта по заданию;

X_8X_9 – год разработки (две последние цифры года);

$X_{10}X_{11}X_{12}$ – для текстовых материалов – ПЗ, для графических материалов – марка разрабатываемого чертежа.

Примечание. Индексы кафедр:

АСУП – 49; ЭСХП – 43; электроснабжения сельскохозяйственного производства – 53; электротехнологии – 68; энергетики – 58; ППС – 24; электротехники – 45.

Основные надписи

Применение тех или иных форм основных надписей определяется назначением чертежа и материалом, помещенным на разрабатываемом чертеже:

1) рисунок 20 – форма для чертежей генпланов с инженерными сетями, планов зданий и сооружений с размещением оборудования, чертежей схем электрических, технологических и т. п.;

2) рисунок 21 – форма для первого листа ПЗ, с которого начинается изложение текстовой части.

Рисунок 20 – Форма основной надписи, которая применяется для листов графической части и листа ведомости комплекта проектной документации

Рисунок 21 – Форма основной надписи, которая применяется для листа ПЗ, с которой начинается изложение текстовой части записки (лист «Содержание»)

Указания о заполнении основной надписи

В графах основной надписи (на рисунках 19, 20, 21 номера граф показаны в скобках) указывают:

- а) в графе 1 – обозначение проектной документации – маркировка документа;
- б) базовое обозначение;

- в) добавляемая через дефис марка разрабатываемых чертежей;
 - г) в графе 2 – тему курсовой работы (проекта);
 - д) в графе 3 – наименование здания (сооружения). Для чертежа генерального плана в графе 3 записывают наименование соответствующего раздела, например: «электроснабжение», «теплоснабжение» или «диспетчеризация», «диспетчерское управление»;
 - е) в графе 4 – наименование изображения или материала, помещенного на данном листе, т. е. название чертежа, листа. Если на листе приведены несколько материалов (например, план здания, разрез II–II, экспликация, перечень элементов, сечение «А–А» и т. п.), то в название чертежа включают основные материалы, второстепенные – опускают;
 - ж) в графе 5 – наименование документа аналогично графе 4 (Пояснительная записка);
 - з) в графе 6 – условное обозначение стадии проектирования: «С» (строительный проект);
 - и) в графе 7 – порядковый номер листа. На документе, состоящем из одного листа, графу не заполняют;
 - к) в графе 8 – общее число листов документа;
 - л) в графе 9 на первой строке записывают наименование организации, разработавшей документ (БГАТУ), на второй строке – шифр зачетной книжки студента;
 - м) в графе 10 – характер работы: «разработал» (студент); в следующей строке – «руководитель», далее – «консультант», «нормоконтролер», «зав. кафедрой»;
 - н) в графе 11 – фамилии студента, руководителя, консультанта(ов), нормоконтролера, зав. кафедрой в соответствующих строках;
 - о) в графе 12 – подписи;
 - п) в графе 13 – даты.
- Графы 14–19 в дипломных и курсовых проектах не заполняются.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основной

1. Беккер, В. Ф. Технические средства автоматизации. Интерфейсные устройства и микропроцессорные средства : учебное пособие / В. Ф. Беккер. – 2-е изд. – М. : РИОР; ИНФРА-М, 2016. – 152 с.
2. Общие требования к организации проектирования и правила оформления дипломных и курсовых проектов (работ) : учебно-методическое пособие / В. В. Гурин [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2014. – 144 с.
3. Рачков, М. Ю. Технические средства автоматизации : учебник / М. Ю. Рачков. – М. : Юрайт, 2017. – 180 с.
4. Шишов, О. В. Технические средства автоматизации и управления : учебное пособие / О. В. Шишов. – М. : ИНФРА-М, 2016. – 396 с.

Дополнительный

5. Гируцкий, И. И. Компьютеризированные системы управления в сельском хозяйстве / И. И. Гируцкий, А. Г. Сеньков. – Минск : БГАТУ, 2014. – 221 с.
6. Гольцов, А. С. Технические средства измерений : учебное пособие / А. С. Гольцов [и др.]. – Старый Оскол : ТНТ, 2013. – 263 с.
7. Микропроцессорная техника систем автоматизации. Лабораторный практикум : учебно-методическое пособие / сост.: И. И. Гируцкий, А. Г. Сеньков. – Минск : БГАТУ, 2017. – 136 с.
8. Парк, Дж. Передача данных в системах контроля и управления. Практическое руководство / Дж. Парк, С. Маккей, Э. Райт ; пер. с англ. В. В. Савельева]. – М. : Группа ИДТ, 2007. – 480 с.
9. Парк, Дж. Сбор данных в системах контроля и управления. Практическое руководство / Дж. Парк, С. Маккей. – М. : Группа ИДТ, 2006. – 504 с.
10. Парр, Э. Программируемые контроллеры: руководство для инженера / Э. Парр ; пер. с англ. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 516 с.
11. Черкесов, Г. Н. Надежность аппаратно-программных комплексов : учебное пособие / Г. Н. Черкесов. – СПб. : Питер, 2005. – 479 с.
12. Шандров, Б. В. Технические средства автоматизации : учебник для вузов / Б. В. Шандров, А. Д. Чудаков. – М. : Академия, 2010. – 368 с.

Технические нормативные правовые акты

13. ГОСТ 2.701–2008. ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. – Взамен ГОСТ 2.701–84 ; введ. 2011-01-01. – Минск : Госстандарт, 2010. – 18 с.

14. ГОСТ 6651–2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний. – Взамен ГОСТ 6651–94 ; введ. 2011-07-01. – Минск : Госстандарт, 2011. – 32 с.

15. ГОСТ 21.208–2013. СПДС. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – Взамен ГОСТ 21.404–85 ; введ. 2016-03-01. – Минск : Госстандарт, 2016. – 36 с.

16. ГОСТ 21.408–2013. СПДС. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – Взамен ГОСТ 21.408–93 ; введ. 2016-03-01. – Минск : Госстандарт, 2016. – 44 с.

Ресурсы удаленного доступа

17. Официальный сайт компании Siemens [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.siemens.com/global/en/home/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>. – Дата доступа: 9.11.2018.

