

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Н. А. Долгий

**МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ**

Учебно-методическое пособие к практическим занятиям для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 15.03.04 –
Автоматизация технологических процессов и производств

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2023

УДК 681.5.04

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент, проректор по учебной работе ФГБОУ ВО
«Калининградский государственный технический университет»

В. И. Устич

Долгий, Н. А.

Монтаж и эксплуатация систем автоматизации управления технологическими процессами : учебно-методическое пособие к практическим занятиям для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств / Н. А. Долгий. – Калининград : Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 40 с.

В настоящем пособии приведены темы практических занятий, методические указания по подготовке к ним, а также теоретические сведения по темам практических занятий.

Табл. 5, рис. 5, список лит. – 3 наименования

Пособие подготовлено в соответствии с требованиями утвержденной рабочей программы дисциплины «Монтаж и эксплуатация систем автоматизации управления технологическими процессами» направления подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств.

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено в качестве локального электронного методического материала кафедрой цифровых систем и автоматики 28 сентября 2022 г., протокол № 2.

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к использованию в учебном процессе в качестве локального электронного методического материала методической комиссией Института цифровых технологий ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 29 сентября 2022 г., протокол № 7.

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2023 г.
© Долгий Н. А., 2023 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	4
ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	5
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1. Составление технического задания на проектирование АСУТП.....	5
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2. Разработка функциональной схемы автоматизации (ФСА). Определение основных требований к АСУТП по ФСА	10
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3. Разработка принципиальной электрической схемы информационно-измерительной подсистемы системы автоматизации	15
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4. Разработка принципиальной электрической схемы силовой части системы автоматизации.....	18
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5. Разработка схем электрических соединений (монтажных схем).....	20
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6. Разработка схемы соединений и подключения внешних проводок.....	28
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7. Разработка монтажных чертежей электрических и трубных проводок.....	31
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8. Разработка схемы внешнего вида щитов и пультов систем автоматизации	34
Перечень рекомендуемой литературы	38
Приложение № 1. Принципиальная электрическая схема САУ комбинированного охлаждения магистрального газа	39
Приложение № 2. Схема электрических соединений, выполненная адресным методом.....	40

ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Целью освоения дисциплины «Монтаж и эксплуатация систем автоматизации управления технологическими процессами» является формирование знаний и навыков по разработке, монтажу и практическому использованию АСУТП. Целью преподавания дисциплины является передача студентам теоретических знаний и выработка у них практических навыков и умений, позволяющих решать сложные задачи в области проектирования и эксплуатации АСУТП.

Основные задачи изучения дисциплины: получение студентами основных научно-практических знаний об области использования, преимуществах и принципах разработки АСУТП; приобретение теоретических знаний и практических навыков по проведению монтажных работ с АСУТП; приобретение практических навыков эксплуатации АСУТП, реализованных на базе микроконтроллеров (программируемых логических контроллеров).

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- методологические основы организации и функционирования САУТП;
- основные способы проведения монтажных работ с САУТП;
- способы эксплуатации САУТП;

уметь:

- составлять технические задания на проектирование систем управления и автоматизированного технологического комплекса;
- выполнять проектно-расчетные работы на стадии технического и рабочего проектирования;
- выполнять организацию монтажных работ и предлагать способы эксплуатации САУТП;

владеть:

- навыками построения систем автоматического управления системами и процессами;
- навыками монтажа и обслуживания технических средств автоматизации и систем управления.

Подготовка студента к практическим занятиям по дисциплине, выполнение им индивидуальных заданий должны носить систематический характер. Основные рекомендации по изучению дисциплины приведены в рабочей программе по ней. Там же определен объем практических занятий по каждой теме (в часах) и их структура для очной и заочной формы обучения. Следует отметить, что для студентов заочной формы объем самостоятельной работы существенно выше, чем для очной.

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Составление технического задания на проектирование АСУТП.
2. Разработка функциональной схемы автоматизации (ФСА).
Определение основных требований к АСУ ТП по ФСА.
3. Разработка принципиальной электрической схемы информационно-измерительной подсистемы системы автоматизации.
4. Разработка принципиальной электрической схемы силовой части системы автоматизации.
5. Разработка схем электрических соединений (монтажных схем).
6. Разработка схемы соединений и подключения внешних проводов.
7. Разработка монтажных чертежей электрических и трубных проводов.
8. Разработка схемы внешнего вида щитов и пультов систем автоматизации.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

Составление технического задания на проектирование АСУТП

Цель работы: получить представление о содержании проекта автоматизации технологических процессов, изучить основные требования к оформлению технического задания, приобрести умения разработки технического задания на проектирование системы управления технологическим объектом.

Теоретические сведения

Основанием для разработки проектной документации является задание на проектирование, составляемое генеральным проектировщиком или заказчиком с участием специализированной организации, которой поручается разработка проекта.

Задание на проектирование оформляется на бланках установленной формы, где указывают:

- наименование предприятия и задачу проекта;
- перечень производств, цехов, агрегатов, установок, охватываемых проектом систем автоматизации, с указанием для каждого особых условий при их наличии (например, класс взрыво- и пожароопасности помещений, наличие агрессивной, влажной, сырой, запыленной окружающей среды и т. д.)
- стадийность проектирования;
- требования по вариантной и конкурсной разработке;
- основные технико-экономические показатели;
- сроки строительства и очередности ввода в действие производственных

подразделений предприятия;

- наименование организаций – участников разработки проекта предприятия и систем автоматизации;

- предложения по централизации управления технологическими процессами и структуре управления объектом, по объему и уровню автоматизации;

- предложения по размещению пунктов управления, щитов и пультов;

- требования к качеству, конкурентоспособности, экологическим параметрам продукции;

- требования по разработке природоохранных мероприятий, техники безопасности и гигиены и др.;

- особые условия проектирования.

В ходе разработки задания на проектирование определяют последовательность работы исполнительных органов технологической линии обеспечивающих эффективность функций управления, основными из которых являются безопасность работы объекта и правильное выполнение технологического процесса. Качественные показатели работы оборудования технологической линии определяются и корректируются на втором этапе проектирования.

Далее в соответствии с комплексом требований выделяют наиболее эффективный вариант управления, выявляя достоинства и недостатки предложенных вариантов, задают алгоритм символической записью или математической моделью (моделями), разрабатывают структуру управления и реализуют ее на базе современных технических средств автоматики (ТСА). В случае неудовлетворения всех требований существующими модифицируют ТСА, либо составляют техническое задание на разработку новых, или возвращаются к пересмотру алгоритма управления. Структуру управления переводят в полную принципиальную электрическую схему, выбрав устройство управления, дополняя цепями ручного управления, сигнализации, контроля и защиты. Проводят параметрическое моделирование и оптимизацию в проекте. После этого разрабатывают монтажные документы, конструируют щиты автоматики и проводят полное технико-экономическое обоснование варианта управления.

Пример выполнения технического задания на проектирование системы автоматизации холодильной установки при выполнении курсового проекта по данной дисциплине.

1. Наименование объекта и задача проектирования – «Разработка системы автоматического управления холодильной установки (далее – ХУ)».

2. Основание для проектирования – индивидуальное задание кафедры

ЦСА на выполнение курсового проекта.

3. Перечень агрегатов, установок, охватываемых проектом автоматизации: маслоотделитель, маслохолодильник, маслосборник, термоэлектронагреватель, винтовой компрессор, водяной конденсатор, теплообменник, маслонасос, морозильная камера, терморегулирующий вентиль, система трубопроводов с регулирующими клапанами.

4. Стадии и сроки проектирования.

- проект автоматизации разрабатывается в одну стадию – технорабочий проект.

- сроки выполнения проектных работ: начало – 17.04.2023,
окончание – 25.05.2023.

5. Исходные данные:

- технологическое оборудование и технические средства САУ ХУ располагаются в закрытом производственном помещении;

- температура окружающей среды в летний период – (20 ± 5) °С, в зимний – (10 ± 5) °С;

- относительная влажность окружающей среды – (65 ± 20) %;

- абсолютное давление окружающей среды $(8,36 - 10,6) \cdot 10^4$ Па;

- источники энергоснабжения, паро- и водоснабжение;

- электроснабжение: $U=400/230$ В, 50 Гц, $P=50$ кВт;

- водоснабжение: $PВД=3 \cdot 10^5$ Па, $QВ=5$ м³/ч;

- пароснабжение: $Pп=6 \cdot 10^5$ Па, $Qп=600$ кг/ч;

- технические требования к САУ ХУ.

Перечень требований к системам регулирования приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень регулируемых параметров САУ ХУ

Наименование параметра	Обозначение	Номинальное значение	Диапазон измерений	Требования к точности измерений	Регистрация	Сигнализация об отклонении от заданных параметров
Давление конденсации, кПа	P_k	850	800–900	± 10	+	+
Температура масла, °С	t_m	35	10–40	± 1	+	+
Температура в камере, °С	t_k	-18	-40 – +5	± 2	+	+

Перечень требований к контролируемым параметрам САУ ХУ представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень контролируемых параметров САУ ХУ

Давление всасывания компрессора, МПа	P_v	0,15	0,1–0,3	$\pm 0,01$	+	+
Температура кипения хладагента, °С	t_o	-40	-38–42	± 1	+	+
Давление нагнетания компрессора, МПа	P_H	0,85	0,5–1,5	$\pm 0,01$	+	+
Давление масла, МПа	P_M	0,8	0,5 – 1	$\pm 0,01$	+	+

Структура управления объектом автоматизации:

- в системе автоматизации должно быть предусмотрено местное и дистанционное управление с центрального пульта управления электроприводами клапанов, маслонасоса и электродвигателем компрессора;
- в системе автоматического регулирования температуры и давления должно быть предусмотрено переключение на автоматический и ручной режим;
- щиты местного управления электроприводами должны располагаться вблизи агрегатов;
- щит управления располагается в специальном помещении – пультовой;
- вид используемой энергии в САУ ХУ – электрическая;
- потребляемая мощность – не более 50 кВт.

6. Требования по технике безопасности:

- все технические средства автоматизации, питаемые от электросети, должны иметь надежное заземление.

7. Перечень предоставляемой документации:

- пояснительная записка;
- функциональная схема САУ ХУ;
- блок-схема алгоритма управления ХУ
- принципиальная электрическая схема САУ ХУ;
- схема электрических соединений информационной подсистемы САУ ХУ;
- схема-чертеж общего вида щита управления ХУ.

Задание по работе: Разработать техническое задание на проектирование системы автоматизации технологического объекта в соответствии с заданным вариантом, приведенным в таблице 3. Техническое описание объектов, перечень их контролируемых и регулируемых параметров приведены в [1].

