

*А.Е. Мегведев*

# ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ



*Учебно-методическое  
пособие*

*А.Е. Мегведев*

*Учебно-методическое пособие*

*Кемерово*  
*2006*

**Медведев А.Е.**

**Правила выполнения схем автоматизации технологических процессов и оборудования:** учебно-методическое пособие. - /Составитель А.Е. Медведев./ - Кемерово: КузГТУ, 2006. – 56 с.

Учебно-методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию по дисциплине «Автоматизация производственных процессов» для студентов специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов»

Утверждены на заседании кафедры  
Протокол №4 от 29.01.2006

Рекомендованы к печати  
учебно-методической комиссией  
Протокол №4 от 29.01.2006

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Исходные данные и состав проектов систем автоматизации.....	2
2. Классификация и общие требования к схемам автоматизации.....	3
3. Структурные схемы.....	5
4. Функциональные схемы автоматизации (ФСА).....	6
4.1. Изображение ТО, трубопроводов и арматуры.....	6
4.2. Условные графические обозначения средств автоматизации и электроаппаратуры (ГОСТ 21.404-85).....	9
4.3. Условные буквенные и позиционные обозначения приборов и электроаппаратуры (ГОСТ 21.404-85).....	13
4.4. Способы выполнения ФСА и спецификация средств автоматизации.....	21
5. Принципиальные электрические схемы автоматизации.....	25
5.1. Определение и виды принципиальных электрических схем.....	25
5.2. Требования к проектируемым ПЭС и этапы их разработки.....	26
5.3. Основные правила выполнения ПЭС.....	28
6. Схемы соединений и подключения.....	49
6.1. Общие сведения.....	49
6.2. Схемы соединений.....	51
6.3. Схемы подключения.....	54
Список рекомендуемой литературы.....	57

## 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, СТАДИИ И СОСТАВ ПРОЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Проектирование систем автоматизации осуществляется на основании технического задания (ТЗ), составленного при разработке части проекта. На стадии ТЗ обеспечивается связь автоматизации с технологией и оборудованием ТЗ должно содержать следующие технические документы [1]:

- технологическая схема с характеристикой технологического оборудования (машин, установок, агрегатов, аппаратов и т. п.);
- чертежи помещений с указанием расположения ТО и рекомендуемых мест для размещения пультов, щитов, шкафов и других комплектных средств автоматизации;
- схемы водо-, воздухо- и электроснабжения с соответствующими характеристиками;
- чертежи ТО со средствами автоматизации, поставляемыми с оборудованием комплектно;
- чертежи щитов и пультов;
- схемы управления электродвигателями с указанием типа пусковой аппаратуры;
- результаты НИР и ОКР, необходимые для разработки системы автоматизации (математическое описание статических и динамических свойств объекта управления, временные или частные характеристики объекта и др.);
- требования к разрабатываемой системе автоматизации (структурные функциональные, конструктивные, надежности и эффективности), включая характеристики среды функционирования системы.

Проектирование системы автоматизации может выполняться в две или одну стадии. В первом варианте имеют место следующие стадии проектирования:

- технический проект (ТП);
- рабочие чертежи (РЧ).

Во втором варианте проектирования совмещают стадии ТП и РЧ и получают технорабочий проект (ТПР).

На стадии ТП разрабатываются следующие документы:

- структурные схемы системы управления объектом;
- функциональные схемы автоматизации объекта;

- планы расположения пультов, щитов, компьютеров и других средств автоматизации;
- заявочные ведомости на покупку типовых средств автоматизации;
- ТЗ на разработку новых средств автоматизации (датчиков, управляющих устройств и др.);
- смета на приобретение и монтаж средств автоматизации;
- задание на проектирование помещений для систем автоматизации (при необходимости), тепло- и энергосбережения и др.

На стадии ТПР (или РЧ) разрабатываются следующие документы:

- структурные схемы системы управления объектом, комплекса технических средств автоматизации (КТС);
- функциональные схемы автоматизации объекта;
- принципиальные электрические, пневматические, гидравлические схемы контроля, управления, регулирования, защиты, сигнализации, питания.

## 2. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СХЕМАМ АВТОМАТИЗАЦИИ

В зависимости от природы элементов и связей между ними согласно ГОСТ 2.701-76 «Схемы. Виды и типы» различают следующие виды схем (в скобках указаны их буквенные коды):

- электрические (Э);
- оптические (О);
- гидравлические (Г);
- вакуумные (В);
- пневматические (П);
- автоматизации (А);
- кинематические (К);
- комбинированные (например, электрогидравлические и др.) (С).

По назначению различают следующие типы схем:

- структурные (1);
- функциональные (2);
- принципиальные (3);
- соединений (4);

- подключения (5);
- общие (6);
- расположения (планы расположения средств автоматизации и проводок) (7);
- прочие (8);
- объединенные (9).

Общие требования к выполнению схем автоматизации:

- название схемы должно включать в себя обозначения ее вида и типа. Например, «Функциональная схема автоматизации (А2)», «Принципиальная электрическая схема (ЭЗ)» и т.п.;
- все схемы выполняются без соблюдения масштаба, действительные расположения частей системы в пространстве не учитывается или учитывается приближенно;
- линии связи (ЛС) должны состоять из вертикальных и горизонтальных отрезков и иметь минимум изломов и пересечений. Допускаются наклонные отрезки ЛС. Обрывы ЛС заканчивают стрелками, указывая около них места подключения (адрес) и (или) характеристики цепей (полярность, напряжение и т.п.);
- элементы, составляющие одно устройство (например, магнитный пускатель), имеющие самостоятельную принципиальную схему, выделяют (обводят) на схемах сплошными линиями. Если устройство или функциональная группа элементов не имеют самостоятельной принципиальной схемы, то допускается на схемах выделять их штрихпунктирными линиями (например, контакты электронного манометра на принципиальной схеме системы контроля);
- графические обозначения элементов схем имеют три вида:
  - \*стандартные условные графические обозначения, представленные соответствующими ГОСТами, например, для электрических элементов принципиальных схем;
  - \*упрощенные внешние очертания элемента или изделия, например, машины, аппарата и другие элементы оборудования на технологических схемах;
  - \*прямоугольники произвольных размеров, используемые при выполнении структурных и функциональных схем: для обозначения частей системы, пультов, щитов и др., схем соединений для обозначения элементов, соединяемых различными проводками;

- размеры стандартных условных графических изображений элементов схем должны соответствовать ГОСТам. Допускаются размеры всех стандартных обозначений на данной схеме пропорционально увеличивать или уменьшать.

### 3. СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ

Структурная схема – это чертеж, на котором прямоугольниками показаны функциональные элементы схемы, а стрелками – связи между ними. Такая схема дает представление о структуре системы управления, ее функциональных элементах и их взаимосвязях.

На структурной схеме в общем случае условно показывают:

- технологические подразделения объекта управления;
- технологический персонал, службы оперативного управления объектом и ремонта технических средств автоматизации;
- функции и технические средства их реализации (например, промышленный компьютер – обработка и отображение информации и т.п.);
- пункты управления с изображением в них соответствующих технических средств автоматизации и операторов;
- взаимосвязи между элементами схемы.

В качестве примера на рис. 1 показана структурная функциональная схема автоматического регулирования режима работы шаровой цементной мельницы.