Приложение А

Пример выполнения расчетно-пояснительной записки к курсовой работе

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Агроэнергетический факультет

Кафедра «Автоматизированные системы
управления производством»

Курсовая работа

по дисциплине «Технические средства автоматизации»

Вариант № 1

Тема: «Выбор технических средств автоматизации станции водоснабжения»

Студент 3 курса 12а группы

_____/Иванов И.И./
(личная подпись) (ФИО)

Шифр зачетной книжки

1234567

Руководитель

_____/Гируцкий И.И./
(личная подпись) (ФИО)

Минск, 2020

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Агроэнергетический факультет
Специальность 1-53 01 01-09

«Утверждаю»
Зав. кафедрой АСУП
_____/ А.Г. Сеньков /
« ____ » _____ 202 ____ г.

ЗАДАНИЕ
на курсовую работу
по дисциплине «Технические средства автоматизации»

Студенту _____

1. Тема курсовой работы «Выбор технических средств автоматизации станции водоснабжения (вариант 1)»

2. Краткое описание объекта автоматизации.

Объектом автоматизации является лабораторная установка станции водоснабжения, установленная в 307 ауд. Установка включает в себя два заполняемые водой резервуара.

Вариант 1.

Вода закачивается в верхний резервуар посредством центробежного насоса через **нижний клапан**.

Управляемая величина – уровень воды в **верхнем** баке z^B . Номинальное значение уровня воды в верхнем баке (управляемой величины) _ м. Для его измерения в верхнем баке имеется ультразвуковой датчик уровня.

Управляющее воздействие на объект – изменение мощности электродвигателя водяного насоса P путем изменения частоты вращения двигателя.

Электродвигатель переменного тока.

Клапана открываются электрически.

В подающем водоводе установить датчик давления с частотным выходом.

Закон управления – двухпозиционный.

Устройством управления является контроллер Сименс S7-1200.

Запуск системы управления осуществляется аппаратно с помощью кнопок пуск/стоп.

3. Курсовая работа состоит из пояснительной записки и графической части.

Пояснительная записка курсовой работы состоит из следующих разделов:

- задание на курсовую работу;
- содержание;

- введение – актуальность и значение темы, формулировка целей курсовой работы;
- основная часть – краткие сведения о предметной области, краткий аналитический обзор, описание процесса разработки (исследования), обоснование выбора технических средств автоматизации (датчики, устройство управления, исполнительные механизмы).
- спецификация выбранных средств автоматизации;
- заключение – краткое подведение итогов проектирования, формулировка основных результатов, выводы;
- список использованных источников.

В графическую часть (объем 4–6 листов формата А4) входят:

- а) схема автоматизации технологического процесса (формат А4 или А3);
- б) монтажный чертеж датчиков (формат А4 или А3);
- в) схема электрическая выходного каскада датчика (формат А4 или А3);
- г) схема электрическая входных/выходных каскадов контроллера (формат А4 или А3);
- д) схемы подключений дискретных и аналоговых входов/выходов к программируемому контроллеру (формат А4 или А3).

4. Срок сдачи студентом законченной работы до «___» _____ 202__ г.

5. Календарный график работы:

25 % работы (вопросы 1, 2) – «___» _____ 202__ г.

50 % работы (вопросы 3, 4) – «___» _____ 202__ г.

75 % работы (вопросы 5, 6, 7) – «___» _____ 202__ г.

100 % работы (вопросы 8, 9, оформление записки) – «___» _____ 202__ г.

Подготовка презентации и защита КР – «___» _____ 202__ г.

Дата выдачи задания «___» _____ 20__ г.

Руководитель _____

(подпись)

И.И. Гируцкий

Задание принял «___» _____ 20__ г.

(подпись)

РЕФЕРАТ

Курсовая работа выполнена в объеме: пояснительная записка на 22 страницах машинописного текста, таблиц – 3, рисунков – 7; графическая часть – 5 листов формата А4; список использованных источников – 7.

Ключевые слова: технические средства автоматизации, датчики, водоснабжение.

На основе выбранных технических средств автоматизации и икропромируемого логического контроллера S7-1200, и сенсорной панели оператора KTP700 Basic производства Siemens (Германия) разработана икропроцесссорная система автоматического управления водоснабжением. Моделирование поведения объекта управления, сигналов датчиков и работы исполнительных устройств реализована на основе имеющихся на лабораторном стенде «Станция водоснабжения» технических средств автоматизации.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1. Обзор технической литературы.....	7
1.1 Система водоснабжения как объект автоматизации.....	7
1.2 Виды водоснабжения.....	8
1.3 Основные элементы системы водоснабжения	9
2. Выбор технических средств автоматизации	11
2.1. Выбор исполнительного механизма	11
2.2. Выбор датчиков	12
2.3 Выбор программируемого контроллера.....	19
Заключение	21
Список использованных источников	22

						03.49.011.19 – ПЗ		
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Пояснительная записка		
Разраб.		Иванов						
Руковод.		Матвейчук						
Консульт.								
Зав. каф.		Сеньков						
						БГАТУ N7112017		

ВВЕДЕНИЕ

Современное производство не может обойтись без автоматизации. Системы автоматического управления технологическими процессами повышают производительность труда, обеспечивают безопасность производства, увеличивают выход продукции, позволяют рационально использовать сырьевые ресурсы и оборудование, снижают процент брака, снижают уровень отходов и выбросов в атмосферу химических продуктов, позволяют на 10–15 лет продлить срок службы технологического оборудования. Огромное количество приборов, устройств, средств связи и коммуникаций, участвующих в процессе управления технологическими процессами и производствами, представляют собой технические средства автоматизации. Другими словами, технические средства автоматизации – совокупность технических средств, включающих в себя средства измерения и автоматизации, предназначенные для восприятия, преобразования и использования информации для контроля, регулирования и управления.

Ускорение научно-технического прогресса и интенсификация производства невозможны без применения средств автоматизации. Характерной особенностью современного этапа автоматизации состоит в том, что она опирается на революцию в вычислительной технике, на самое широкое использование микропроцессорных контроллеров, а также на быстрое развитие робототехники, гибких производственных систем, интегрированных систем проектирования и управления, SCADA-систем.