Таблица 3 – Варианты заданий

Вариант	Задание
1	Установка дозирования рыбы
2	Холодильная установка
3	Дефростационная установка
4	Бланширователь
5	Обжарочная печь туннельного типа..
6	Камерная коптильная установка
7	Туннельная коптильная установка
8	Двухкорпусная выпарная установка
9	Сублимационная установка
10	Котельная установка
11	Варочный котел
12	Вакуумный массажер
13	Вакуум-охладитель
14	Установка для бездымного копчения
15	Реактор
16	Смеситель-измельчитель
17	Дезодорационная установка
18	Головной бродильный чан
19	Экстрактор
20	Отделение дрожжегенерации и брожения
21	Цилиндроконический бродильный аппарат
22	Ванна длительной пастеризации
23	Трубчатая пастеризационная установка
24	Ротационная печь
25	Заквасочный танк

Контрольные вопросы

1. Какие вопросы должны быть решены при анализе исходных данных для решения задач проектирования систем автоматизации?
2. Как определить цели и задачи автоматизации?
3. Перечислите виды автоматических устройств управления, используемых на объектах автоматизации.

4. Каков состав документации проекта автоматизации в соответствии с ГОСТ 21.408-2013?

5. Какие документы составляют основной комплект рабочих чертежей систем автоматизации?

6. Приведите содержание задания на проектирование системы автоматизации.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

Разработка функциональной схемы автоматизации (ФСА).

Определение основных требований к АСУ ТП по ФСА

Цель работы: ознакомиться с методами разработки функциональной схемы автоматизации (ФСА) технологических объектов управления с использованием ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов».

Теоретические сведения

ФСА является основным техническим документом, определяющим структуру и функциональные связи между технологическим процессом и средствами контроля и управления. При ее разработке необходимо решить следующие задачи:

- 1) получение первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- 2) непосредственное воздействие на технологический процесс для управления им;
- 3) стабилизация технологических параметров процессов;
- 4) контроль и регистрация технологических параметров процессов и состояния оборудования;

Результатом состояния ФСА является:

- 1) выбор метода измерения технологического параметра;
- 2) выбор основных технических средств автоматизации;
- 3) определение приводов, ИМ, РО и запорных органов технологического оборудования, управляемого автоматически или дистанционно;
- 4) размещение средств автоматизации на щитах, пультах, технологическом оборудовании и трубопроводах, а также определение способов представления информации о состоянии технологического процесса и оборудования.

На ФСА изображают:

- технологическое и инженерное оборудование и коммуникации (трубопроводы, газоходы, воздухопроводы) автоматизируемого объекта;

- технические средства автоматизации или контуры контроля, регулирования и управления;

- линии связи между отдельными техническими средствами автоматизации или контурами (при необходимости). Линии связи между приборами и контурами контроля и управления, в том числе линии беспроводной связи изображают на схемах условными графическими обозначениями, приведенными в ГОСТ 21.208-2013. Технологическое оборудование на схемах автоматизации рекомендуется изображать в соответствии со схемой соединений, принятой в основном комплекте или схемами инженерных систем. При этом допускается упрощать изображения технологического оборудования, не показывая на схеме оборудование, коммуникации и их элементы, которые не оснащаются техническими средствами автоматизации и не влияют на работу систем автоматизации.

Технологическое оборудование изображают с учетом требований следующих стандартов:

- оборудование – по ГОСТ 2.780. ГОСТ 2.782. ГОСТ 2.788. ГОСТ 2.789, ГОСТ 2.790, ГОСТ 2.791,

- ГОСТ 2.792. ГОСТ 2.793. ГОСТ 2.794. ГОСТ 2.795;

- трубопроводную запорную арматуру, используемую в системах автоматизации (не регулирующую) – по ГОСТ 2.785.

Условные графические и буквенные обозначения приборов и контуров контроля и управления принимают по ГОСТ 21.208-2013. Буквенные обозначения измеряемых величин и функциональных признаков приборов указывают в верхней части условного графического обозначения.

Коммуникации технологических трубопроводов на функциональной схеме автоматизации показывают однолинейно в зависимости от их назначения в соответствии с ГОСТ 2.784-96 «Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Элементы трубопроводов». На технологических трубопроводах изображают только основную регулирующую и запорную арматуру, которая относится к работе и обслуживанию системы автоматизации и которая необходима для определения относительного расположения отборных устройств и средств получения информации.

Для придания большей наглядности и выразительности контуры оборудования, прямоугольники, изображающие щиты и пульты, а также коммуникации вычерчивают основными линиями (толщиной 0,6–1,5мм), а

трубопроводы с основным потоком – утолщенной линией (до 2 мм). Линии связи проводятся с наименьшим числом перегибов и пересечений между собой и выполняются в тонких линиях толщиной 0,2–0,3 мм. В качестве условного графического обозначения элементов схемы применяют прямоугольник с соотношением сторон $b = 1,5a$, где a выбирают из ряда 20, 25, 35, 40 мм.

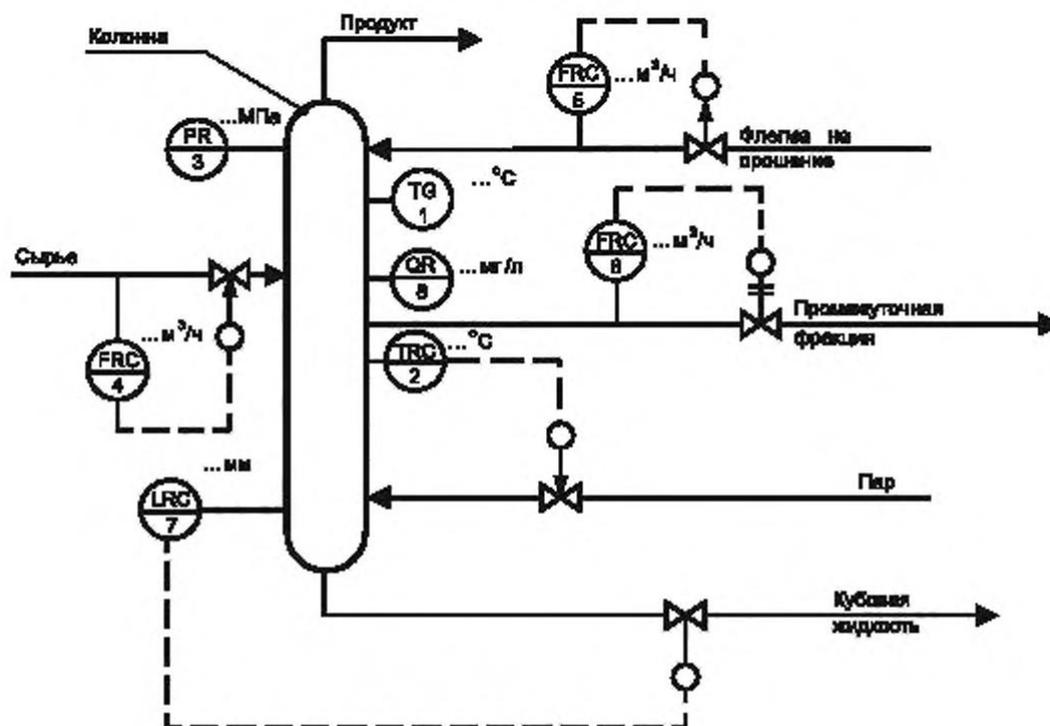
Существует два способа выполнения ФСА: упрощенный и развернутый. При выполнении ФСА упрощенным способом на схемах показывают отборные устройства, первичные приборы, регулирующие устройства, исполнительные механизмы и одно условное изображение устройства контроля и управления независимо от того, сколько блоков и устройств в него входят.

На этих схемах обычно не показывают щиты контроля, операторские пункты и ЭВМ. Такие схемы создаются на начальных стадиях проектирования.

При выполнении ФСА развернутым способом условное обозначение приборов и средств автоматизации (СА) показывается для каждого отдельно существующего функционального блока. Щиты контроля и управления показывают в нижней части чертежа при помощи условных прямоугольников. Преимуществом развернутого способа является большая наглядность и возможность легкой и быстрой ориентации в распределении аппаратуры по пунктам управления. Достоинством упрощенного способа является меньшая трудоемкость составления схем автоматизации и непосредственное ее совмещение со схемой технологического процесса.

Комбинированное изображение предполагает показ средств автоматизации в основном развернуто, однако некоторые узлы изображают упрощенно. Если несколько первичных элементов подключаются к одному вторичному прибору, то допускается объединять соединительные линии в одну. Такое объединение допускается также при наличии нескольких отборных устройств, работающих с одним прибором через переключатель.

Пример выполнения ФСА с использованием локальных регуляторов технологических параметров упрощенным и развернутым способом представлены на рисунках 1 и 2 соответственно. Пример построения ФСА при использовании программируемого логического контроллера для управления всеми технологическими параметрами конкретной АСУТП приведен в ГОСТ 21.408-2013 на рисунке В.36.