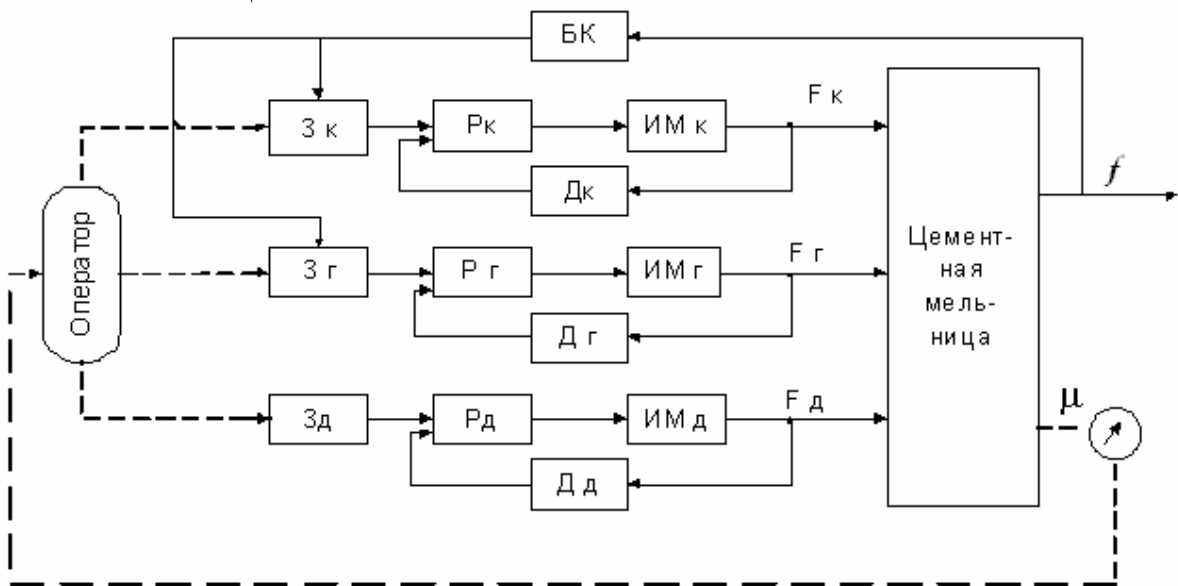


Рис. 1. Структурная функциональная схема САР  
процесса помола цементной мельницы



Система имеет три подобных канала регулирования расхода, соответственно клинкера  $F_k$ , гипса  $F_g$  и добавок  $F_d$ , которые обеспечивают требуемое их соотношение. Каждый канал регулирования содержит задатчик  $Z$ , регулятор  $P$ , исполнительный механизм ИМ и датчик  $D$ . Блок коррекции БК изменяет задания в функции загрузки  $f$  мельницы. Оператор, используя информацию о качестве помола  $\mu$ , корректирует уставки задатчиков.

#### 4. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ (ФСА)

ФСА относится к основным техническим документам проекта автоматизации, определяющим структуру и технические средства системы автоматизации. ФСА – это чертеж, на котором изображены условными графическими обозначениями технологическое оборудование (ТО), технические средства автоматизации (ТСА) и взаимосвязи. Перечень ТСА в виде таблицы размещается на свободном поле чертежа. Правила выполнения ФСА детально изложены в [1, 2]. Ниже рассматриваются основные из них.

##### 4.1. Изображение ТО, трубопроводов и арматуры

##### 4.1.1. Технологические машины и аппараты (ТМА)

На функциональных схемах ТМА изображают упрощенно графическими изображениями либо принятыми в технической части проекта объекта, либо заданными разработчиком системы в виде упрощенных внешних очертаний машины, аппарата и т.п.

Каждый элемент ТО должен иметь либо наименование, либо позиционное (цифровое или буквенно-цифровое) обозначение, записываемые рядом на выносной полке либо внутри элемента ТО. Пример изображения и позиционного обозначения ТО представлен на рис. 2.

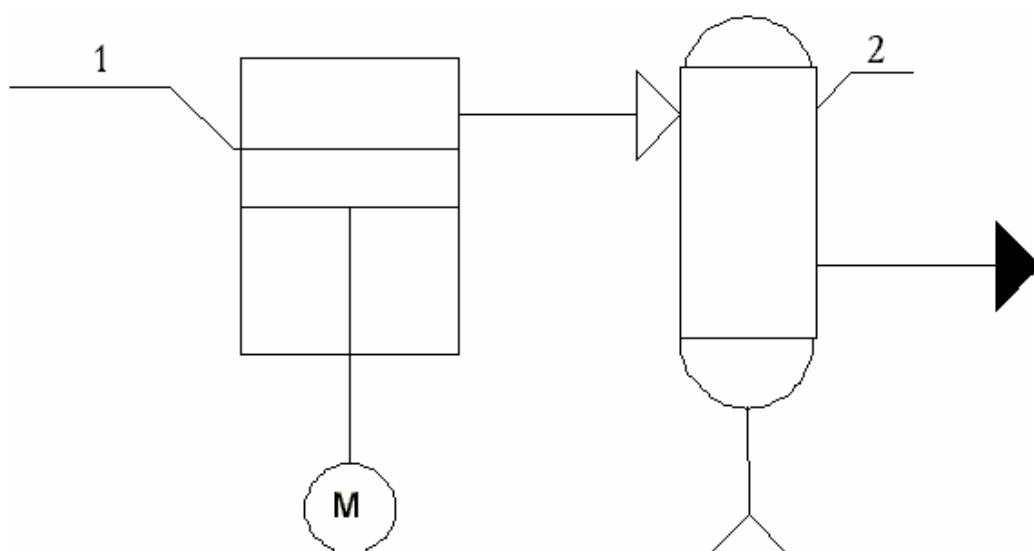


Рис. 2. Пример технологической схемы:  
1 – компрессор; 2 – конденсатор

Буквенно-цифровые обозначения ТО состоят из заглавных букв русского алфавита (первые буквы наименования оборудования) и арабских цифр, определяющих порядковый номер технологического элемента среди ему подобных. Например, компрессорные агрегаты 1, 2 обозначаются: КА1, КА2.

При использовании цифровых позиционных обозначений (см. рис. 2) на свободном поле чертежа ФСА или технологической схемы должен быть приведен перечень оборудования. Пример перечня ТО (см. рис. 2) приведен в табл. 1.

Таблица 1

#### Перечень технологического оборудования

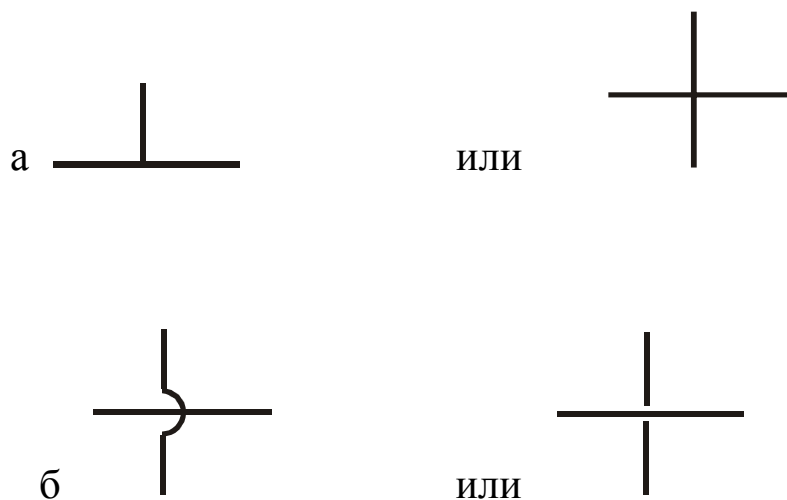
Позиционное обозначение	Наименование, тип	Количество	Примечание
1	Компрессор К-200	1	
2	Конденсатор	1	

#### 4.1.2. Трубопроводы (ГОСТ 2.784-70)

На ФСА трубопроводы изображаются сплошными линиями толщиной 0,5-1,5мм. Для облегчения чтения технологической схемы на обозначения трубопроводов проставляют стрелки в форме треугольников, указывающих вид вещества и направление его движения:



Соединения (а) и пересечения (б) трубопроводов изображают следующим образом:



Допускается изображать трубопроводы по ГОСТ 3.464-63 прерывистыми линиями с цифрами в разрывах линии, обозначающими вид вещества, проходящего через трубопровод, например:

Водопровод	—	1	—	1	—	Цвет зеленый
Воздуховод	—	3	—	3	—	Цвет голубой

#### 4.1.3. Трубопроводная арматура (ГОСТ 2.785-70)

На ФСА показывают только ту арматуру (вентили, задвижки, клапаны и др.), которая участвует в управлении. Условные графические изображения трубопроводной арматуры приведены в табл. 2.