Система автоматизации состоит из следующих элементов: датчиков (давления, температуры, расхода и т. п.), измерительных преобразователей, модулей ввода/вывода данных, компьютера и/или программируемого контроллера, исполнительных устройств. Для передачи данных с удаленных объектов на центральный диспетчерский пункт может быть использован любой из доступных каналов связи: коммутируемые линии, радиоканал, беспроводной Ethernet, сотовая связь (GPRS, SMS), спутниковая связь.

						<i>03.49.011.19 – ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Колич.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

1. Обзор технической литературы

1.1 Система водоснабжения как объект автоматизации

Автоматизация на объектах, обеспечивающих водоснабжение и канализацию, необходима для повышения эффективности технологического процесса добычи и транспортировки воды, снижения затрат электроэнергии, повышения качества и надежности подачи воды потребителям. В статье рассматривается автоматизация артезианских скважин и станции водозабора промышленного предприятия, а также схема управления водоснабжением жилого дома.

Современные системы водоснабжения и канализации – совокупность сложных сооружений, механизмов и аппаратов, все части которой должны точно и без сбоев работать совместно. К ним относятся водоприемные сооружения, станции очистки воды, сети водоснабжения и канализации с обслуживающими их устройствами, насосные станции.

На этих объектах осуществляется ряд гидравлических, физико-химических и микробиологических процессов. К числу основных особенностей систем водоснабжения и канализации как объектов автоматизации относятся:

- высокая степень ответственности, подразумевающая гарантию надежной бесперебойной работы;
- работа сооружений в условиях постоянно меняющейся нагрузки;
- зависимость режима работы сооружений от изменения качества исходной воды;
- территориальная разбросанность сооружений и необходимость координирования их работы из одного центра;
- сложность технологического процесса и необходимость обеспечения высокого качества обработки воды;
- необходимость обеспечения наиболее экономичной работы насосных агрегатов;
- необходимость сохранения работоспособности при авариях на отдельных участках.

						03.49.011.19 – ПЗ	Лист
							7
Изм.	Колич.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

Возможна автоматизация следующих узлов систем водоснабжения и водоотведения:

- артезианские скважины;
- станции 1-го, 2-го подъема, повысительные насосные станции;
- фильтровальные станции;
- сети диктующих точек;
- канализационные насосные станции и очистные сооружения.

1.2 Виды водоснабжения

Вода расходуется различными потребителями на самые разнообразные нужды. Тем не менее, все виды водопотребления можно свести к трем основным категориям.

А. Хозяйственно-питьевое водопотребление.

В этой категории вода расходуется:

- 1) на утоление жажды рабочих и служащих предприятия, приготовление пищи и мытье посуды в столовых и буфетах;
- 2) для помывки рабочих и служащих предприятия в душевых и умывальниках;
- 3) на стирку в заводских прачечных, уборку помещений, цехов и т. п.;
- 4) на полив зеленых насаждений, тротуаров и т. п.

Б. Производственно-техническое водопотребление.

Потребители этой воды сведены в группы. При этом вода расходуется:

- 1) в качестве теплоносителя для охлаждения продуктов производства и технологических аппаратов с целью обеспечения необходимого температурного уровня либо процессов, либо оборудования.

Например, защита оборудования от прогара, для конденсации паров хладагента в холодильных установках, водяного пара в паротурбинных установках, охлаждения компрессоров и т. п. В этом случае вода обычно не загрязняется, только нагревается.

Эта группа водопотребителей самая значительная, на ряде производств она расходует 70–90 % всего количества производственной воды;

						03.49.011.19 – ПЗ	Лист
							8
Изм.	Колич.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

2) для выработки пара в паровых котлах, системах испарительного охлаждения и других утилизационных установках.

На эту группу потребителей расходуется от 2 % до 20 % всей производственной воды;

3) на промывку различных материалов, машин, деталей, мокрую очистку газов, вентвыбросов и т. п. Вода при этом сильно загрязняется;

4) на гидротранспорт, гравитационное обогащение материалов, гидрозолоудаление. Загрязнение тоже сильное, главным образом, механическими примесями;

5) на приготовление растворов, электролитов и т. п. Это характерно для химической и рудообогатительной (при флотации руд) промышленности, электрохимического производства и т. п.;

6) для комплексного использования. В этом случае вода служит средой охлаждающей, поглощающей, транспортирующей и т. п.

Например, очистка дымовых газов, мокрое тушение кокса, грануляция шлаков и т. д.

На потребителей групп 3)–6) может расходоваться от 5 % до 15 % всего количества производственной воды.

В. Пожарное водопотребление.

Вода расходуется на тушение пожаров и внутренних возгораний.

1.3 Основные элементы системы водоснабжения

Система водоснабжения – комплекс сооружений для обеспечения потребителей водой в требуемых количествах и требуемого качества.

В состав системы водоснабжения входят следующие сооружения:

- а) водоприемные сооружения (водозабор);
- б) водоподъемные сооружения (насосные станции);
- в) сооружения для очистки, обработки и охлаждения воды;
- г) водоводы и водопроводные сети;
- д) башни и резервуары. Это регулирующие и запасные емкости для сохранения и аккумуляции воды.

						03.49.011.19 – ПЗ	Лист
							9
Изм.	Колич.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

На основании технологической схемы стенда и требований задания разрабатывается схема автоматизации технологического процесса станции водоснабжения, которая приведена в графической части курсовой работы (лист 1).

2. Выбор технических средств автоматизации

2.1. Выбор исполнительного механизма

Исполнительное устройство – устройство системы автоматического управления или регулирования, воздействующее на процесс в соответствии с получаемой командной информацией. В технике исполнительные устройства представляют собой преобразователи, превращающие входной сигнал (электрический, оптический, механический, пневматический и др.) в выходной сигнал (обычно – в движение), воздействующий на объект управления. Устройства такого типа включают: электрические двигатели, электрические, пневматические или гидравлические приводы, релейные устройства и т. п.

В курсовой работе исполнительным устройством является электродвигатель постоянного тока.