Номер контура	2	3	4, 5, 6	7	8
Номер листа	2	2	2	2	2

Рис. 1. Пример выполнения ФСА упрощенным способом

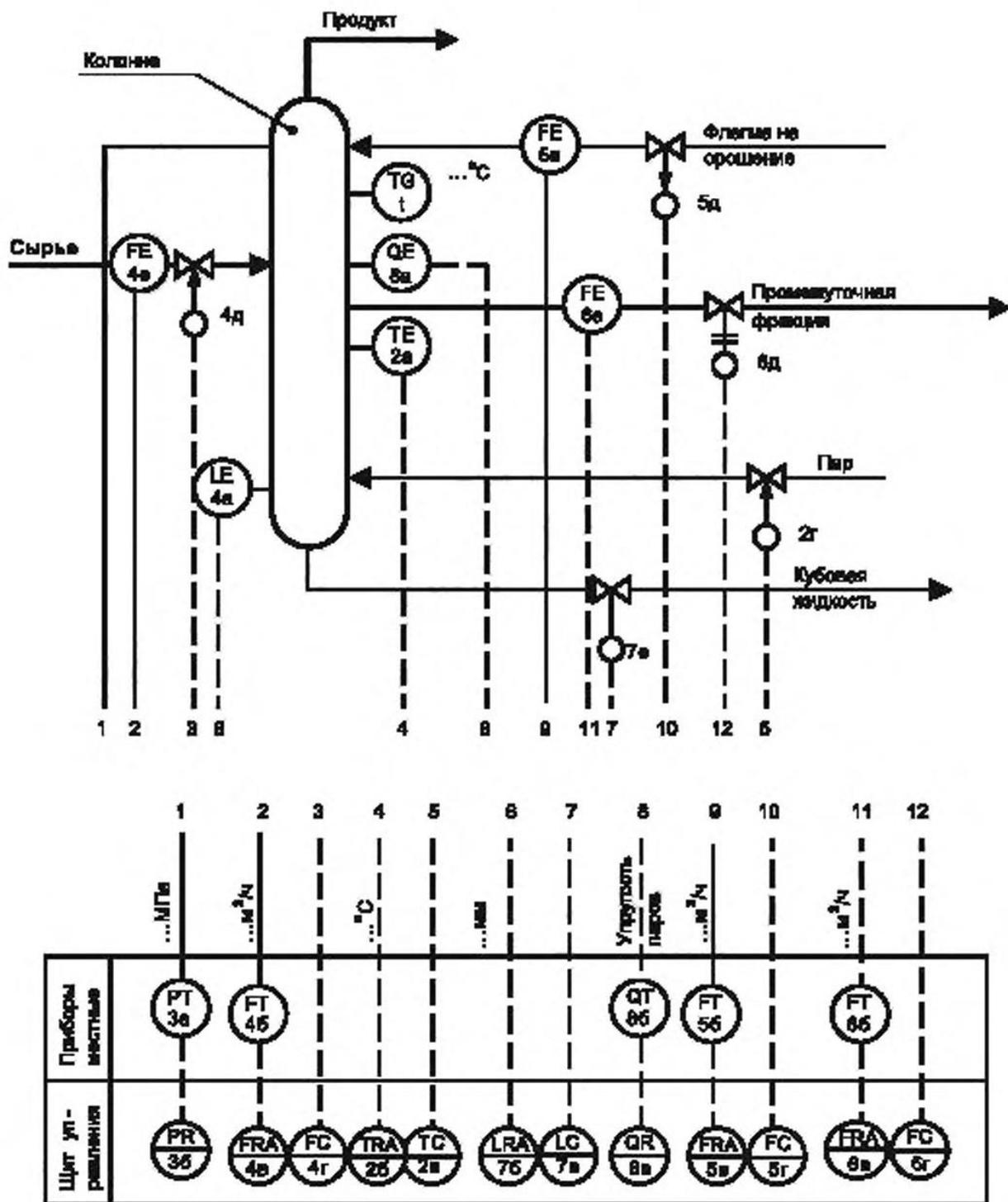


Рис. 2. Пример выполнения ФСА развернутым способом

Задания по работе:

1. Разработать ФСА по варианту, указанному преподавателем (таблица 3) в упрощенном и развернутом виде с использованием локальных регуляторов и программируемого логического контроллера на листе формата А2 или А3.

2. Заполнить заказную спецификацию (формат А4) на выбранные средства автоматизации указанного контура, используя ГОСТ 21.408-2013.

Контрольные вопросы

1. Изобразите фрагмент ФСА, изображающий контур регулирования расхода FC упрощенным способом.
2. В чем отличие методов построения ФСА упрощенным и развернутым способом?
3. Как используется буква Т в обозначениях на функциональных схемах?
4. Как используется буква Н в обозначениях на функциональных схемах?
5. Расшифруйте условное обозначение: в круге стоят буквы TS.
6. Расшифруйте условное обозначение: круг разделен линией, в верхней его части стоят буквы НА.
7. Расшифруйте условное обозначение: круг разделен линией, в верхней его части стоят буквы PIA, за кругом вверху стоит буква Н.
8. Расшифруйте условное обозначение: круг разделен линией, в верхней его части стоят буквы FQIS.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

Разработка принципиальной электрической схемы информационно-измерительной подсистемы системы автоматизации

Цель работы: ознакомиться с методами разработки принципиальной электрической схемы информационно-измерительной подсистемы системы автоматизации технологического объекта управления.

Теоретические сведения

Принципиальные электрические схемы определяют полный состав приборов, аппаратов и устройств, а также связей между ними, которые обеспечивают решение задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации. Они служат для изучения принципа действия системы и необходимы как при выполнении наладочных работ, так и в эксплуатации. Кроме того, на основании принципиальных схем разрабатываются другие документы проекта: монтажные схемы щитов и пультов, схемы внешних соединений и т. п. На принципиальных электрических схемах все аппараты (реле, пускатели, переключатели) изображают в отключенном состоянии. При необходимости изображения какого-нибудь аппарата во включенном состоянии это оговаривается на поле чертежа. Электрические схемы выполняют в соответствии со стандартами ГОСТ 2.701-2008 и ГОСТ 2.702-2011 на отдельные установки и участки автоматизированной системы (например, схема управления насоса, схемы регулирования температуры реактора и др.). В эти

схемы включают: элементы схемы, устройства и взаимосвязи между ними. Элемент схемы – составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части (реле, трансформатор, резистор, диод и т. д.). Устройство – совокупность элементов, выполняющая определенную функцию и представляющая собой единую конструкцию (блок, прибор, плата и т. д.). Линия взаимосвязи – отрезок линии, указывающий на наличие связи между элементами и устройствами. Условные графические обозначения элементов электрических схем регламентируются рядом стандартов и обычно совпадают с условными обозначениями, принятыми в мировой практике. Однако иногда, особенно в электросхемах на импортное оборудование, встречаются графические изображения, отличные от российских стандартов. Устройства (за исключением исполнительных механизмов) показывают упрощенно в виде прямоугольников. При этом в кружках, располагаемых по контуру прямоугольника, показывают обозначения входных и выходных линий связи и питания. Допускается не приводить на принципиальных схемах обозначения выводов электроаппаратов, если они приведены в технической документации на щиты пульты. Буквенно-цифровые обозначения элементов и устройств на электрических схемах регламентированы ГОСТ 2.710-81. Все технические средства, отображенные на принципиальной схеме, должны быть однозначно определены и записаны в перечень элементов и устройств по форме в соответствии с ГОСТ 2.702-2011. Перечень может быть выполнен либо на поле чертежа, либо отдельным документом. Часто элементы записывают группами, соответственно местам их установки. Чтение схемы обычно начинают с основной надписи, располагаемой в нижнем правом углу листа. Здесь указывается наименование объекта, название изделия, дата выпуска чертежа и др. Затем необходимо ознакомиться с таблицей перечня элементов, отраженных на схеме, с различными пояснениями и примечаниями. Все это позволяет установить вид и тип данной схемы, ее построение и связь с другими документами. В принципиальных электрических схемах элементы могут изображаться двумя способами: совмещенным и разнесенным.

При совмещенном способе составные части элементов или устройств изображают на схеме в непосредственной близости друг к другу. При разнесенном способе составные части элементов и устройств или отдельные элементы устройств изображают на схеме в разных местах таким образом, чтобы отдельные цепи изделия были изображены наиболее наглядно. При совмещенном способе все части каждого прибора, технические средства автоматизации и электрического аппарата располагают в непосредственной близости и заключают в прямоугольный, квадратный или круглый контур,

выполненный сплошной тонкой линией. Разнесенный способ изображения является преимущественным при выполнении схем автоматизации, т. к. при этом способе отчетливо видны все электрические цепи, что облегчает чтение схем. В этом случае составные части приборов, аппаратов, технические средства автоматизации располагают в разных местах таким образом, чтобы отдельные цепи были изображены наиболее наглядно. Принадлежность изображаемых контактов, обмоток и других частей к одному и тому же аппарату устанавливается по позиционным обозначениям, проставленным вблизи изображений всех частей одного и того же аппарата.

Для облегчения чтения принципиальных электрических схем используются следующие приемы: а) нумеруются все возможные цепи; б) под обозначением реле помещается надпись с указанием мест расположения контактов; в) вблизи позиционных обозначений у изображения контакта указывается номер цепи, в которую включена соответствующая обмотка.

Информационно-измерительные подсистема системы автоматизации технологического объекта управления представляет собой совокупность средств измерений (датчиков) и вспомогательных устройств (преобразователей, показывающих приборов), соединенных между собой каналами связи. Они предназначены для автоматического получения измерительной информации от объекта управления, а также для ее передачи и обработки в устройстве управления, реализованном на базе программируемого логического контроллера. Так, в приведенном примере [3] представлена принципиальная электрическая схема (ПЭС) автоклава, в которой используются датчик температуры в автоклаве ВК1, датчики расхода воды ВF1 и пара ВF2, датчик давления в автоклаве ВР1, а также датчик состояния положения крышки автоклава ВZ1. В качестве управляющего устройства схемы управления используется программируемый логический контроллер ПЛК63.

Задания по работе:

1. Разработать ПЭС информационно-измерительной подсистемы по варианту, указанному преподавателем (таблица 3), на базе программируемого логического контроллера на листе формата А2 или А3.

2. При выборе первичных измерительных преобразователей обосновать схему подключения датчиков к контроллеру.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит принципиальное отличие ПЭС от ФСА?
2. Как изображают элементы на принципиальных электрических схемах?

3. Как проставляются буквенно-цифровые условные обозначения элементов на принципиальных электрических схемах при совмещенном и разнесенном способах изображения?

4. На какой угол можно поворачивать условные графические изображения при вычерчивании ПЭС?

5. В каких случаях участки цепи ПЭС должны иметь разную маркировку?

6. В чем отличия двух-, трех-, четырехпроводных схем подключения датчиков к контроллеру?

7. С какой целью используют нормирующие преобразователи в ПЭС?

8. С какой целью используют модули расширения в ПЭС?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

Разработка принципиальной электрической схемы силовой части системы автоматизации

Цель работы: ознакомиться с методами разработки принципиальной электрической схемы силовой части системы автоматизации технологического объекта управления.

Теоретические сведения

Силовая часть ПЭС, как правило, содержит электроприводы исполнительных механизмов, магнитные пускатели, ТЭНы, схемную организацию их электропитания от электросети. В принципиальных схемах электроприводов различают силовые цепи и цепи управления. К силовым цепям относятся цепи силовых устройств двигателей и преобразователей, а к цепям управления – цепи элементов управления, информационных устройств, усилителей, электрических аппаратов и т. п. Принципиальные схемы выполняют в однолинейном или многолинейном изображении линиями одинаковой толщины.

Допускается выделять отдельные функциональные части выполнением линий различной толщины. Например, силовые цепи рекомендуется вычерчивать более толстыми линиями, чем цепи управления. Элементы, включенные в цепь, которая выделена толщиной линии, рекомендуется вычерчивать линиями той же толщины, что и цепь. Разрешается на принципиальных схемах графически выделять устройства, функциональные группы, части схемы и т. п., контурной штрихпунктирной линией в виде прямоугольной формы. Можно использовать фигуру и неправильной формы.

При начертании принципиальных схем используется строчный способ,

когда элементы располагают последовательно друг за другом в одну цепь, а цепи чертят параллельно, образуя строки. Строки на схемах располагаются в горизонтальном и вертикальном направлениях.

При начертании схем стараются по возможности уменьшить количество пересечений линий связей.

Силовые цепи переменного тока маркируют латинской буквой L с номерами L1, L2, L3, обозначающими фазы, буквой N, обозначающей «нуль», и последовательными числами, проставляемыми сверху вниз и слева направо (рис. 7.4, а). ГОСТ 2.709-89 допускает, если это не вызовет ошибочного подключения, обозначать фазы, соответственно, буквами А, В, С. Зажимы электротехнических устройств и потребителей, предназначенные для прямого или непрямого соединений с питающими проводами трехфазной системы, предпочтительно обозначать буквами U, V, W, если необходимо соблюдение последовательности фаз.