#### 4.2. Условные графические обозначения средств автоматизации и электроаппаратуры (ГОСТ 21.404-85)

Условные графические обозначения средств автоматизации приведены в табл. 3. Электроаппаратура, используемая в ФСА, изображается в соответствии со стандартами или правилами для электрических элементов (табл. 4).

Отборные устройства не имеют специального обозначения. Для постоянно подключенных приборов их показывают тонкими линиями, соединяющими аппараты или трубопроводы с приборами (рис. 3). Для точного указания места отбора или точки измерения в конце тонкой линии изображают окружность диаметром 2 мм.

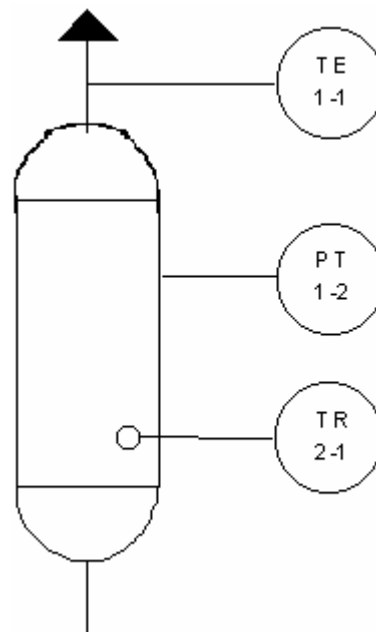
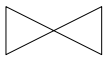




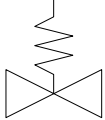
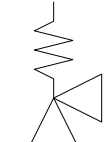
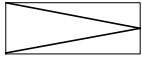
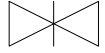

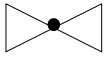



Рис. 3. Изображение отборных устройств для постоянно подключенных приборов

Таблица 2

## Условные графические обозначения трубопроводной арматуры

Наименование	Обозначение*
1	2
Вентиль запорный: проходной	
	
Вентиль трехходовый	
Клапан обратный** проходной	
	
Клапан предохранительный: проходной	
	
Клапан редукционный***	
Задвижка	
Затвор поворотный (Заслонка)	
Кран: проходной	
	

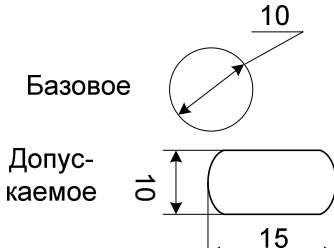
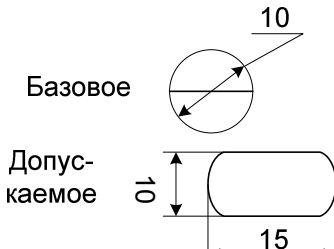
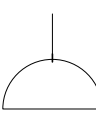
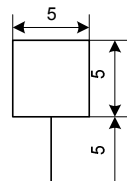
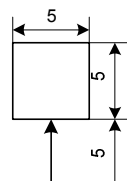
\* Размеры изображений ГОСТ 2.785-70 не устанавливает.

\*\* Транспортируемая среда движется от белого треугольника к черному.

\*\*\* Вершина треугольника должна быть направлена в сторону повышенного давления

Таблица 3

## Условные графические обозначения средств автоматизации

Наименование	Условное обозначение
Первичный измерительный преобразователь (датчик) или прибор, устанавливаемый по месту (на технологическом трубопроводе, аппарате, стене, полу, колонне, металлоконструкции)*, например пускатель	
Прибор, устанавливаемый на щите, пульте* (реле, ключ управления и др.)	
Отборное устройство без постоянного подключения прибора (для эпизодического подключения прибора во время наладки, снятия характеристики и т.п.)	
Исполнительный механизм. Общее обозначение. Положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии к исполнительному механизму не регламентируется	
Исполнительный механизм, открывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии к исполнительному механизму	

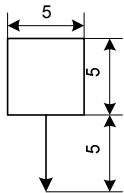
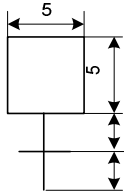
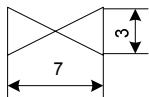
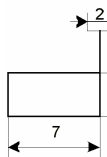
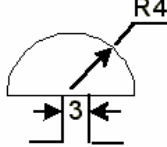
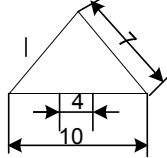
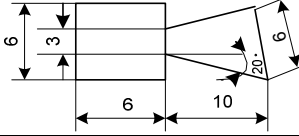
Наименование	Условное обозначение
Исполнительный механизм, закрывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии к исполнительному механизму	
Исполнительный механизм, оставляющий регулирующий орган в неизменном положении при прекращении подачи энергии к исполнительному механизму	
Регулирующий орган (вентиль, задвижка, заслонка, клапан)	

Таблица 4

Условные графические обозначения электроаппаратуры, используемой в функциональных схемах автоматизации

Наименование	Условное обозначение
1	2
Выключатель путевой	
Звонок электрический	
Сирена электрическая	
Гудок	

Продолжение табл. 4

Наименование	Условное обозначение
Ревун	
Лампа накаливания (осветительная и сигнальная)	
Для сигнальных ламп допускается следующее изображение	

Комплектные устройства (щиты, пульты, компьютеры, микропроцессорные программируемые контроллеры и др.) обозначают прямоугольниками произвольных размеров с указанием внутри прямоугольника наименования (типа) устройства. В прямоугольнике управляющего компьютера, контроллера кроме их типа указывают функции, выполняемые ими (управление, защита, регулирование, сигнализация и др.). На рис. 4 и 5 показаны примеры обозначения пульта управления и микропроцессорного контроллера, соответственно:

Пульт оператора	
--------------------	--

Рис. 4. Обозначение пульта (щита) управления

Контроллер Р-130	Управление	
	Сигнализация	
	Регулирование	

Рис. 5. Обозначение регулирующего микропроцессорного контроллера Р-130

#### 4.3. Условные буквенные и позиционные обозначения приборов и электроаппаратуры (ГОСТ 21.404-85)

Условное обозначение прибора состоит из двух частей.

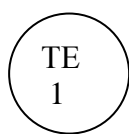
Первая часть – буквенное обозначение. Выполняется прописными буквами латинского алфавита, записывается в верхней части окружно-



сти, обозначающей прибор, и представляет собой код измеряемой величины и функций, выполняемых прибором;

Вторая часть – позиционное обозначение, записывается в нижней части окружности, обозначающей прибор:

Позиционное обозначение может быть буквенно-цифровое (1а, 1б ...) или цифровое (1-1, 1-2...) . При этом первая цифра означает порядковый номер одного комплекта (функциональной группы, узла) приборов (первичный, промежуточный (передающий) измерительные преобразователи, измерительный прибор, регулирующий прибор, исполнительный механизм, регулирующий орган) и повторяется у всех приборов и устройств данного комплекта. Второй символ (цифра или буква) в позиционном обозначении обозначает порядковый номер (индекс) элемента в данном комплекте. Нумерация начинается от чувствительного элемента (первичного преобразователя). Если отдельный прибор не входит в комплект (например, стеклянный термометр), то он может иметь позиционное обозначение, состоящее только из цифры, например



В качестве примера условных буквенных и позиционных обозначений приборов на рис. 6 изображен комплект приборов для измерения и регистрации расхода жидкости, включающий в себя первичный преобразователь (1а), промежуточный преобразователь (1б) и показывающий и измерительный прибор (1с).