Принцип действия

Функционально двигатель принадлежит к классу синхронных машин обращенного типа. Это объясняется тем, что статор и ротор поменяли выполнение задач. Статор выполняет функции по возбуждению магнитного поля, ротор принял задачи, направленные на преобразование энергии.

Во время вращения якоря в магнитном поле, производимом статором в витках обмотки, наводится ЭДС. Направление ее движения находится по правилу правой руки. После того, как якорь и коллектор повернутся на 180° , виток меняет свои стороны, на противоположное направление меняется движение ЭДС. Так происходит процесс индуцирования переменной электродвижущей силы, выпрямляемой посредством коллектора.

Для курсовой работы выбираем двигатель постоянного тока типа ЕС020 (рисунок 2), у которого мощность 30 Вт при режиме S2. Напряжение питания 12 В DC и 24 В DC.

						03.49.011.19 – ПЗ	Лист
							11
Изм.	Колич.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

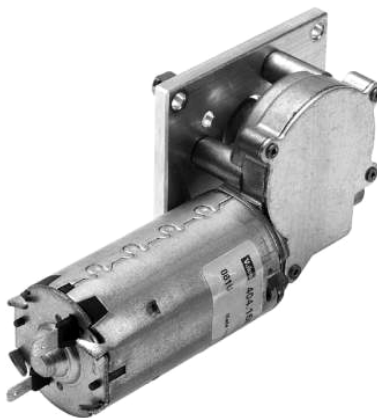


Рисунок 2 – Двигатель постоянного тока марки EC020

Для подключения выбранного двигателя постоянного тока к контроллеру необходимо использовать усилитель с характеристиками, приведенными в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики усилителя.

Параметр	Вход	Выход
Напряжение, В	0–10	0–30
Ток, А	0,00–0,02	0–1

2.2 Выбор датчиков

Ультразвуковой уровнемер. Ультразвук – колебания с частотой, находящейся за пределами слышимости человека. Под ультразвуком обычно понимают колебания с частотой выше 20 кГц. На самом деле, применение ультразвуковых колебания в различных устройствах довольно молодо по сравнению с тем, когда стало известно о существовании таких колебаний. Использование ультразвука очень распространено и применяется во многих устройствах: УЗИ, дальномер, эхолот, резка металла и др. Этот список можно продолжать, потому что ультразвук применяется во многих физических и технологических методах. Также ему нашлось применение и при измерениях уровня жидкости в емкости.

Принцип действия уровнемера основан на измерении времени прохождения волны расстояния от датчика и до уровня жидкости. Именно на границе

						03.49.011.19 – ПЗ	Лист
							12
Изм.	Колич.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

«жидкость—газ» или «газ—сыпучие материалы» происходит отражение волны. Для излучения колебаний и приема их применяется, как правило, один датчик. Расстояние рассчитывается просто: достаточно умножить время прохождения колебания на скорость распространения колебаний в среде. Чаще всего средой распространения ультразвукового импульса является воздух. Скорость распространения колебаний в воздухе равна 331 м/с. Однако нужно учитывать, что это скорость при 0 градусов Цельсия, а при повышении температуры следует учитывать поправку в 0,17 % на каждый градус. Именно с этой целью в готовое устройство встраивают температурные датчики (рисунок 3).

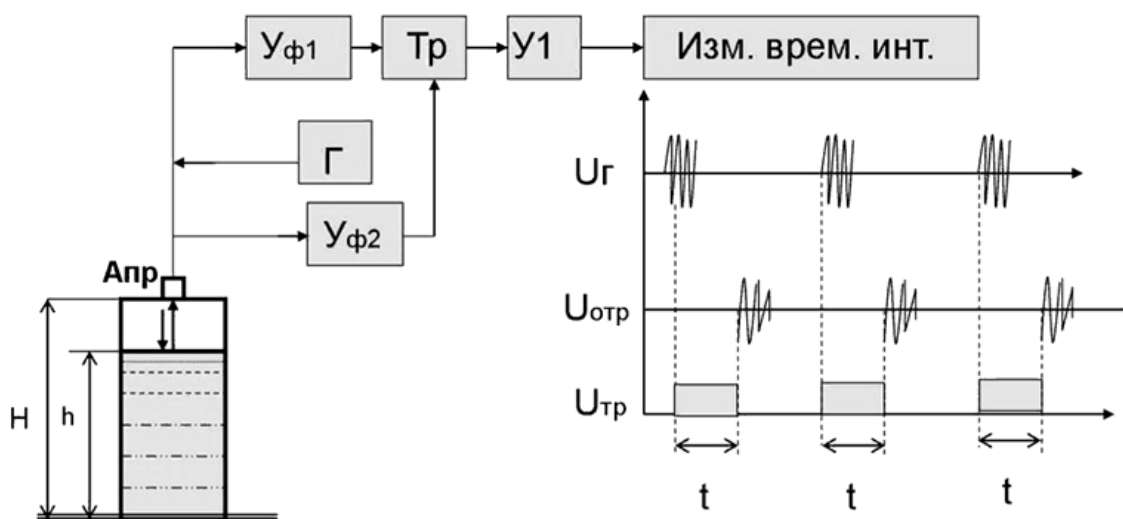


Рисунок 3 – Функциональная схема ультразвукового уровнемера

В качестве выходных сигналов используются стандартные интерфейсы (рисунок 4):

- ток 4–20 мА;
- напряжение 0–10 В;
- частота 0–2000 кГц;
- компьютерные RS 232; RS 485; Ethernet и др.

На самом деле измерением уровня жидкости не ограничивается применение уровнемеров. Их можно использовать для определения различных характеристик: уровня, плотности, объема, массы жидкости.

						03.49.011.19 – ПЗ	Лист
							13
Изм.	Колич.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

Как правило, современные ультразвуковые уровнемеры обладают следующими характеристиками:

- бесконтактное измерение уровня;
- температурная компенсация за счет встроенного температурного датчика.