Силовая часть ПЭС [3] содержит автоматические выключатели QF1-QF4, тепловые реле КК1, КК2, электродвигатель М1 и электромагнитные клапаны YA1-YA4. Управляющая схема содержит кнопки управления SB1-SB12, сигнальные лампы HL1-HL4, магнитные пускатели КМ1-КМ6, конечные выключатели SQ1, SQ2, двухполюсные переключатели SA1, SA2 и переключатель режимов управления SA3. С помощью автоматических выключателей QF1-QF5 осуществляется подключение к сети переменного напряжения 380 вольт электропривода М1 и электромагнитных клапанов.

Контроллер ПЛК63 и система управления подключаются к сети переменного напряжения 230В с помощью сетевого выключателя SA1. Тепловые реле КК1, КК2 обеспечивают тепловую защиту электропривода М1.

Схема управления обеспечивает два режима работы: ручной и автоматический.

Переключатель режимов управления SA2 обеспечивает переключение режимов работы схемы управления электроприводами реверсивного двигателя клапана подачи пара М1, двигателей клапанов подачи воздуха, спуска воздуха, слива, подачи воды. Рассмотрим управление электроприводами на примере М1. Запуск электропривода на открытие клапана подачи пара производится путем нажатия кнопки SB2, при этом подается напряжение на магнитный пускатель КМ1, который подключает привод М1 к сети, а также осуществляет блокировку кнопки SB4 и размыкает цепь, в которую включен магнитный пускатель КМ2, отвечающий за реверс электропривода М1 (закрытие клапана). При полном открытии клапана срабатывает конечный выключатель SQ1, который размыкает цепь магнитного пускателя КМ1. Запуск электропривода на закрытие клапана производится путем нажатия кнопки SB4. При этом подается

напряжение на магнитный пускатель КМ2, который подключает привод М1 к сети, а также осуществляет блокировку кнопки SB2 и размыкает цепь, в которую включен магнитный пускатель КМ1, отвечающий за реверс электропривода М1 (открытие клапана). При полном закрытии клапана срабатывает конечный выключатель SQ2, который размыкает цепь магнитного пускателя КМ2. Для останова клапана необходимо кратковременно нажать на кнопку SB1 или SB3 в зависимости от направления движения электропривода. При этом пропадает напряжение на соответствующем магнитном пускателе КМ1 или КМ2.

Принципиальная электрическая схема САУ комбинированного охлаждения магистрального газа, содержащая силовую часть и информационно-измерительную подсистему, приведена в Приложении 1.

Задания по работе:

1. Разработать ПЭС силовой части схемы по варианту, указанному преподавателем (таблица 3) на базе программируемого логического контроллера на листе формата А2 или А3.

2. Обосновать выбор технических средств автоматизации силовой части ПЭС.

Контрольные вопросы

1. Из каких элементов состоит силовая часть ПЭС?
2. С какой целью используются тепловые реле в ПЭС?
3. В чем особенность использования строчного способа при выполнении ПЭС?

4. По приведенному фрагменту ПЭС силовой части схемы управления автоклавом поясните, как управляется пускатель КМ1 в ручном и автоматическом режимах?

5. Какие требования к выполнению силовой части ПЭС по толщине соединительных линий между элементами?

6. С какой целью используется конечный выключатель в силовой части ПЭС?

7. Как маркируются силовые цепи переменного тока в ПЭС?

8. Что обозначают буквами U, V, W в силовой части ПЭС?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

Разработка схем электрических соединений (монтажных схем)

Цель работы: ознакомиться с методами разработки схем электрических соединений системы автоматизации технологического объекта управления.

Теоретические сведения

Монтажные схемы служат для соединений аппаратов в пределах отдельно стоящих комплектных устройств и, как правило, выполняются на отдельном листе для каждой электроконструкции (шкаф, пульт, щит станций управления). Входящие в комплект ящики сопротивлений, понизительные трансформаторы, магнитные усилители и пр. монтируются сзади щита на самостоятельных стеллажах и также относятся к монтажной схеме щита.

Схема соединений – это схема, на которой изображают соединения основных частей в пределах принципиальной схемы. Эти схемы разрабатываются на основании технологических, функциональных и принципиальных схем управления. Их используют при монтаже, наладке, эксплуатации и ремонте электроустановок.

Общие правила, относящиеся к схемам соединения, следующие:

1. Схемы соединения разрабатывают только на один пульт.
2. Все типы аппаратов, показанные в принципиальной схеме, должны быть отражены в схеме соединений.
3. Позиционное обозначение в принципиальной схеме должно быть соблюдено в схеме соединений.
4. При разработке схемы соединений все аппараты показывают в виде прямоугольников, над которым чертится окружность, разделенная горизонтальной чертой. В числителе указывается порядковый номер аппарата, в знаменателе – позиционное обозначение. Выводные зажимы обозначаются окружностью или точкой, а при наличии заводской маркировки она применяется в схеме соединений. При выполнении монтажной схемы на заднюю панель шкафа монтируется рубильник автомат, пускатели и промежуточные реле, реле времени, клеммные колодки; на дверь монтируют тумблеры, пакетные переключатели, сигнальную арматуру, кнопочные посты, предохранитель цепей управления.

Существует три способа выполнения монтажной схемы:

1. Графический – заключается в том, что на чертеже показаны все линии связи между отдельными аппаратами. Способ применим при простых схемах и при выполнении трубных проводок.
2. Адресный (встречный) – заключается в том, что линии связи между аппаратами отсутствуют, а в место них на выводах аппарата применяют буквенно-цифровой, буквенно-буквенный или цифровой код. Способ наиболее распространенный и наиболее применяемый. Для использования этого способа кроме нумерации аппаратов необходимо на принципиальной схеме пронумеровать провода.
3. Табличный производят путем нумерации всех цепей и нумерации

аппаратов.

Адресный способ выполнения схем соединений – основной и наиболее распространенный.

При составлении схем соединений нужно помнить следующее: присоединение проводов производится только к зажимам аппаратов, электрических машин, приборов или к наборам внешних зажимов (клеммников), которые выпускаются промышленностью на номинальные токи 10, 25, 60 и 200 А и напряжение до 500 В. К одному зажиму рекомендуется присоединять не более двух проводов; при наличии большего числа проводов необходимо применять сдвоенные зажимы. В пределах одной панели все разветвления проводов между аппаратами рекомендуется делать на зажимах аппаратов и не применять промежуточные зажимы. Не допускается соединение проводов помимо зажимов, например путем скрутки или пайки.

Адресный способ выполнения монтажных схем щитов и пультов заключается в том, что вместо графического изображения внутрищитовых электрических проводок все соединения между аппаратами, приборами и сборками зажимов изображаются в виде отрезков прямых линий с указанием на них встречных адресов. Все соединения между аппаратами, приборами и сборками зажимов выполняются на основании принципиальных схем автоматизации.

Каждому аппарату присваивают номер для обозначения адреса.

Адресом является номер прибора, аппарата и сборки зажимов, присвоенный на монтажной схеме.

При изображении внутрищитовых соединений должно применяться встречное адресование, которое заключается в следующем:

– от выводных зажимов и ламелей вычерчиваются отрезки прямых линий (изображающие электрические проводки), в торцах которых проставляются направления соединений (адресов); над отрезками этих линий проставляется маркировка цепей по принципиальным электрическим схемам;

– от каждого коммутационного зажима вычерчиваются и обозначаются отрезки прямых линий аналогично рекомендациям в предыдущем пункте.

Длину отрезков, изображающих провода, рекомендуется выполнять одинаковой (независимо от того, откуда они отходят), но она должна обеспечивать четкость нанесения маркировки.

Для изображения адреса над аппаратом чертят кружок диаметром 10–12 мм и делят его пополам. В верхней части окружности (числитель) прописывается порядковый номер аппарата, в нижней (знаменатель) – его условное обозначение по элементной схеме. Так как наборная рейка состоит не больше чем из 15 зажимов, то каждой рейке можно присвоить отдельный адрес.

Можно, однако, всем рейкам, расположенным с одной стороны, дать один общий для них номер – адрес.

Зажимы каждого аппарата изображают кружками и на основании каталожных данных; если зажимы имеют порядковые номера, их вписывают в изображения зажимов. Над зажимами пишут маркировку по элементной схеме.

Петлевые перемычки изображаются в следующих случаях:

- в пределах одного аппарата;
- между лампами и табло, стоящими вплотную;
- между сигнальными лампами и кнопками, если они располагаются на расстоянии не более 100 мм;
- между предохранителями и пакетными выключателями, расположенными в пределах одной стенки щита;
- между сопротивлениями, электронной и другой аппаратурой, расположенной в один ряд или несколько рядов в пределах одной стенки.

После того как выполнена такая заготовка, можно приступить к составлению монтажной схемы. Все соединения вторичных цепей на монтажной схеме выполняют не линиями, а только адресами. Адреса позволяют легко и быстро определить направление провода и упрощают монтаж устройства.

Адрес состоит из двух частей. Левая часть адреса – маркировка зажима аппарата по принципиальной электрической схеме, пишется над проводом, правая часть – адрес аппарата, с которым соединяется этот провод или номер зажима клеммника.

Нумерация силовых проводов:

L1, L1.1, L1.2,

L2, L2.1, L2.2,

L3, L3.1, L3.2,

Нумерация проводов цепей управления на переменном токе:

- провода, отходящие от нулевого провода, имеют четные номера;
- провода, отходящие от фазного провода, имеют нечетные номера;
- границей раздела четных и нечетных проводов являются устройства, которые потребляют мощность – катушки магнитных пускателей, лампы, звуковые устройства сигнализации.

При нумерации проводов цепей управления на постоянном токе следует пользоваться номерами 700–999, причем нумерация сплошная: четные номера следуют за нечетными.

Схемы электрических соединений – монтажные схемы щитов и пультов разрабатываются для выполнения электрической коммутации элементов автоматизации в пределах щита или пульта. В соответствии с ГОСТом

монтажные схемы называются схемами электрических соединений (СЭС) щитов и пультов.

Для каждого щита или пульта выполняется своя СЭС. Схему электрических соединений разрабатывают на основании принципиальных электрических схем, общих видов щитов и пультов, функциональных схем автоматизации и схем питания. Выполняется она в следующей последовательности: на чертеже изображают очертания развернутых в одной плоскости внутренних стенок щита или пульта, а также переднюю стенку щита или панель пульта с упрощенным изображением элементов автоматизации. При вычерчивании обратной стороны передней панели (щита, пульта) следует обратить внимание на то, что приборы, размещенные на общем виде справа от пульта, на СЭС будут расположены слева, и наоборот.