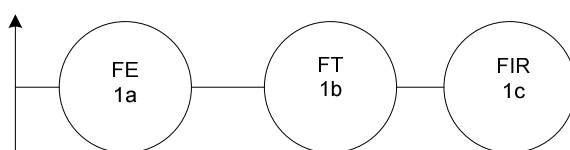


Рис. 6. Пример изображения на ФСА канала контроля расхода жидкости

Согласно ГОСТ 21.404-85 структура буквенного обозначения прибора имеет вид, представленный на рис. 7.

В общем случае буквенный код прибора имеет 7 позиций.

Измеряемая величина	Уточнение измеряемой величины либо дополнительный функциональный признак прибора	Функции прибора				
		I Показание	R Регистрация	C Автоматическое регулирование	S Включение, отключение, переключение	A Сигнализация
1	2	3	4	5	6	7

Рис. 7. Структура кода буквенного обозначения прибора

На ФСА в условное обозначение прибора вводят только те буквы, которые соответствуют функциям, выполняемым прибором. При этом буквы кода располагаются в порядке их появления при чтении рис. 7 слева направо.

В качестве примера формирования буквенного кода в обозначении на рис. 8 показан прибор 3 группы 5, осуществляющий измерение перепада (D) давления (P), показание (I), регистрацию (R) и авторегулирование (C) перепада давления:

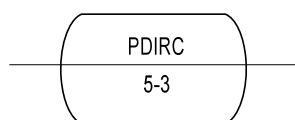


Рис. 8. Пример условного буквенного и позиционного обозначения прибора

Информационные функции приборов – показание, регистрация и сигнализация обозначают буквами соответственно I, R, A.

Сигнализация предельных значений измеряемой величины конкретизируется добавлением в обозначении прибора букв Н (верхнее значение) и L (нижнее значение). Пример использования букв Н и L приведен на рис. 9, где показано реле уровня, формирующее сигналы включения и отключения, например, сигнальных ламп на пульте оператора

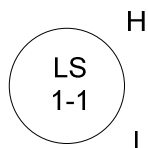
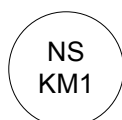


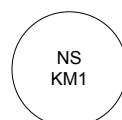
Рис. 9. Реле контроля верхнего и нижнего уровня

Управляющие функции приборов – автоматическое регулирование и дискретное управление обозначают буквами, соответственно С и S.

Электрическим приборам и аппаратам на ФСА можно присваивать позиционные обозначения, принятые для них на принципиальных электрических схемах. Например:



Пускатель  
по месту



Ключ  
управления  
на пульте

Буквенные обозначения измеряемых величин и их уточнений представлены, соответственно, в таблицах 5 и 6.

Измеряемые величины обозначают прописными буквами латинского алфавита согласно табл. 5. Резервные буквы А В С I J N O X Y Z используют для обозначения измеряемых параметров, не указанных в табл. 5. При этом на свободном поле ФСА расшифровывают резервные буквы.

Для обозначения ручного воздействия используют букву Н, например NS – ключ управления, Н – задатчик регулируемой величины, ручной привод и т. п.

Буквой S обозначают контактное устройство прибора, обеспечивающее дискретное управление путем выполнения коммутационных операций – включение, отключение, переключение, например NS – пускатель.

Таблица 5

## Буквенные обозначения измеряемых величин

Измеряемый параметр	Обозначение
1	2
Плотность	D
Любая электрическая величина Для конкретизации измеряемой электрической величины справа от условного графического изображения прибора необходимо дать ее наименование, например напряжение, сила тока	E
Расход	F
Размер, положение, перемещение	G
Время	K
Уровень	L
Влажность	M
Давление, вакуум	P
Состав, концентрация и т. п. Для конкретизации измеряемой величины справа от условного графического изображения прибора необходимо дать ее наименование или символ, например pH, O <sub>2</sub>	Q
Радиоактивность В случае необходимости около условного графического изображения прибора допустимо указать вид радиоактивности	R
Скорость, частота	S
Температура	T
Несколько разнородных измеряемых величин. Подробная расшифровка измеряемых величин должна быть дана около прибора или на свободном поле схемы	U
Вязкость	V
Масса	W

Таблица 6

Буквенные обозначения уточнений измеряемых величин

Уточняющее значение	Обозначение
Разность, перепад	D(d)
Соотношение, доля, дробь	F(f)
Автоматическое переключение, обегание	J
Интегрирование, суммирование по времени	Q(q)

Для обозначения уточняющих значений букв D (плотность), F (расход), Q (состав, концентрация и т.п.) допускается применение строчных букв соответственно d, f, q. Букву, служащую для уточнения измеряемой величины, ставят после буквы, обозначающей измеряемую величину, например Dd – разность плотностей.

Для уточнения измеряемой величины, в случае отсутствия необходимого символа в табл. 6, используют надписи, располагаемые сверху справа от графического обозначения прибора. Например, прибор, измеряющий электрическое напряжение по месту:



В табл. 6 символ J используют для многоточечного контроля одного и того же параметра (например, температуры TJ) одним прибором (обегающий контроль), символ Q или q – для измерения интегральных величин, например, часовой или суточной производительности технологической машины, количества вещества, транспортированного за определенный отрезок времени (FQ) и т. д.

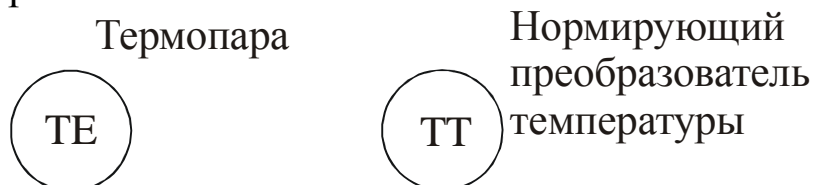
В табл. 7 приведены буквенные обозначения дополнительных функциональных признаков приборов, которые описывают такие их функции, как первичное преобразование (E), способность передачи выходного сигнала на расстояние (T), возможность оперативного управления (K), выполнение преобразованных и (или) вычислительных операций (Y).

Таблица 7

Буквенные обозначения дополнительных функциональных признаков приборов

Функциональный признак	Обозначение
Первичное преобразование (обозначение чувствительных элементов: термоэлектрического преобразователя, термопреобразователя сопротивления, сужающих устройств расходомеров и т. п.)	Е
Промежуточное преобразование (обозначение дистанционной передачи)	Т
Управление (обозначение станции управления)	К
Преобразование, вычислительная функция (операция)	У

Например:



В табл. 8 приведены символьные обозначения видов сигналов, математических и логических операций с сигналами, передачи сигналов.