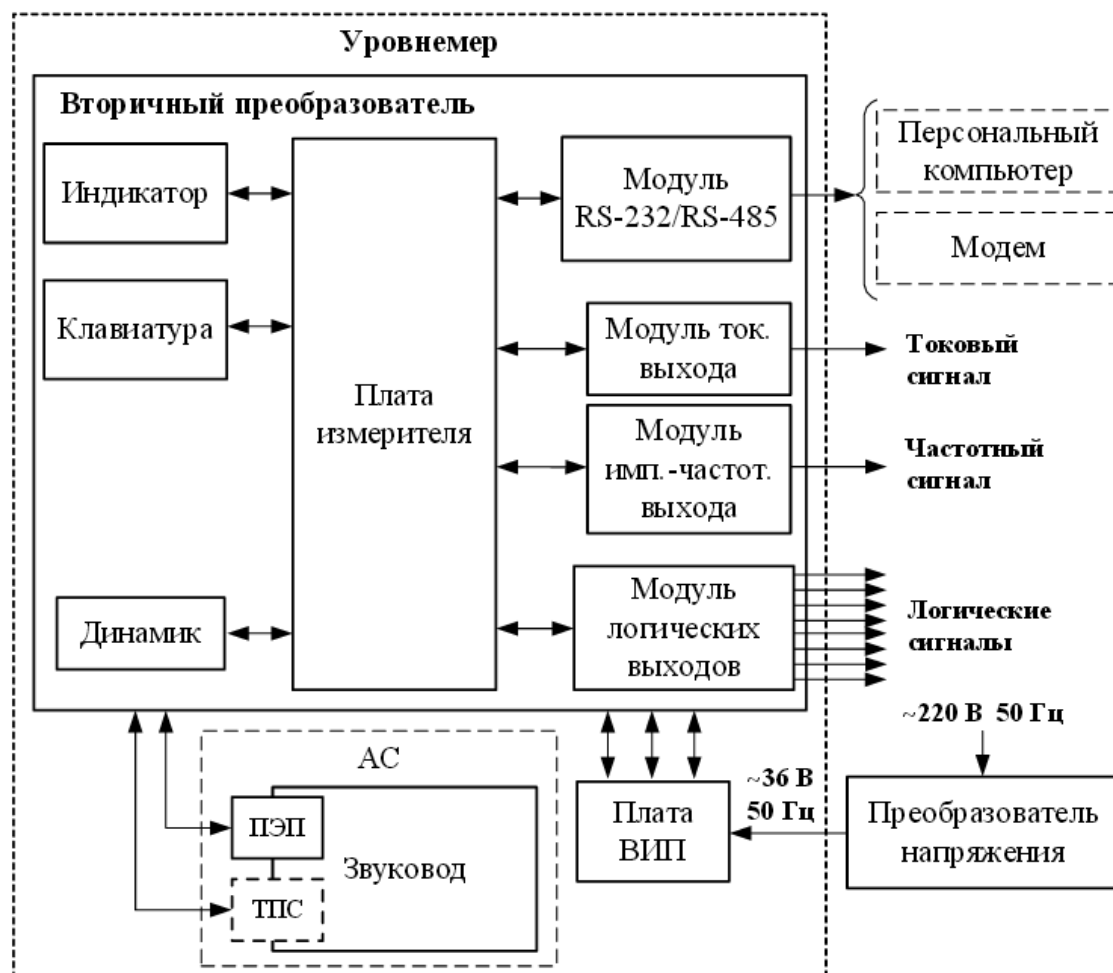


Рисунок 4 – Структурная схема ультразвукового уровнемера

Контролировать необходимое количество воды в емкости необходимо датчиком уровня. Для этих целей выбран ультразвуковой датчик уровня VEGASON-61, которые имеют один входной параметр (уровень), а также малую погрешность $\pm 1,5$ мм. Выходной сигнал с датчика – 0–10 В. На функциональной схеме датчики уровня будем обозначать буквами Lis.

Статическая характеристика датчика выглядит следующим образом (рисунок 5).

						03.49.011.19 – ПЗ	Лист 14
Изм.	Колич.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

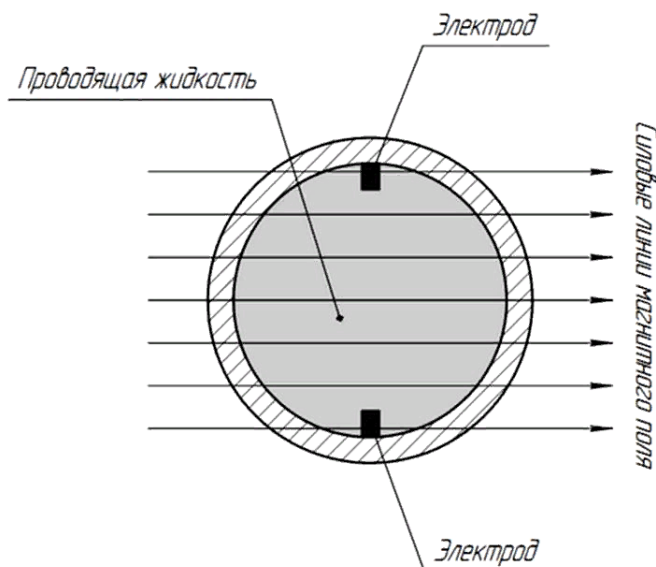


Рисунок 6 – Принцип действия электромагнитного расходомера

Серийные электромагнитные расходомеры предназначены для измерения расхода жидкостей с электропроводностью не менее 10^{-3} См/м (соответствует электропроводности водопроводной воды). Имеются специальные расходомеры, позволяющие измерять расход жидкостей с электропроводностью до 10^{-5} См/м. В настоящее время электромагнитные расходомеры – самые распространенные приборы для измерения расхода воды в трубопроводах диаметром менее 250 мм. Это объясняется их следующими положительными чертами: показания не зависят от вязкости и плотности среды; преобразователи расхода являются безынерционными; они не имеют частей, выступающих внутрь трубы, следовательно, не создают потери давления; влияние местных сопротивлений значительно меньше, чем у других расходомеров, поэтому требуемая длина прямых участков для них минимальная; электромагнитные расходомеры применяются на трубопроводах диаметром от 2 до 4000 мм; электромагнитные расходомеры могут быть использованы в ряде случаев, когда применение расходомеров других типов затруднено или невозможно вообще (при измерении расхода агрессивных, абразивных и вязких жидкостей, пульп, жидких металлов).