После размещения аппаратуры внутри щита определяется количество и место расположения коммутационных зажимов. Затем выбирается электрическая и трубная проводки и выполняется чертеж СЭС.

Чертежи монтажных схем обычно выполняются без масштаба. Применяют три основных метода составления СЭС: графический, табличный и адресный. Метод выполнения монтажных схем выбирается, исходя из технологии выполнения СЭС на заводе-изготовителе щитов и пультов.

Графический метод заключается в том, что на монтажной схеме условными линиями показывается вся соединительная проводка, как одиночная, так и объединенная в пакеты или жгуты. Соединению подлежат выводы на контактах аппаратов, катушках реле, сопротивлениях и т. п. в соответствии с принципиальной схемой. Концы проводов, предназначенных для соединения с аппаратами, расположенными вне щита, выводят на сборку зажимов. В один поток объединяются не более 20 проводов, отходящих от близкорасположенных приборов и аппаратуры управления. Концы проводов, подходящих к сборкам зажимов, маркируются. Перемычки проводов между приборами и аппаратурой, как правило, в одну линию не объединяются. Допускается объединять в одну линию провода перемычек, идущих к удаленным приборам и аппаратуре, находящимся в пределах одной панели щита или пульта. Объединять в общую линию провода, идущие к сборкам зажимов, с проводами перемычек не рекомендуется.

Адресный метод монтажа заключается в следующем: над каждым прибором и аппаратом, установленным на щите или на пульте, проставляется порядковый номер прибора или аппарата (в верхней половине круга) и обозначение или позиция этого прибора или аппарата (в нижней половине круга). Используемые клеммы прибора или аппарата обозначаются: первый номер – номер прибора или аппарата, куда идет монтажный провод; второй

номер – номер провода по принципиальной электрической схеме.

На зажимах аппаратов и устройств автоматики проставляют обозначения согласно заводской инструкции по монтажу и маркируют в соответствии с принципиальной электрической схемой. Коммутационные зажимы в основном используют для соединения внутренней и внешней электрических проводок. Пример СЭС, выполненной адресным методом, приведен в Приложении 2.

Схемы электрических соединений табличным способом выполняются в виде таблиц соединений (табл. 4) и таблиц подключений (табл. 5). Запись проводок в таблицу соединений производят на основании принципиальных электрических схем и схем внешних проводок.

Таблица 4 – Форма таблиц соединения

Проводник	Откуда идет	Куда поступает	Данные проводника	Примечания
Левая стенка				
701	КК1:10	ХТ1:3		
703	ХТ1:7	Н5:2		

Таблица 5 – Форма таблицы подключения

Проводник	Откуда идет	Куда поступает	Данные проводника	Примечания
Секция 1				
10	3	КК1	4	12
Дверь				
101	1	Н2	2	102

Принят следующий порядок заполнения граф таблицы соединений:

- в графах «Откуда идет» и «Куда поступает» приводят адреса присоединения проводников, например, К1:4, 18в – К2:5, где К1 – позиционное обозначение аппарата; 18в – позиция прибора; К2 – колодка прибора; 4, 5 – номера выводов;
- в графе «Данные проводника» для проводов указывают их марку, сечение;
- в графе «Примечание» указывают специальные требования по прокладке проводок, их напряжению и т. п.

Таблицы подключения проводок следует выполнять в порядке, соответствующем расположению приборов и аппаратуры на щите. Запись начинают с соответствующих заголовков: «Левая стенка», «Дверь» и т. д.

В графе «Вид контакта» проставляются позиция прибора по

спецификации или позиционное обозначение аппарата, блока зажимов. В графах «Вывод» проставляют номера выводов из инструкции на прибор или аппарат. В графах «Проводник» против соответствующих номеров выводов указывают маркировку проводок, подключаемых к данному выводу.

Оборки зажимов изображают, как правило, высотой 15 мм с шириной каждого зажима 4 мм. В качестве коммутационных зажимов в системах автоматики обычно применяют зажимы типа ЗК-Н (нормальный) и ЗК-П (переходный) на рабочее напряжение до 500 В и ток до 10 А.

Для подключения термометров сопротивления и кабелей, идущих от термометров сопротивления, применяют специальные коммутационные зажимы с подгонными катушками типа ЗК-2,5; ЗК-5; ЗК-7,5; ЗК-15; ЗК-25 (цифра соответствует сопротивлению подгонной катушки в омах).

Для электрической проводки в щитах и пультах при напряжении до 400 В применяют провода с резиновой изоляцией марки ПР-500 и ПРЛ-500 или с полихлорвиниловой изоляцией марки ПВ-500 или ПГВ-500 сечением 1, 1,5 и 2,5 мм². Гибкие провода ПРГ-500, ПРГЛ-500, ПГВ-500 применяют для присоединения к штепсельным разъемам или к аппаратуре, устанавливаемой на подвижных дверцах шкафов или крышках пультов.

Проводку для измерительных цепей напряжением до 4 В и цепей, требующих экранировки, прокладывают отдельно от проводки других цепей. Присоединять более двух проводов к одному контактному винту зажимов не рекомендуется. Для этой цели применяют зажимы с перемычкой ЗК-П.

Электрическую проводку между приборами и аппаратами, расположенными в пределах одной панели щита (пульта), рекомендуется выполнять непосредственно между зажимами этих элементов без перехода через оборки зажимов. Сборки зажимов могут располагаться как в нижней, так и в верхней части щита, горизонтально или вертикально, в один или несколько рядов, обычно на расстоянии 350–800 мм от основания при горизонтальном расположении и не менее 200 мм при вертикальном.

Электрическую и трубную проводку обычно выбирают после размещения аппаратуры и клеммных сборок внутри щита. Трубы для прокладки в щитах и пультах выбирают в зависимости от их назначения, параметров и химических свойств веществ, заполняющих трубы, с учетом размеров присоединительных устройств. Во всех случаях, когда параметры заполняющей среды и температура окружающей атмосферы позволяют применять трубы из пластических масс, рекомендуются трубки из полиэтилена низкой плотности и полихлорвиниловые, так как их употребление для проводки внутри щита наиболее просто и экономично.

Для прокладки труб в щитах и пультах рекомендуется применять: трубы

газопроводные при давлении заполняющей среды 0,15–1 МПа; трубы стальные бесшовные холоднотянутые при давлении заполняющей среды до 40 МПа; трубы из полиэтилена низкой плотности и полихлорвиниловые – при давлении до 0,6 МПа при 20 °С; трубы медные при давлении 0,2–0,8 МПа.

На чертежах электрическую и трубную проводки показывают в местах, примерно соответствующих их действительному расположению.

Чертеж монтажной схемы должен содержать компоновку приборов, средств автоматизации, аппаратов, монтажных изделий, электрических и трубных проводок к приборам, аппаратам, оборкам зажимов с монтажной стороны щита или пульта; развертку ключей, переключателей, реле и других аппаратов; спецификацию монтажных изделий и материалов; перечень аппаратуры, устанавливаемой внутри щита и пульта; таблицу надписей в рамках; таблицу состава, сборки зажимов. Каждой сборке зажимов присваиваются порядковые номера с добавлением буквы К. Кроме того, на чертеже проставляются порядковые номера позиций изделий и материалов, необходимых для монтажа щита и пульта. Номера проставляются вблизи изделий и материалов на полках линий выносок.

Задания по работе:

1. Разработать СЭС адресным методом для ПЭС по вариантам заданий, указанным в таблице 3.
2. Заполнить формы таблицы соединения и таблицы подключения для разработанной СЭС.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют виды монтажных электрических схем?
2. Дать определение понятию схема соединений?
3. Приведите общие правила относящиеся к схемам соединения.
4. Какие способы размещения сборки зажимов используются для электрической проводки?
5. Приведите способы выполнения монтажных схем соединений.
6. Какие факторы необходимо учитывать при выборе трассы электрических проводок?
7. Какие минимальные допустимые сечения жил в электропроводках систем автоматизации?
8. Какие требования существуют по выбору числа резервных жил в кабелях?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

Разработка схемы соединений и подключения внешних проводов

Цель работы: ознакомиться с методами разработки схемы соединений и подключения внешних проводов системы автоматизации технологического объекта управления.

Теоретические сведения

Схемы внешних электрических и трубных проводов являются чертежами, на которых показываются электрические и трубные связи, прокладываемые вне щитов, между отдельными приборами, средствами автоматики и щитами проектируемой системы автоматизации. В соответствии с ГОСТом схемы внешних электрических и трубных проводов называются схемами подключения. Они разрабатываются на основании решений, принятых и запроектированных в функциональных схемах, принципиальных электрических схемах, принципиальных электрических схемах питания и схемах электрических соединений щитов и пультов.

На схемах подключения условными обозначениями в виде монтажных символов показывают: первичные приборы, отборные и исполнительные устройства с указанием их маркировки по принципиальной электрической схеме или позиции по функциональной схеме автоматизации; щиты и пульта контроля, регулирования, управления сигнализации и питания с указанием их наименований; устанавливаемые вне щитов приборы, клапаны, заслонки, магнитные пускатели, источники электропитания, звонки, ревуны и другие средства автоматики, к которым подводят кабели, провода или трубы с указанием их маркировки по соответствующим принципиальным электрическим схемам; соединительные, разветвительные, проходные и другие коробки с указанием их номеров; проложенные вне щитов электрические провода, кабели с указанием их номеров, марок, длин, а также характеристик и длин защитных труб; зажимы расположенных вне щитов приборов, регуляторов, магнитных пускателей.

К составлению схемы электрических подключений приступают после определения мест установки щитов и пультов, отборных и приемных устройств, первичных приборов, регулирующих органов и местных приборов.

В верхней части чертежа схемы размещают сгруппированные по параметрам или системам регулирования монтажные символы приемных, отборных устройств, регулирующих органов и т. д. Над ними помещают поясняющие надписи, в которых указывают наименование агрегата или аппарата, контролируемого параметра, среды, место установки прибора, отборного устройства, средств автоматики или исполнительного устройства,

номер установочных чертежей, а также номер позиции по спецификации или обозначения по функциональной схеме автоматизации или по принципиальной электрической схеме. В нижней части чертежа в виде прямоугольника (толщина линии 0,2–0,3 мм) размещают щиты и пульты управления. Схема соединений внешних проводок (регулирующие органы с электроприводом) показана на рисунке 3.