Таблица 8

Обозначения сигналов и операций

Наименование	Обозначение
1	2
Электрический сигнал	Е
Пневматический сигнал	Р
Гидравлический сигнал	G
Аналоговый сигнал	A
Дискретный сигнал	D
Суммирование	$\Sigma$
Умножение на постоянный коэффициент К	К
Перемножение сигналов	x
Деление сигналов	:
Возведение величины сигнала f в степень n	$f^n$
Извлечение корня степени n	$\sqrt[n]{\phantom{x}}$

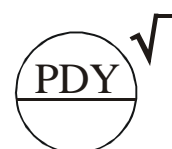
Продолжение табл. 8

1	2
Логарифмирование	lg
Дифференцирование	dx/dt
Интегрирование	$\int$
Изменение знака сигнала	X(-1)
Ограничение верхнего значения сигнала	Max
Ограничение нижнего значения сигнала	Min
Передача сигнала на ЭВМ	Bi
Вывод информации с ЭВМ	Bo

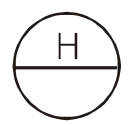

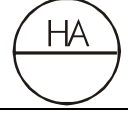
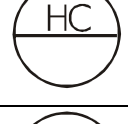
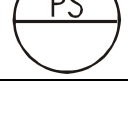
Надписи, расшифровывающие преобразование сигналов или операции с сигналами, наносят сверху справа от графического обозначения преобразователя или вычислителя. Например:

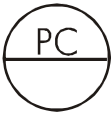

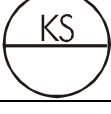
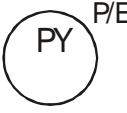



 Р/Е  
Пневмоэлектро-  
преобразователь

Блок извлечения  
корня квадратного  
от перепада давления



Ниже представлены примеры условных обозначений приборов и средств автоматизации, обеспечивающих измерение, преобразование сигналов, формирование задания, дискретное управление, регулирование и усиление сигналов по мощности:

	Задатчик, ключ управления, установленный на пульте (щите)
	Переключатель электрических цепей, например ключ выбора вида управления (ручное, автоматическое и др.), установленный на пульте
	Аппаратура для дистанционного управления, снабженная сигнализацией (подсветкой кнопок, позиций ключа и т. п.)
	Блок ручного управления исполнительным механизмом, установленный на пульте (щите)
	Реле давления, установленное по месту отбора сигнала

	Регулятор давления, установленный на щите
	Регулятор-сигнализатор уровня с контактным устройством управления, установленный по месту
	Программное устройство (прибор) для управления по временной программе, установленное на щите
	Преобразователь пневмосигнала в электрический сигнал, установленный по месту отбора
	Магнитный пускатель, контактор например, для управления электродвигателем, установленный рядом с последним
	Реле, установленное на щите (пульте)
	Силовой преобразователь (усилитель мощности) для непрерывного управления электродвигателем (УВ, ПЧ и т. п.)

#### 4.4. Способы выполнения ФСА и спецификация средств автоматизации

Применяют два способа выполнения ФСА: упрощенный и развернутый.

Упрощенный способ выполнения ФСА дает общее представление о функциональных группах (узлах). При его использовании на ФСА не показывают первичные измерительные преобразователи и всю вспомогательную аппаратуру (ключи, кнопки и т. п.). Приборы и средства автоматизации, осуществляющие сложные функции (контроль, регулирование, сигнализацию и т. п.), выполнены отдельными блоками, показывают одним условным графическим обозначением без указания места установки (на технологическом оборудовании, стойках, пультах, щитах). Элементы схемы обозначают цифрами по порядку слева направо, сверху вниз.

На рис. 10 представлен пример упрощенного изображения ФСА.



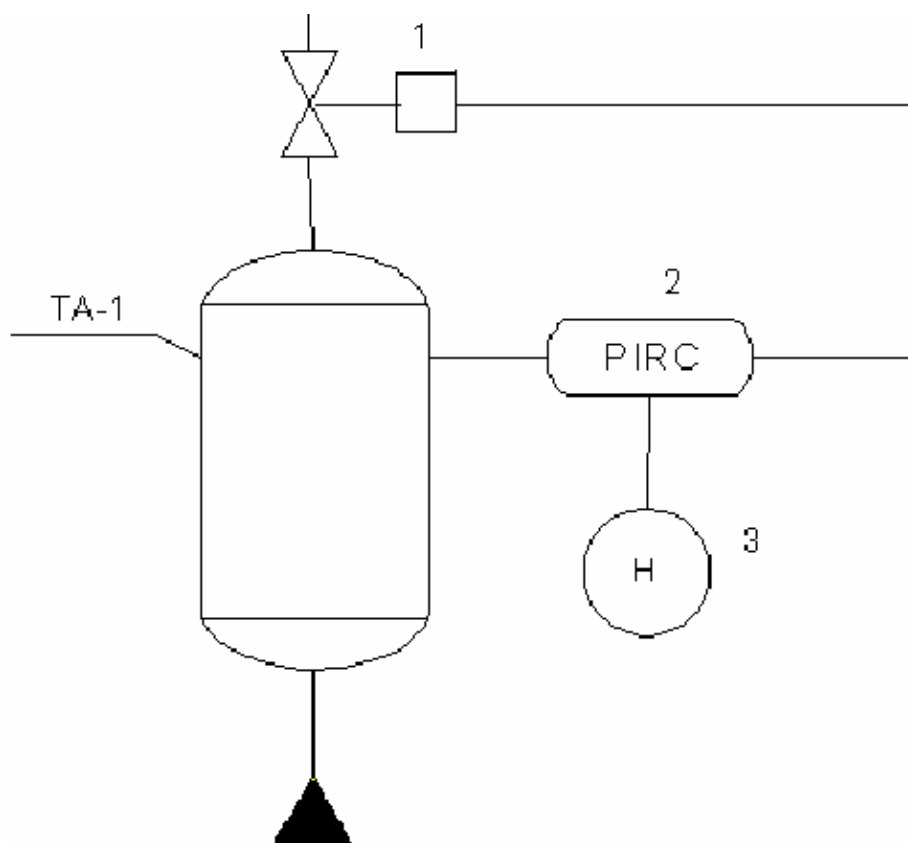
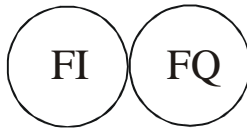


Рис. 10. Упрощенная функциональная схема программной САР давления в аппарате ТА-1: 1 – исполнительный механизм; 2 – функциональный узел, обеспечивающий показание, регистрацию и регулирование давления; 3 – программный задатчик

Упрощенный способ прост, но мало информативен. Его применяют на начальной стадии разработки системы автоматизации.

Развернутый способ выполнения ФСА дает полное представление о структуре системы, технических средствах автоматизации и их местоположении. При его использовании каждый прибор или блок, входящий в данный комплект (узел, группу) изображают отдельным графическим обозначением. Многофункциональные приборы изображают несколькими окружностями (по числу функций), расположенными слитно. Например, измерительный прибор показывающий и интегрирующий расход, установленный по месту отбора сигнала (показывающий дифманометр с интегратором) изображается следующим образом:



Щиты, пульты, компьютеры и другие комплектные средства автоматизации показывают прямоугольниками, размещая их в нижней части чертежа (верхняя часть чертежа ФСА занимается изображением технологической схемы). Внутри прямоугольников размещают обозначения приборов и блоков, установленных на них.

Для первичных приборов, установленных у технологического оборудования, предусматривают отдельный прямоугольник «Приборы местные».

Прямоугольники располагаются сверху вниз в следующей последовательности:

- приборы местные;
- шкафы (щиты) приборов местного управления;
- щит измерительных (вторичных) приборов;
- щит (пульт) блоков преобразователей;
- щит (пульт) сигнализации или графопостроитель;
- управляющий компьютер (контролер) и т. д.

На рис. 11 представлен пример развернутого изображения ФСА.

Связи между приборами изображают вертикальными и горизонтальными линиями. Для сложных ФСА используют адресный метод изображения связей между приборами: соединительные линии разрывают и на их концах записывают адрес – одну и ту же арабскую цифру. На линиях связи первичных преобразователей с отборными устройствами (точками отбора) указывают предельные значения измеряемых величин.

На развернутых ФСА используют также при необходимости обозначения дополнительных функциональных признаков приборов, сигналов и операций с сигналами.

В проектах автоматизации представляют ФСА, выполненные развернутым способом.

Перечень технических средств автоматизации представляется на ФСА в виде таблицы, размещаемой на свободном поле чертежа, либо в пояснительной записке проекта.