К числу недостатков электромагнитных расходомеров следует отнести требования к минимальному значению электропроводности измеряемой

							Лист
						03.49.011.19 – ПЗ	16
Изм.	Колич.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

среды, что сужает круг использования таких расходомеров. Другой недостаток расходомеров – низкий уровень информативного сигнала (мкВ) и необходимость тщательной защиты преобразователя и линий связи от внешних помех. Поэтому расходомеры используют достаточно сложную электронику.

Отечественными и зарубежными фирмами выпускается широкий спектр микропроцессорных электромагнитных расходомеров.

Одним из популярнейших видов измерительных приборов является расходомер с импульсным выходом. Это современный, технологичный агрегат с оригинальной конструкцией, благодаря которой достигается высокая точность показаний с минимальной погрешностью. Расходомер с импульсным выходом одинаково хорошо может работать как с жидкими, так и газообразными веществами – тестирование прибора показывает высокую эффективность при измерении этих сред. Согласно наименованию данного расходомера в основе рабочего процесса лежит импульс – с его помощью и происходит измерение жидкости или газа (в зависимости от задач прибора).

Расходомер с импульсным выходом работает следующим образом:

- через расходомер проходит определенный объем жидкости или газа. В некоторых приборах предусмотрена возможность настройки нужного объема и с вероятностью изменения данного показателя;

- после прохождения объема, на который настроен прибор, подается импульс, свидетельствующий об очередном учетном количестве вещества;

- специальное фиксирующее устройство запоминает данный импульс, и когда снимаются показания с расходомера, выдает всю необходимую информацию о объемах вещества, прошедшего через прибор.

Выбран расходомер КАРАТ-551.

Принцип действия расходомера основан на электромагнитном методе измерения, при котором в потоке жидкости, протекающей через наведенное системой электромагнитов магнитное поле, возникает электродвижущая сила (ЭДС), пропорциональная скорости потока.

Значение индуцируемой ЭДС снимается с помощью электродов, усиливается и подается на АЦП, где преобразуется в код, пропорциональный

						03.49.011.19 – ПЗ	Лист
							17
Изм.	Колич.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

скорости (расходу) измеряемой жидкости. Выходные сигналы расходомера преобразуются микропроцессором.

Область применения:

расходомеры-счетчики электромагнитные КАРАТ-551 применяются для коммерческого и технологического учета расхода и объема жидкостей в тепловых пунктах, тепловых станциях, объектах ЖКХ и промышленности, информационно-измерительных системах, узлах коммерческого учета тепловой энергии в условиях круглосуточной эксплуатации.



Рисунок 7 – Общий вид расходомера КАРАТ-551

При выборе места установки расходомера необходимо обеспечить выполнение следующих условий:

- к расходомеру должен быть обеспечен свободный доступ для проведения его планово-периодического осмотра;
- место установки расходомера должно гарантировать его эксплуатацию без риска возможных механических повреждений и прямого попадания воды на корпус электронного блока;
- расходомер рекомендуется устанавливать перед прямыми участками, находящимися до и после него;
- запрещается установка расходомеров в затапливаемых подземных теплофикационных камерах, помещениях и приямках.

Схема электрическая выходного каскада датчика КАРАТ-551 и монтажные чертежи датчиков приведены в графической части курсовой работы.

						03.49.011.19 – ПЗ	Лист
							18
Изм.	Колич.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

Контроллеры в климатическом исполнении SIMATIC S7-1200 имеют компактные пластиковые корпуса со степенью защиты IP20, могут монтироваться на стандартную 35 мм профильную шину DIN или на плоскую поверхность и сохраняют работоспособность в диапазоне значений температуры от 0 до +55 °С.

В состав программируемого контроллера S7-1200 вошли модули центральных процессоров (CPU); коммуникационные модули (CM); коммуникационные процессоры (CP); сигнальные модули (SM); платы (SB) ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов, технологические модули, а также модуль блока питания (PM 1207).

Компактное модульное исполнение в сочетании с высокой вычислительной мощностью позволяют использовать S7-1200 для решения широкого круга задач автоматизации. Этот спектр задач простирается от замены простейших релейно-контактных схем до построения комплексных распределенных структур автоматизации, использующих интенсивный сетевой обмен данными. S7-1200 может использоваться в областях, где применение контроллеров ранее считалось экономически не выгодным, и для решения задач автоматизации использовались специализированные электронные устройства.

Для конфигурирования и программирования новой серии контроллеров используется программное обеспечение Simatic STEP 7 Basic v13 со встроенным ПО Simatic WinCC Basic, предназначенным для программирования средств HMI.

CPU снабжен портом PROFINET для обмена данными через сеть PROFINET. В базовой комплектации контроллер имеет 14 дискретных входов, включая два счетных, 10 дискретных выходов и 2 аналоговых входа. Так как в данном контроллере отсутствуют аналоговые выходы, установим площадку для аналоговых выходов SB1232AQ 1x12bit Параметры SB1232AQ 1x12bit.

Схемы подключений дискретных и аналоговых входов/выходов к программируемому контроллеру приведены в графической части курсовой работы.

						03.49.011.19 – ПЗ	Лист
							20
Изм.	Колич.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В рамках задания осуществлен выбор современных программно-технических средств автоматизации для станции водоснабжения, в состав которого входят:

- ультразвуковой уровнемер и электромагнитный расходомер;
- программируемый контроллер общепромышленного применения S7-1200;
- двигатель постоянного тока для привода насоса.

2. Проанализированы принципы действия и определены статические характеристики технических средств автоматизации.

3. Разработана схема автоматизации и принципиальные электрические схемы подключения датчиков и исполнительных механизмов к контроллеру.

4. Проведено моделирование работы системы автоматизации водоснабжения на лабораторном стенде, которое подтвердило правильность выбора программно-технических решений.