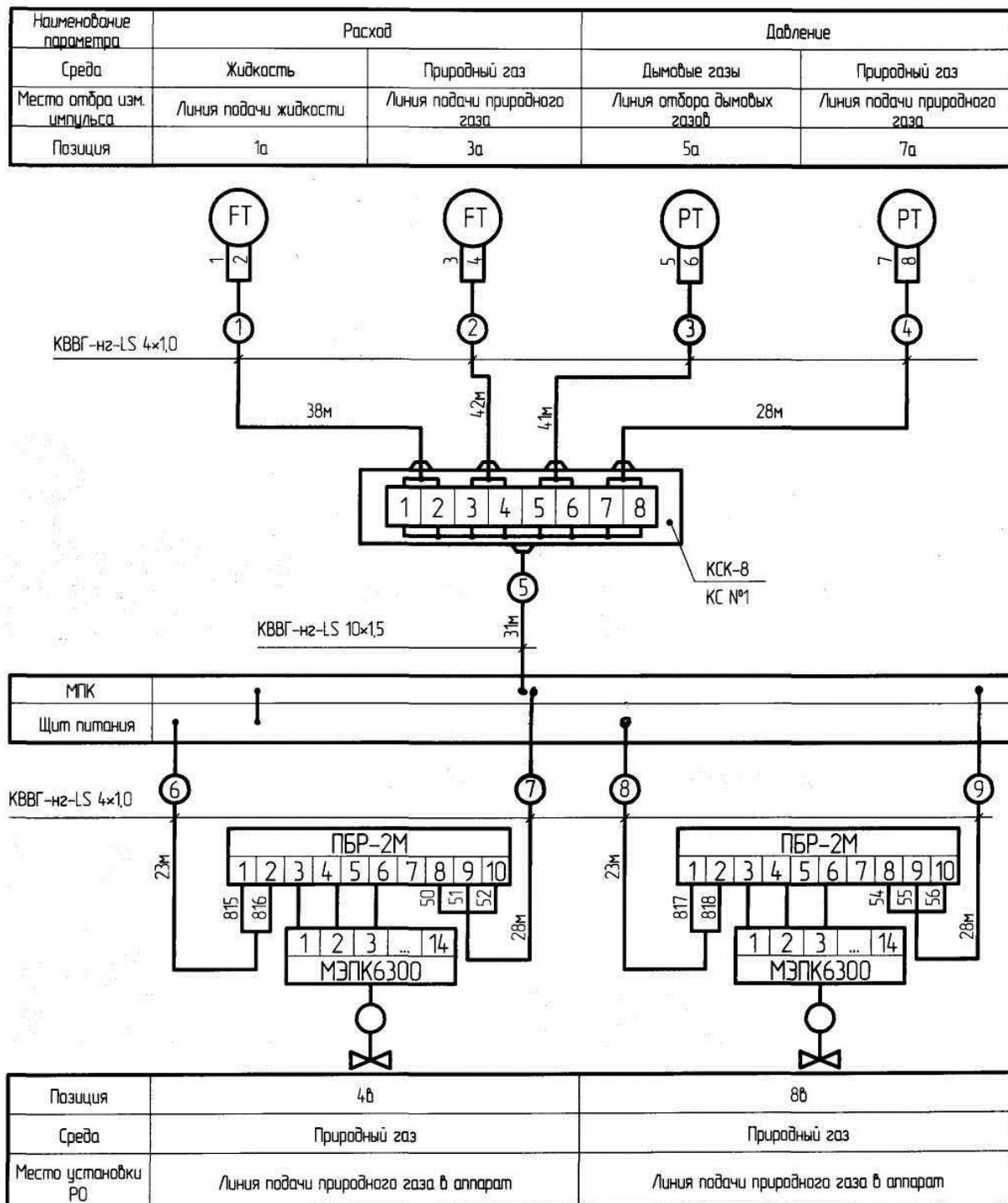


Рис. 3. Схема соединений внешних проводок (регулирующие органы с электроприводом)

На поле чертежа между приемными устройствами и щитом (пультом) управления размещают условные символы приборов и средств автоматики, находящиеся вне щитов, соединительные коробки и линии электрических и трубных проводок.

Электрические и трубные проводки, как правило, показывают вертикальными линиями с наименьшим числом изгибов (толщина линий 0,8–1 мм). Электрическим и трубным проводкам присваивают маркировку в виде сквозных арабских порядковых цифр. Маркировку проставляют в местах разрыва линий проводок в кружке диаметром 10–12 мм.

Различают следующие виды трубных проводок: импульсные – для передачи воздействия от приемных устройств к приборам и средствам автоматизации; командные – для передачи командных импульсов между приборами и средствами автоматизации; питающие – подводящие (например, сжатый воздух, воду) от источников питания к приборам и средствам автоматизации, а также выбросные (сливные), обогревные и вспомогательные.

Для трубных проводок применяют следующие трубы: стальные водогазопроводные неоцинкованные и оцинкованные с условным диаметром 8, 15, 20, 25, 32, 40 и 50 мм; бесшовные из углеродистых и легированных сталей с условным диаметром 6, 8, 10, 12, 14, 16 и 22 мм; бесшовные из нержавеющей сталей с условным диаметром 6, 8, 10, 12, 14, 16 и 22 мм; медные с наружным диаметром 6, 8, 10, 12, 14 и 16 мм; алюминиевые с наружным диаметром 8, 10 и 12 мм; полиэтиленовые (МРТУ 6 № 05-918-63) размером 6 × 1, 8 × 1,6 и 10 × 2 мм; полихлорвиниловые (ВТУ 1375-47) размером 6 × 1, 8 × 1,6 и 10 × 2 мм; винипластовые (МН 1427-61) размером 10 × 1, 12 × 1,8 мм; резиновые с внутренним диаметром 8 мм.

Трубы из нержавеющей сталей и цветных металлов применяют для трубных проводок в условиях агрессивных сред или при необходимости сохранения чистоты среды, заполняющей трубопровод. Во всех остальных случаях применяют стальные трубы из углеродистой стали или пластмассовые.

В качестве командных и импульсных трубных проводок в системах пневматики применяют полиэтиленовые, полихлорвиниловые, медные и алюминиевые трубы, а также многотрубные пневмокабели.

В качестве электрических проводок в системах контроля и автоматического регулирования применяют провода и кабели с алюминиевыми и медными жилами. С целью экономии меди и уменьшения стоимости проводки следует выбирать в основном провода и кабели с алюминиевыми жилами. Однако в установках, где требуется обеспечить повышенную надежность, а также в передвижных установках и установках, подверженных вибрации, следует применять кабели и провода с медными жилами. Провода и кабели с медными жилами применяют во взрывоопасных помещениях класса

В-1 и В-1а и для измерительных и регулирующих цепей в помещениях любого класса, принцип действия которых основан на преобразовании измеряемой величины в электрическое сопротивление чувствительного элемента датчика при напряжении 4,5 В и ниже и для устройств телемеханики при диаметре жил проводов и кабелей от 0,5 до 1 мм.

Марку провода или кабеля выбирают по каталогу. Для систем контроля и автоматического регулирования наибольшее применение получили кабели марки КВРБ и АКВРБ для наружной прокладки в траншеях, кабели КНРГ, КВРГ, АКНРГ для открытой прокладки на конструкциях или при креплении скобами, провода ПРГО-500 и АПРГО-500 для прокладки в защитных трубах, провода ПВ и АПВ для открытой прокладки.

Над угловым штампом по ширине его сверху вниз приводится спецификация проводов, кабелей, трубных проводов, монтажной арматуры и изделий.

Задания по работе:

1. Разработать схему монтажа трубных проводок по вариантам заданий, указанным в таблице 3.
2. Заполнить спецификации применяемых в проекте проводов, кабелей, трубных проводов, монтажной арматуры и изделий.

Контрольные вопросы

1. Какие бывают виды трубных проводок?
2. Какие виды кабелей применяют в системах контроля и автоматического регулирования?
3. Какие виды труб используют для трубных проводок в условиях агрессивных сред или при необходимости сохранения чистоты среды?
4. Какие виды труб используют в качестве командных и импульсных трубных проводок в системах пневматики?
5. В каких местах проставляют маркировку электрическим и трубным проводкам?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

Разработка монтажных чертежей электрических и трубных проводок

Цель работы: ознакомиться с методами разработки монтажных чертежей электрических и трубных проводок системы автоматизации технологического объекта управления.

Теоретические сведения

Монтажные чертежи электрических и трубных проводок – чертежи трасс являются проектным материалом, на основании которого производятся монтажные работы в части установки щитов, соединительных коробок, приборов и других средств автоматизации, а также прокладки электрических и трубных проводок. Эти чертежи предназначены для указания координат установки оборудования автоматизации, направления потоков электрических и трубных проводок и для рекомендаций по способам их крепления. Исходными материалами для разработки монтажных чертежей электрических и трубных проводок служат строительные и технологические чертежи, на которых нанесены установочные узлы первичных приборов и отборных узлов, функциональные схемы автоматизации, принципиальные электрические, пневматические и гидравлические схемы, схемы питания, схемы электрических соединений щитов и пультов, а также схемы подключения, которые обычно выполняют параллельно с разработкой чертежей, трасс.

На плане трасс показывают (рис. 4): контур здания с указанием нумерации его осей, технологическое оборудование и трубопроводы в сокращенном объеме, достаточном для размещения и координации устройств автоматизации, электрических и трубных проводок; монтажные символы первичных приборов и отборных устройств, приборов и регулирующих органов, исполнительных механизмов, электроаппаратуры, находящихся на технологическом оборудовании, на трубопроводах, и другого оборудования, устанавливаемого вне щитов и пультов; условные изображения щитов и пультов, соединительных коробок, коробок свободных концов термопар, трасса электрических и трубных проводок.

Контур здания, технологическое оборудование и трубопроводы на чертеж наносят более тонкими линиями, чем линии, относящиеся к проекту автоматизации.

Электрические и трубные проводки на плане трасс должны иметь ту же маркировку, что и в схеме электрических подключений.

В верхнем правом углу чертежа даются общие пояснения и примечания, а остальная часть листа используется для графического материала. Чертежи выполняются в масштабах 1:50 и 1:100. При выполнении проекта автоматизации для нескольких аналогичных агрегатов монтажный чертеж электрических и трубных проводок выполняется только для одного агрегата с соответствующими указаниями в примечании.

Над условным изображением первичного прибора, отборного и исполнительного устройства проставляется на сноске его позиция из спецификации. Соединительные коробки на монтажных чертежах условно

показываются без масштаба в виде прямоугольника. Все щиты условно изображаются на чертежах в масштабе в виде прямоугольников с перекрещивающимися из угла в угол линиями, на сноске даются их наименования. Все электрические провода и кабели располагаются в защитных трубопроводах, лотках, коробах и без них. Трубопроводы всех назначений показываются в местах прокладки: по каркасам технологического оборудования, стенам, потолкам, в полах, в каналах и т. п.