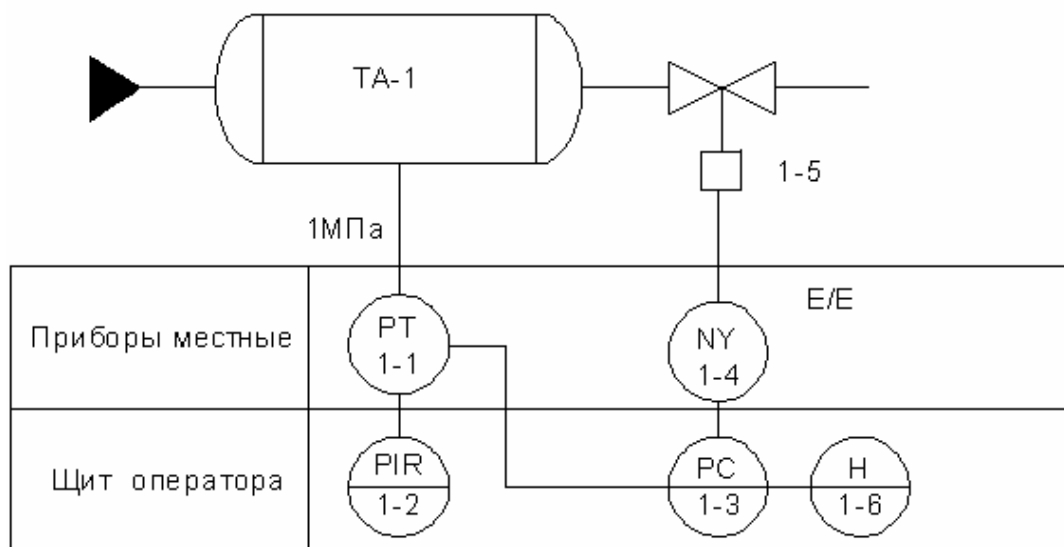


Рис. 11. Развернутая функциональная схема программной САР давления в аппарате ТА-1: 1-1 – измерительный преобразователь давления; 1-2 – вторичный показывающий и регистрирующий прибор; 1-3 – регулятор; 1-4 – усилитель; 1-5 – исполнительный механизм; 1-6 – программный задатчик давления

Выбор технических средств автоматизации осуществляемой в два этапа. На первом этапе на основе заданных требований к системе автоматизации, используя справочники, каталоги отечественных и зарубежных производителей, периодические журналы, составляется перечень всех отечественных и зарубежных технических средств автоматизации с краткой их технической характеристикой, которые можно использовать в данном проекте автоматизации. На втором этапе путем детального анализа стоимостных, метрологических и эксплуатационных характеристик отобранных на первом этапе средств автоматизации выбирают те технические средства, которые будут использованы в разрабатываемой системе автоматизации. Результаты выбора технических средств автоматизации представляются в виде табл. 9.

Таблица 9

## Спецификация технических средств системы автоматизации

Обозначение узла на схеме	Функции, выполняемые узлом	Позиционное обозначение элемента	Наименование и тип элемента. Технические данные	Место установки элемента
<u>FIRS</u> 1	Измерение, регистрация и регулирование расхода жидкости А	1-1	Диафрагма стандартная ДБГ-200. Dy=400, Py=0,6 МПа	На трубопроводе
		1-2	Преобразователь измерительной Сапфир 22ДД. Предельный перепад давления 0,16 МПа, класс точности 1	По месту

Понятие «узел» в табл. 9 означает функциональную группу прибора и средств автоматизации – совокупность элементов, выполняющую определенные функции в системе, а понятие «элемент» – конструктивно обособленную часть узла (системы), выполняющую определенную функцию.

## 5. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Правила выполнения принципиальных электрических схем автоматизации детально изложены в [2]. Ниже рассматриваются основные из них.

### 5.1. Определение и виды принципиальных электрических схем

Принципиальная электрическая схема (ПЭС) – это чертеж, на котором изображены с помощью стандартных условных графических символов полный состав электрических элементов и связей между ними, обеспечивающие решение соответствующих задач автоматизации:

автоматический пуск-останов установки или комплекса машин, включение-отключение аппаратов, автоматический контроль состояния и параметров объекта, авторегулирование, защиту, сигнализацию и др.

ПЭС являются основой для разработки электромонтажных схем (схем соединений и подключения), необходимых для проведения монтажно-наладочных работ, обслуживания и ремонта электрических устройств.

По выполняемым функциям различают следующие виды ПЭС:

- ПЭС контроля технологических параметров (измерительных каналов);
- ПЭС регулирования соответствующих технологических параметров;
- ПЭС дистанционного управления электродвигателями рабочих и регулирующих органов (задвижки, направляющего аппарата и т. п.);
- ПЭС силовых и исполнительных электроприводов машины или установки;
- ПЭС защиты и сигнализации;
- ПЭС блоков питания элементов системы и т. д.

## 5.2. Требования к проектируемым ПЭС и этапы их разработки

Основными требованиями к разрабатываемым ПЭС являются:

- надежность, простота и экономичность. Это требование выполняют использованием в схемах стандартных, недорогих элементов, а также минимизацией их количества;
- безопасность оперативного персонала в процессе эксплуатации системы (защита от поражения током, взрывозащита и т. п.);
- исключение повреждений технологического оборудования в различных состояниях схемы (снятие напряжения питания, короткое замыкание, отказ одного или нескольких элементов и т.п.);
- наличие автоблокировок, исключающих аварийные ситуации на объекте при ошибочных действиях персонала.

Разработка ПЭС осуществляется последовательным выполнением следующих этапов (стадий).

### 5.2.1. Составление с использованием ФСА перечня функций ПЭС.

Пример перечня функций: а) дистанционное управление электродвигателями; б) автоматическое регулирование температуры; в) авто-

матическая защита и сигнализация о перегреве подшипников рабочей машины и т. д.

5.2.2. Составление для каждой функции ПЭС перечня операций и условий их выполнения.

Например, для функции «Дистанционное управление электродвигателем» можно выделить три операции: включить (пуск), отключить (останов), изменить направление вращения (реверсирование).

5.2.3. Графическое изображение элементарных электрических цепей, реализующих каждую операцию соответствующей функции ПЭС.

Например, элементарные цепи, реализующие функцию дистанционного управления электродвигателем: «Пуск-останов», «Реверс».

5.2.4. Проверка ПЭС на появлении аварийных ситуаций:

а) возможность возникновения ложных цепей управления. Например, по команде ПУСК электродвигателя М1 включается и электродвигатель М2 и т. п.

б) опасность неправильной работы при повреждениях элементарных цепей. Например, самовключение электродвигателя при отказе тиристорного пускателя и т. п.

5.2.5. Расчет и выбор элементов ПЭС (блоков питания, элементов функциональных цепей и др.). При этом рассчитывают требуемые значения электрических параметров (токов, напряжений, сопротивлений, емкостей и др.) и при выборе согласовывают элементы по мощности, напряжению и току.

5.2.6. Составление в виде перечня элементов ПЭС

Пример перечня представлен в табл. 10.

Таблица 10

Перечень элементов ПЭС

Позиционное обозначение	Наименование (тип)	Кол-во	Примечание
R1, R8 K13	МЛТ-0,25- 6,8к±10% Реле МКУ48-С, РАЧ.509.023П	2 1	

В примечании указывают технические данные, не содержащиеся в наименовании элемента (например, для трансформатора специального изготовления – количество витков обмоток, сечение магнитопровода), особенности монтажа и т. п.

Таким образом, любая сложная ПЭС выполняется как набор схем элементарных цепей и типовых узлов (например, узел питания, узел дистанционного управления электродвигателем, типовые узлы технологической сигнализации и т.п.). Такой подход облегчает, в определенном смысле, разработку ПЭС любой сложности, например ПЭС автоматизации технологического объекта.

### 5.3. Основные правила выполнения ПЭС

Правила выполнения ПЭС детально изложены в ГОСТ 2.702-75.