						03.49.011.19 – ПЗ	Лист
Изм.	Колич.	Лист	№ док	Подпись	Дата		21

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беккер, В. Ф. Технические средства автоматизации. Интерфейсные устройства и микропроцессорные средства : учебное пособие / В. Ф. Беккер. – 2-е изд. – М. : РИОР; ИНФРА-М, 2016. – 152 с.
2. Гируцкий, И. И. Компьютеризированные системы управления в сельском хозяйстве / И. И. Гируцкий, А. Г. Сеньков. – Минск : БГАТУ, 2014. – 221 с.
3. Микропроцессорная техника систем автоматизации. Лабораторный практикум : учебно-методическое пособие / сост. : И. И. Гируцкий, А. Г. Сеньков. – Минск : БГАТУ, 2017. – 136 с.
4. Парр, Э. Программируемые контроллеры: руководство для инженера / Э. Парр ; пер. с англ. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 516 с.
5. Парк, Дж. Сбор данных в системах контроля и управления. Практическое руководство / Дж. Парк, С. Маккей. – М. : Группа ИДТ, 2006. – 504 с.
6. ГОСТ 21.208–2013. СПДС. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – Взамен ГОСТ 21.404–85 ; введ. 2016-03-01. – Минск : Госстандарт, 2016. – 36 с.

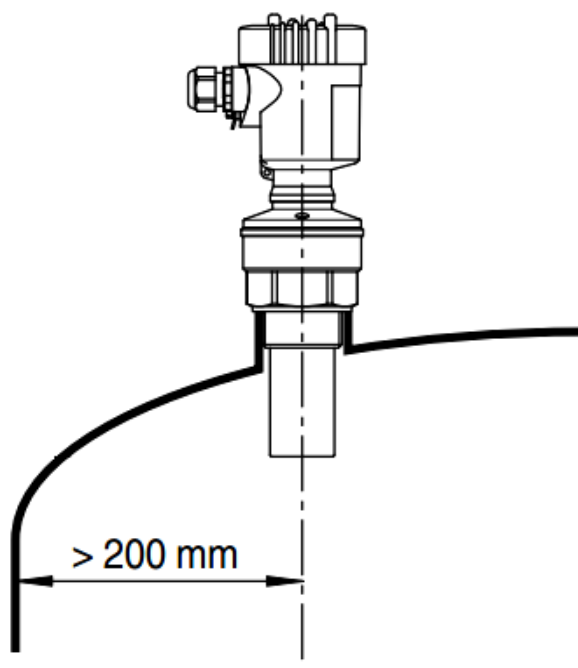
Ресурсы удаленного доступа

7. Официальный сайт компании Siemens [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.siemens.com/global/en/home/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>. – Дата доступа: 9.11.2018.

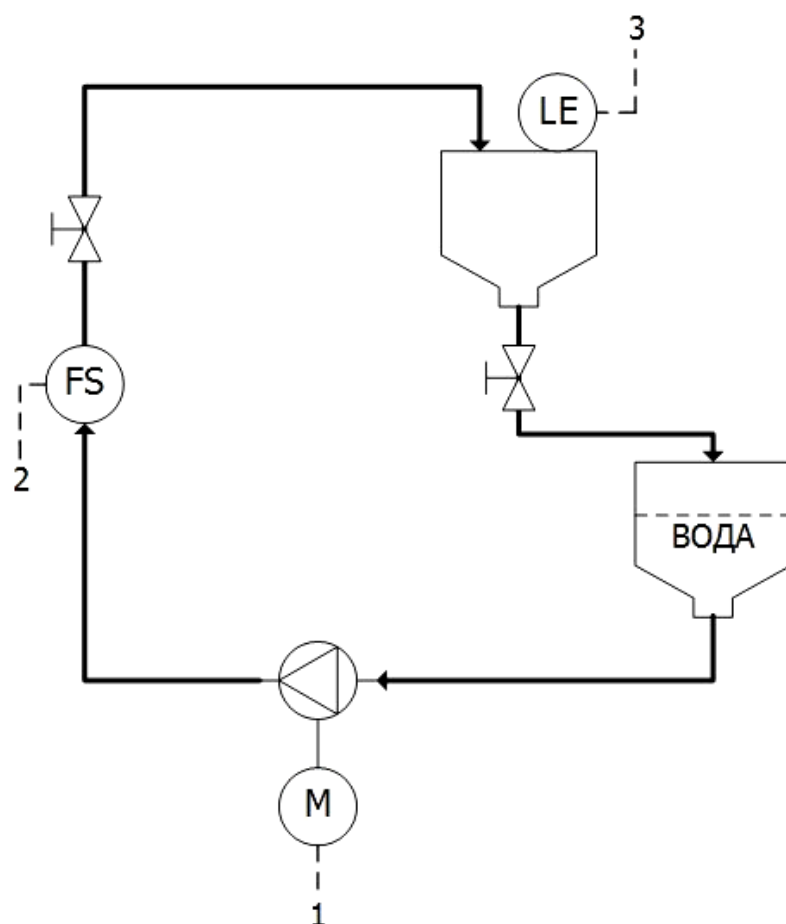
						03.49.011.19 – ПЗ	Лист
							22
Изм.	Колич.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

Приложение Б

Пример выполнения графической части курсовой работы

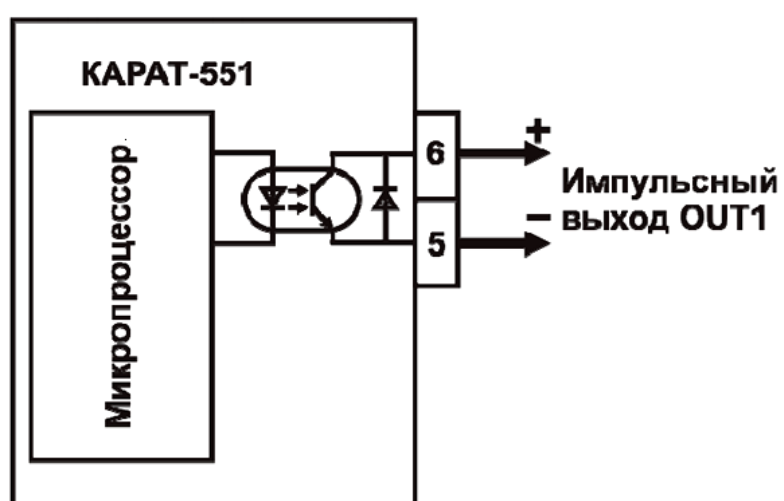


					03.49.014.17 - КР			
Из	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Панасовец А.Н.				Монтажный чертеж ультразвукового датчика уровня VEGASON-61	У	Лист	Листов
Пров.	Гируцкий И.И.						1	5
Н.контр						БГАТУ, гр. 12а		
Утв.								