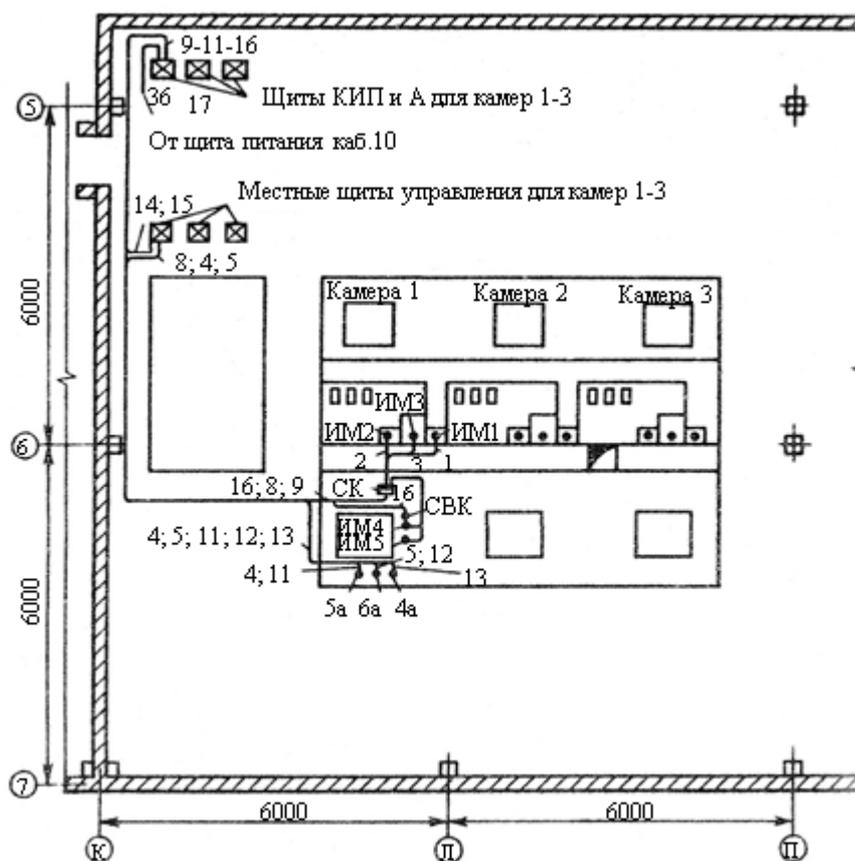


Рис. 4. Пример выполнения монтажного чертежа электрических и трубных проводок

После разработки монтажного чертежа, электрических и трубных проводок его необходимо окончательно согласовать в части взаимной увязки мест, выделенных под трассы электрических и трубных проводок.

Задания по работе:

1. Разработать схему монтажа трубных проводок по вариантам заданий, указанным в таблице 3.
2. Заполнить спецификации основных конструкций для прокладки и крепления потоков электрических и трубных проводок (мостики, лотки, короба, и т. д.).

Контрольные вопросы

1. С какой целью разрабатывают план трасс?
2. Какие материалы являются исходными для разработки монтажных чертежей электрических и трубных проводок?
3. Какие геометрические фигуры используют в схемах условного изображения щитов на чертежах?
4. В каких местах прокладки показывают трубопроводы на схемах трубных проводок?
5. Как изображают соединительные коробки на чертежах трубных проводок?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

Разработка схемы внешнего вида щитов и пультов систем автоматизации

Цель работы: ознакомиться с методами разработки схем внешнего вида щитов и пультов систем автоматизации технологического объекта управления.

Теоретические сведения

Щиты и пульты управления в системах автоматического контроля, регулирования и управления являются конструктивными элементами для размещения приборов и аппаратуры, относящихся к данной системе. Щиты и пульты позволяют рационально разместить и связать в единую систему не только приборы, регуляторы, средства сигнализации и дистанционного управления, но и относящиеся к ним элементы электрической коммутации, трубные проводки, средства защиты и блокировки, а также другие вспомогательные устройства. Исходными материалами для выбора щитов и пультов и размещения на них приборов и средств автоматизации при разработке чертежей общих видов щитов и пультов являются схемы взаимосвязей между пунктами контроля и управления; функциональные схемы автоматизации; принципиальные электрические и пневматические схемы автоматического регулирования, управления и сигнализации; схемы питания; чертежи щитового помещения; монтажно-эксплуатационные инструкции на приборы и аппаратуру и чертежи установки приборов и аппаратуры на фасадах щитов и пультов.

Типы и основные размеры щитов и пультов, предназначенные для стационарных установок с нормальными условиями эксплуатации, определены ОСТ 36.13-90 «Щиты и пульты систем автоматизации технологических процессов».

По конструктивному оформлению щиты делятся на шкафные и

панельные – полногабаритные и малогабаритные; пульта – на приставные и отдельностоящие. Кроме того, могут предусматриваться приставные панели. Шкафные щиты являются щитами с закрытой коммутацией, панельные – с открытой.

Шкафные щиты и пульта могут быть двух исполнений: защищенные и защищенные с уплотнением (последние имеют только уплотнение дверей, ограничивающее попадание пыли внутрь щита и пульта). На фасадной стороне щитов или панелей размещают показывающие, самопишущие и регулирующие приборы, переключатели к приборам, светосигнальную арматуру, аппаратуру оперативного управления, а также изображают мнемосхемы.

Компоновку и расположение приборов и аппаратуры на щитах и панелях необходимо выполнять в соответствии с ходом технологического процесса (его поточности) слева направо, начиная от начальных стадий и заканчивая завершающими для данной установки или объекта. Должны приниматься во внимание вопросы эстетического порядка (комплектование в группе приборов однородных размеров, форма, внешнее оформление), а затем соблюдаться условия удобного обзора приборов. Приборы и аппаратуру на панелях щитов можно размещать в несколько рядов по высоте.

При размещении приборов на щитах и панелях следует придерживаться следующих принципов: в верхней части щита, на высоте от пола 2000–2100 мм размещается светосигнальная арматура (лампы, табло), ниже, в зоне 1000–2000 мм, должны находиться показывающие приборы, в зоне 1100–1700 мм – автоматические регуляторы и самопишущие приборы, в зоне 700–1500 мм – аппаратура переключения и дистанционного управления.

Как по горизонтали, так и по вертикали между наружными габаритными размерами приборов и аппаратуры должны быть выдержаны минимальные расстояния порядка 30-60 мм, однако эти расстояния могут увеличиваться при необходимости обеспечения свободного открывания крышек приборов и размещения с тыльной стороны коммутации и трубных линий и установки под каждым прибором или аппаратом рамок с надписями, указывающими назначение прибора или аппаратуры.

Внутри шкафных щитов и за их панелями размещаются неоперативная аппаратура, системы контроля и регулирования, а также вспомогательная аппаратура: реле, трансформаторы, импульсные прерыватели, оборки зажимов, предохранители, автоматические выключатели и др.

Приборы и вспомогательная аппаратура размещаются на боковых и задних стенках шкафных щитов, на боковых стенках панельных щитов, а также на стене или панели за панельными щитами.

Аппараты защиты и управления схемы питания размещают на отдельных

панелях, группируя выключатели и предохранители по величине напряжения (380, 220, 127, 48, 36 В и т. д.).

Под предохранителями и выключателями указываются наименование аппарата по схеме и его характеристика.

Групповые оборки зажимов располагаются в нижней части передней, задней и боковых стенок щитов, горизонтально или вертикально, в один или несколько рядов при расстоянии между рядами оборок не менее 150 мм. Сборку зажимов для подсоединения внешних коммутаций располагают в нижней части щита на высоте не менее 150–200 мм от пола.

При размещении аппаратуры внутри щита рекомендуется выдерживать следующие расстояния по высоте от основания:

- для трансформаторов – 1700–2000 мм;
- для панелей с выключателями и предохранителями – 1000–1700 мм;
- для реле, резисторов, диодов – 400–1900 мм;
- для фильтров и редукторов – 400–1500 мм.

Реле, трансформаторы, источники питания, предохранители и другая вспомогательная аппаратура внутри пульта не размещаются. Мнемосхема представляет собой упрощенную схему технологического процесса с изображением на ней механизмов и связей между ними. Механизмы и оборудование изображают символами, а технологические связи – в виде полос. В символы мнемосхемы встраивают органы управления и сигнальную арматуру. Элементы мнемосхемы окрашивают в цвета, соответствующие среде технологического потока. Мнемосхему, как правило, проектируют на фасаде передней панели щита или на наклонной панели пульта для управления сложным технологическим процессом. На чертежах щитов и пультов помещают:

- вид передней панели всего щита или верхней панели пульта с упрощенным изображением приборов, аппаратуры управления и мнемосхемы с полной координацией аппаратуры и с указанием габаритных размеров щита и пульта. Чертеж фасадной стороны щита и пульта выполняется в масштабе 1:10;

- вид стенок (пульта) с внутренней стороны с упрощенным начертанием (в масштабе 1:10) установленных на них аппаратов и изделий, в том числе оборок зажимов, коробов и коллекторов для прокладки электрических и трубных проводов;

- таблицу надписей в рамках к приборам, вспомогательному оборудованию, пусковой и сигнальной арматуре;

- спецификацию панелей щитов и пульта;

- спецификацию приборов и аппаратуры для установки на передних

панелях щита и верхних панелях пульта;

- спецификацию вспомогательной аппаратуры, устанавливаемую внутри щита.

Позиционные обозначения средств автоматизации и буквенные цифровые обозначения по электрическим схемам рекомендуется проставлять на полках-выносках, проводимых от изображений средств автоматизации, аппаратуры управления и сигнализации.

Буквенно-цифровые обозначения светосигнальных табло допускается проставлять внутри контура табло.

Щиты и пульты могут быть установлены как в производственных, так и в отдельных изолированных щитовых помещениях. В производственных помещениях с нормальной атмосферой можно устанавливать центральные и диспетчерские щиты. Если щит состоит из нескольких панелей (многопанельный или многошкафной щит), то на чертеже общего вида помещают схему сочетания панелей (рис. 5).

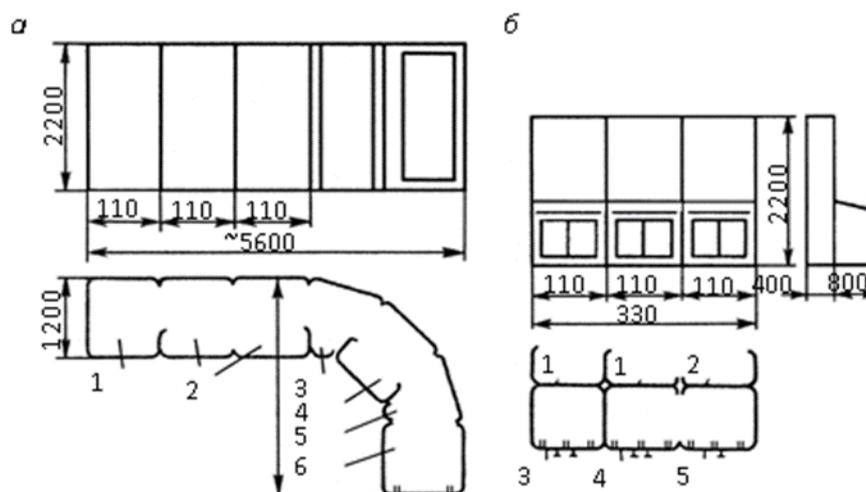


Рис. 5. Схемы сочетания панелей: а – щит шкафной Г-образного типа: 1 –ЩШ-ЛД-ОП, 2 – ЩШ-02, 3 – ВУ-ЩШ, 4 – ЩШ-ПД –ОЛ, б – щит панельный плоский свободно стоящий с пультом: 1– ЩП-ЛС, 2 – ЩП-ПС, 3 – ПП, 4 – ПП-ОП, 5-ПП-ОЛ

Эта схема дает наглядное представление о форме многопанельного щита и о расположении его относительно стен щитового помещения. Схема сочетания панелей, выполненная в масштабе 1:50, размещается на свободном поле чертежа. Если щит состоит из большого количества панелей, то схема сочетания может выполняться на отдельном листе того же чертежа. В необходимых случаях схема сочетания дается и для пультов.