Рассмотрим основные правила выполнения ПЭС, используя в качестве примера ПЭС дистанционного управления электродвигателем, представленную на рис. 12:

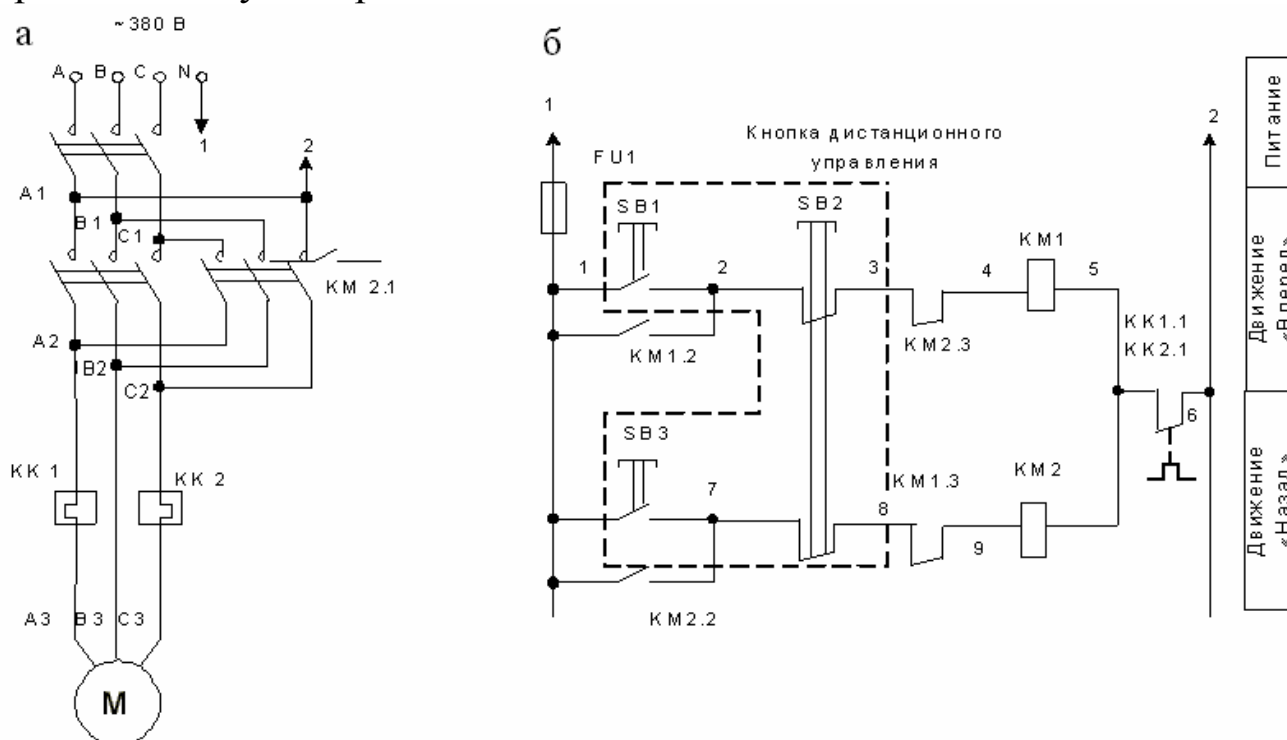
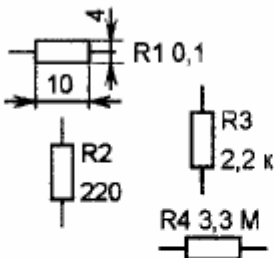
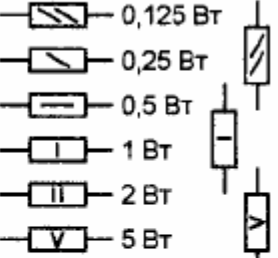
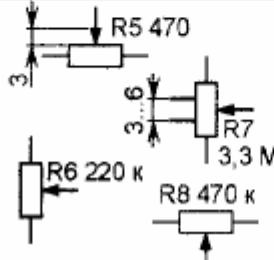
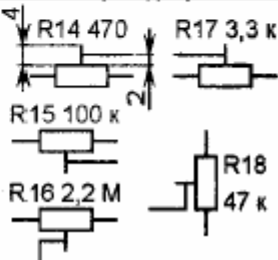
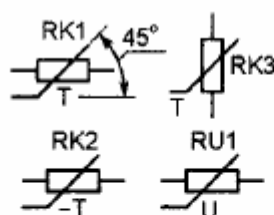
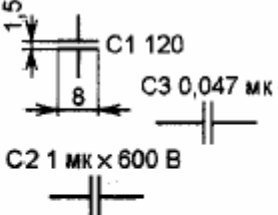
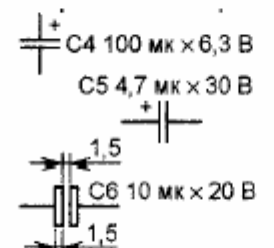
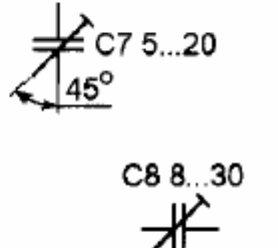
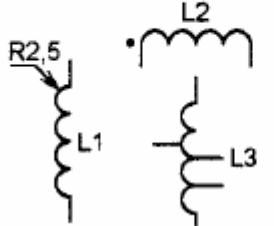
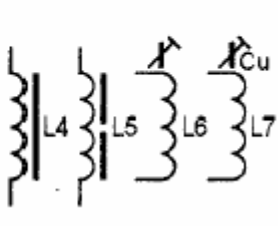


Рис. 12. ПЭС дистанционного управления электродвигателем:  
а) силовая схема; б) схема управления

5.3.1. Элементы на схеме изображают в виде условных стандартных графических обозначений в соответствии с ГОСТами. При отсут-

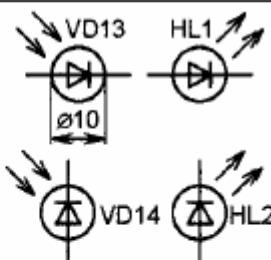
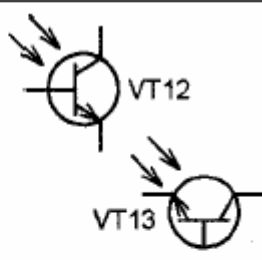
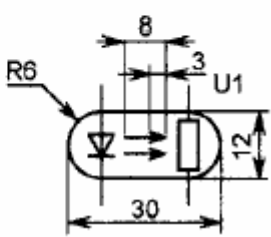
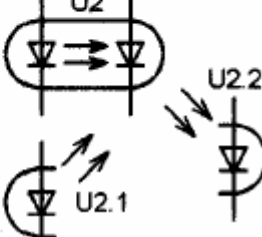
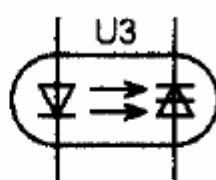
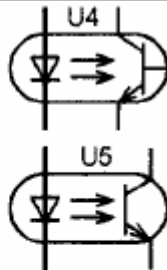
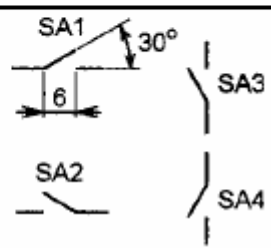
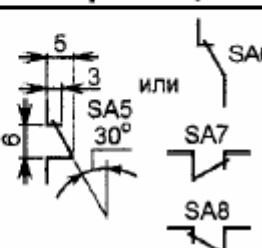
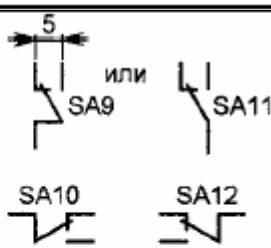
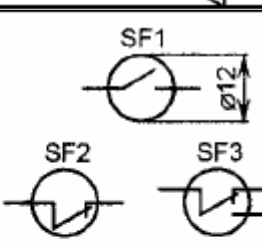
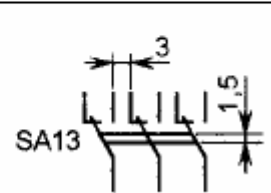
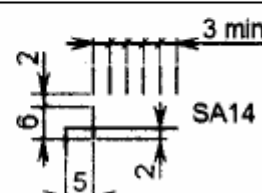
ствии стандартных обозначений разрешается использовать нестандартные графические обозначения с пояснением их на свободном поле схемы. УГО электрических элементов, наиболее часто встречающихся в электрических схемах, с гостированными размерами и обозначениями, приведены в табл. 11.