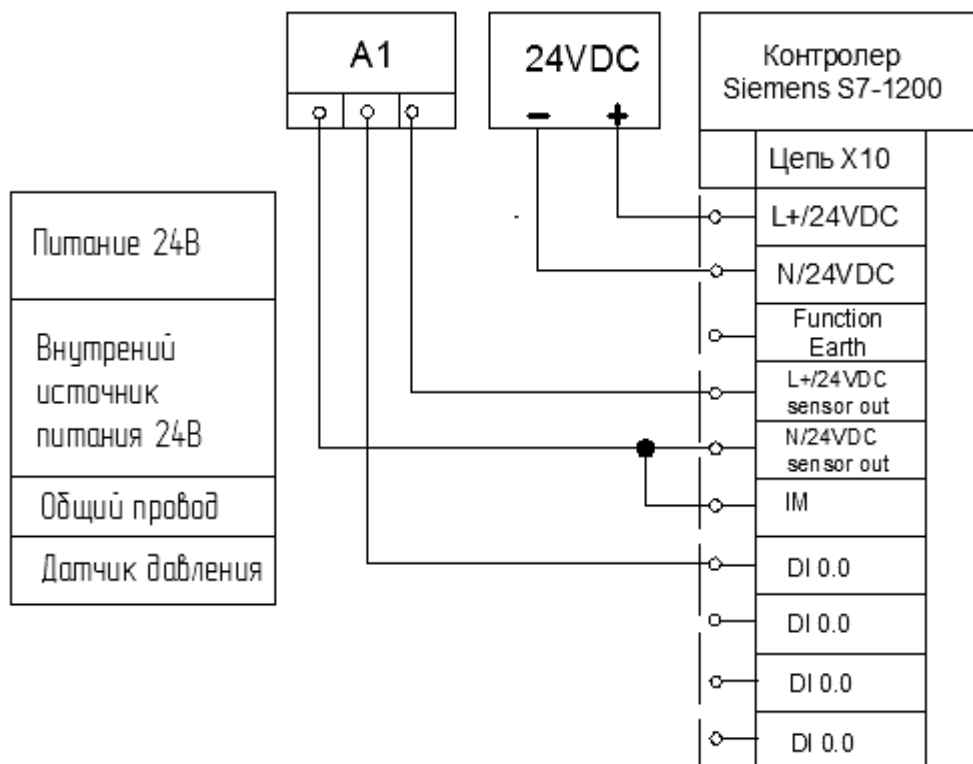


Щит управления		1 2 3			
		SB1	SB2		
Контроллер	DI	○	○	○	
	DO				
	AI 4-20mA				○
	AO 0-10V			○	
	Ethernet	○			
АРМ (панель)	Ethernet	○			

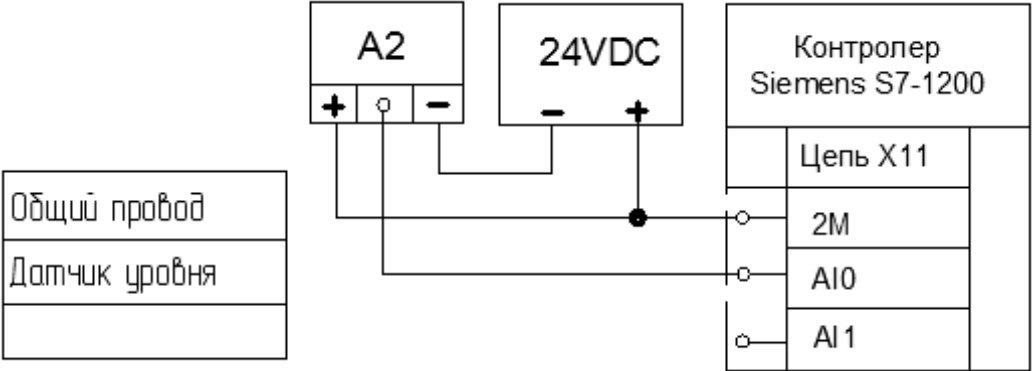
					03.49.014.17 - КР			
Из	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Панасовец А.Н.				Схема автоматизации технологического процесса		Лист	Листов
Пров.	Гируцкий И.И.						2	5
Н.контр							БГАТУ, гр. 12а	
Утв.								



					03.49.014.17 - КР			
ИЗ	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Панасовец А.Н.				Схема электрическая выходного каскада датчика КАРАТ-551	Лист	Листов	
Пров.	Гируцкий И.И.					у	3	5
Н.контр						БГАТУ, гр. 12а		
УТВ.								



03.49.014.17 - КР					Схема подключения датчиков к дискретным входам контроллера			
Из	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Панасовец А.Н.				БГАТУ, гр. 12а			
Пров.	Гируцкий И.И.							
Н.контр					Лист 4 Листов 5			
Утв.								



					03.49.014.17 - КР							
Из	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Разраб.	Панасовец А.Н.				Схема подключения датчика уровня к аналоговым входам контроллера					Лист	Листов	
Пров.	Гируцкий И.И.							у		5	5	
Н.контр								БГАТУ, гр. 12а				
Утв.												

Учебное издание

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Учебно-методическое пособие

Составитель

Гируцкий Иван Иванович

Ответственный за выпуск *А. Г. Сеньков*

Корректор *Т. В. Каркоцкая*

Компьютерная верстка *Д. А. Значёнок*

Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 06.02.2020. Формат 60×84¹/₈.

Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 7,44. Уч.-изд. л. 2,91. Тираж 99 экз. Заказ 14.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Учреждение образования

«Белорусский государственный аграрный технический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,

распространителя печатных изданий

№ 1/359 от 09.06.2014.

№ 2/151 от 11.06.2014.

Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.