Задания по работе:

1. Разработать схему внешнего вида щитов и пультов систем автоматизации по вариантам заданий, указанным в таблице 3.
2. Заполнить спецификацию изделий и материалов для проектируемого щита и пульта автоматизации.

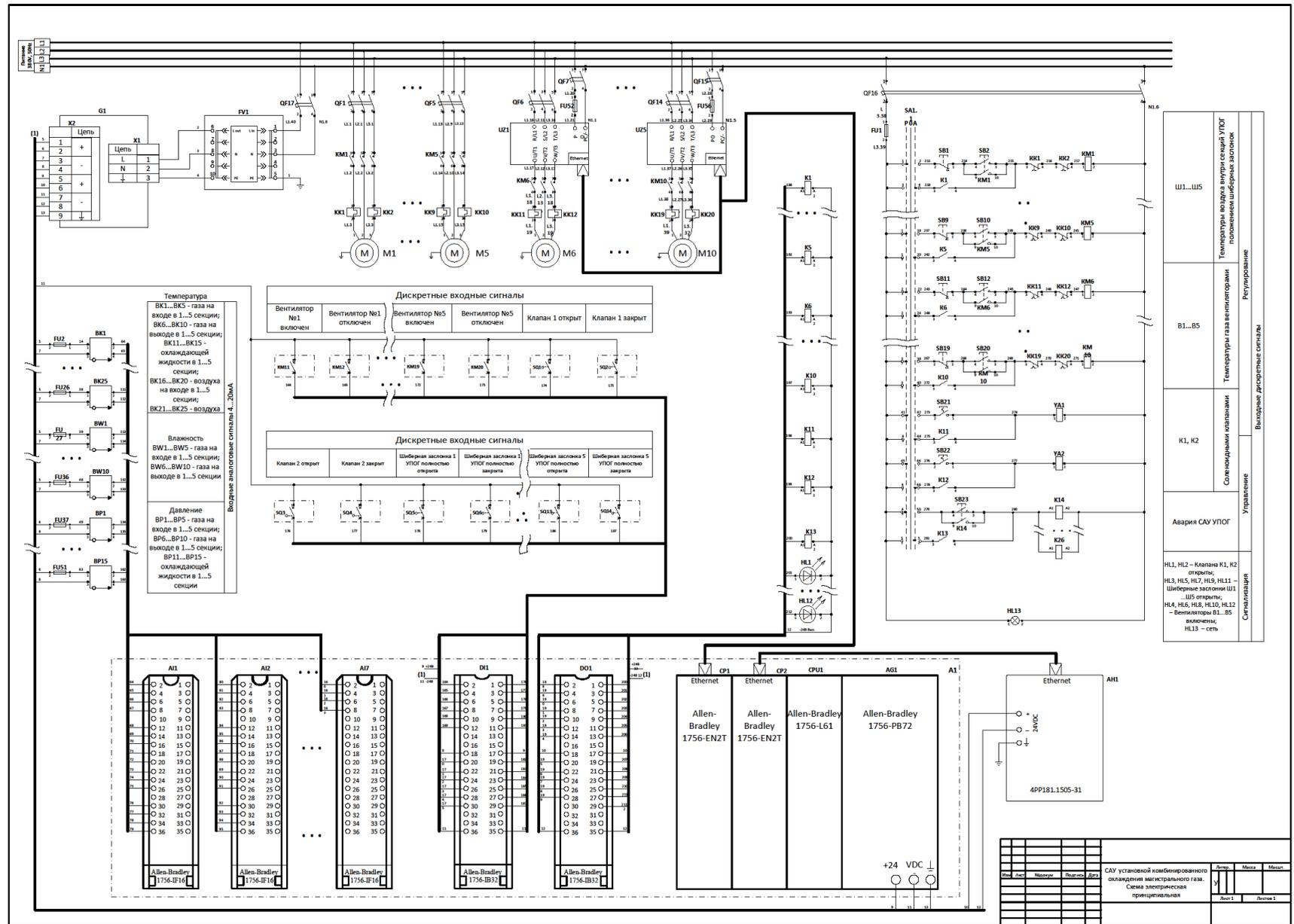
Контрольные вопросы

1. Какие основные нормативные документы используют при выполнении монтажа щитов, пультов и панелей управления?
2. Как осуществляется монтаж комплектных пунктов автоматики?
3. Как организован монтаж устройств сбора информации?
4. Приведите особенности монтажа микропроцессорных устройств ЭВМ.
5. Какие способы применяют для монтажа линий связи?
6. Какие существуют схемы сочетания панелей щитов автоматики?

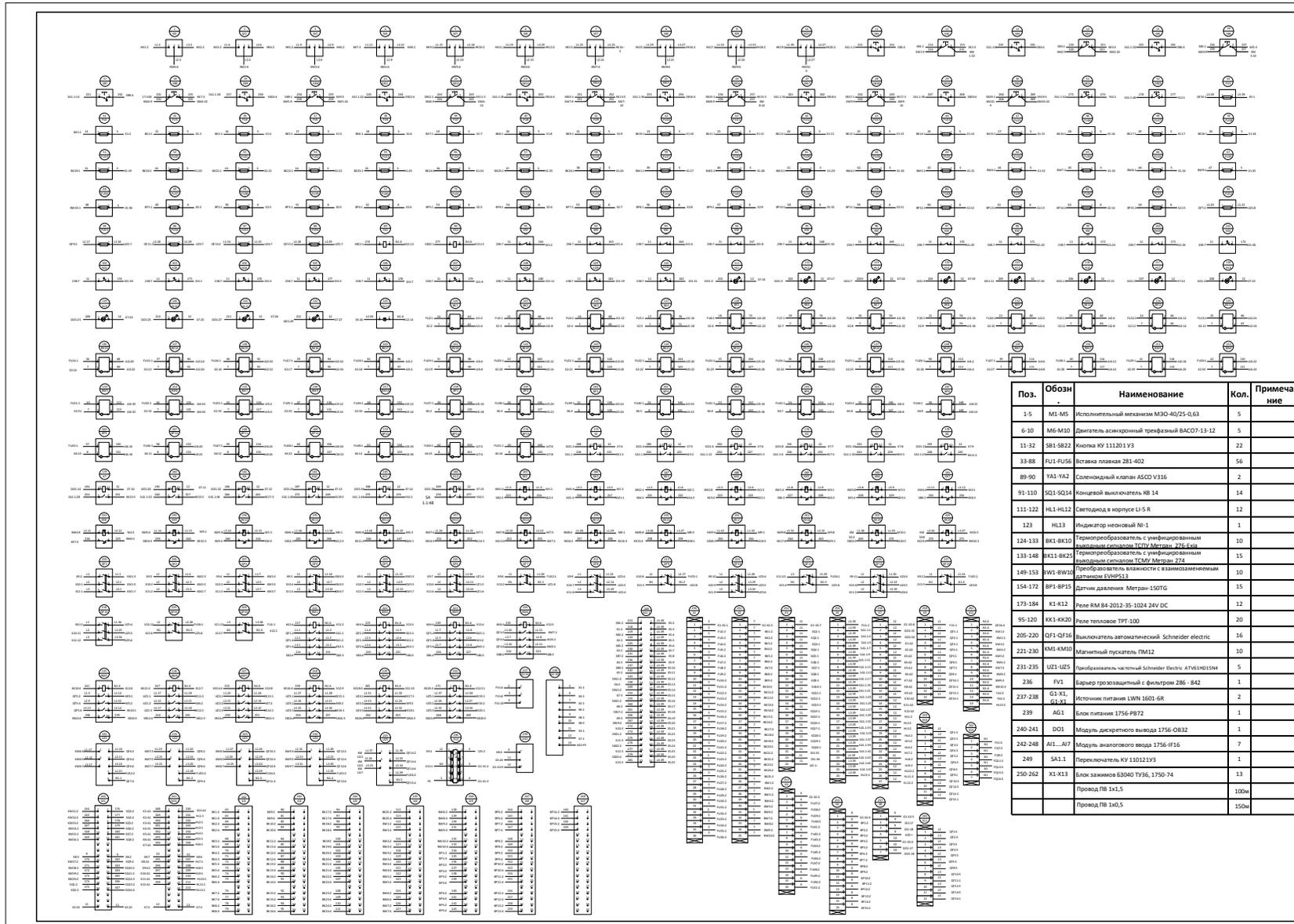
ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назаров, В. Н. Монтаж, наладка, эксплуатация систем автоматизации: учебное электронное издание : Учеб. пособие : [16+] / А. А. Третьяков, И. А. Елизаров, В. А. Погонин; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2018. – 249 с. : табл., схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=570372> (дата обращения: 02.10.2022). – Библиогр. : с. 243-244. – ISBN 978-5-8265-1932-5. – Текст: электронный.
2. Федоров, Ю. Н. Порядок создания, модернизации и сопровождения АСУТП : Метод. пособие : [16+] / Ю. Н. Федоров. – Москва: Инфра-Инженерия, 2011. – 576 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=144650> (дата обращения: 02.10.2022). – ISBN 978-5-9729-0039-8. – Текст: электронный.
3. Будченко, Н. С. Монтаж и эксплуатация систем автоматизации управления технологическими процессами: Учеб.-метод. пособие по курсовому проекту для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» / Н. С. Будченко, Н. А. Долгий; Калининградский гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2021. – 107 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1. Принципиальная электрическая схема САУ комбинированного охлаждения магистрального газа



ПРИЛОЖЕНИЕ № 2. Схема электрических соединений, выполненная адресным методом



Локальный электронный методический материал

Николай Алексеевич Долгий

**Монтаж и эксплуатация систем автоматизации и управления
технологическими процессами**

Редактор М. А. Дмитриева

Уч.-изд. л. 1,7. Печ. л. 2,5.

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1.