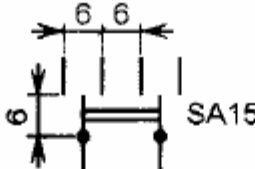
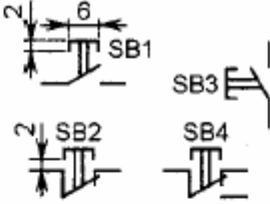
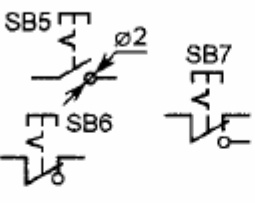
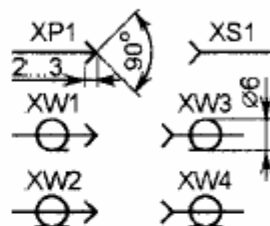
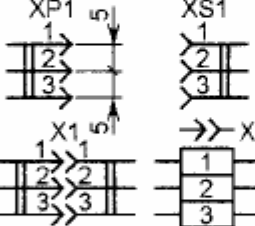
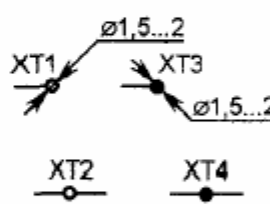
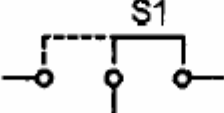
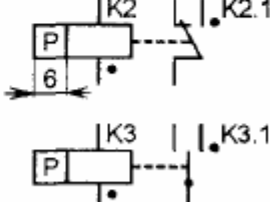
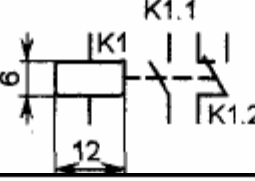

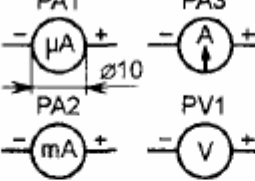
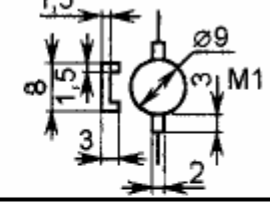
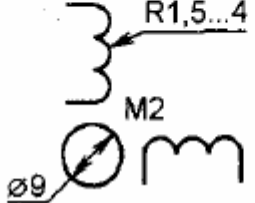
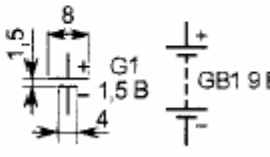
Таблица 11

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
1	2	3	4
Резистор постоянный		Резистор постоянный	
Резистор переменный		Резистор подстроечный	
Резисторы нелинейные: терморезистор и варистор		Конденсатор постоянной емкости	
Конденсаторы оксидные полярный и неполярный		Конденсатор подстроечный	
Катушка индуктивности, дроссель (L3 — с отводами)		Катушка, дроссель с магнитопроводом (L7 — с медным)	





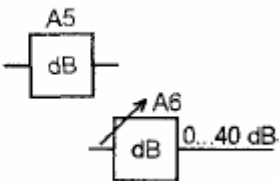
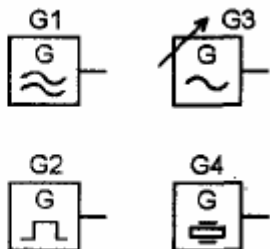
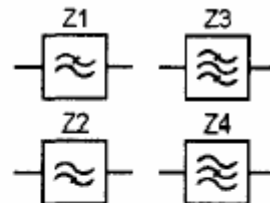

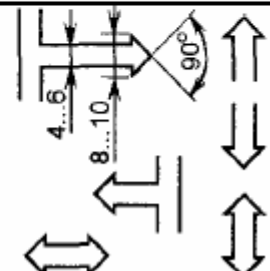
1	2	3	4
Фото- и светодиод		Фототранзис- тор	
Оптрон резисторный		Оптрон диодный	
Оптрон тиристорный		Оптрон транзисторный	
Контакт замыкающий (выключатель)		Контакт размыкающий	
Контакт переключаю- щий		Геркон	
Переключатель 2ПЗН		Переключатель 6П1Н	

1	2	3	4
Переключатель 3П2Н (среднее положение — нейтральное)		Выключатель и переключатель кнопочные (с самовозвратом)	
Выключатель и переключатель кнопочные с возвратом в исх. положение повторным нажатием		Штырь и гнездо разъёмного соединителя (XW1–XW4 — коаксиального)	
Вилка и розетка разъёмного соединителя		Контакты разборного и неразборного соединений	
Перемычка контактная		Реле электромагнитное	
Реле поляризованное		Резонатор кварцевый, пьезокерамический	
Приборы электроизмерительные		Коллекторный электродвигатель постоянного тока	
Электродвигатель двухобмоточный		Элемент гальванический, аккумуляторный, батарея элементов	

Продолжение табл. 11



Продолжение табл. 11

1	2	3	4
Аттенуаторы с постоянным и регулируемым затуханием		Генератор	
Преобразователь		ФНЧ (Z1), ФВЧ (Z2), полосовой (Z3) и режекторный (Z4) фильтры	
Направление передачи сигнала		Поток цифровых данных	

Условные графические обозначения элементов цифровой техники:

а) УГО имеет форму прямоугольника, к которому подводят линии выводов. УГО элемента может содержать три поля: основное и два дополнительных;

б) дополнительные поля располагают слева и справа от основного поля. Допускается дополнительные поля разделять на зоны, которые отделяются горизонтальной чертой;

в) в первой строке основного поля УГО помещают обозначенные функции, выполняемой элементом. В последующих строках основного поля располагают информацию по ГОСТ 2.708-81 «Правила выполнения электрических схем и цифровой вычислительной техники»

г) размеры УГО определяются:

по высоте:

- количеством линий вводов (выводов);
- количеством интервалов;
- количеством строк информации в основном и дополнительных полях;
- размером шрифта;

по ширине:

- наличием дополнительных полей;
- количеством знаков, помещаемых в одной строке внутри УГО;
- размером шрифта;

д) расстояние между линиями вводов (выводов) должно быть не менее 5 мм;

е) ширина дополнительного поля должна быть не менее 5 мм;

ж) надписи внутри УГО выполняются основным шрифтом по ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертежные»;

з) обозначения основных функций элементов и их производных приведены в табл. 12.

Таблица 12

Обозначение основных функций элементов и их производных

Наименование основной функции	Обозначение	Наименование производной функции	Обозначение
1	2	3	4
Вычислитель	CP	Секция вычислителя	CPS
		Вычислительное устройство	CPU
Процессор	P	Секция процессора	PS
Память	M	Устройство запоминающее оперативное с произвольным доступом	RAM
		Устройство запоминающее оперативное с последовательным доступом	SAM
		Устройство запоминающее стековое	STM
		Устройство запоминающее ассоциативное	CAM
		Матрица логическая программируемая	PLM
		Устройство запоминающее постоянное	ROM

Продолжение табл. 12

1	2	3	4
		Устройство запоминающее постоянное с возможностью однократного программирования	PROM
		Устройство запоминающее постоянное с возможностью многократного программирования	RPROМ
Управление	CO		
Перенос	CR		
Прерывание	INR		
Передача	TF		
Прием	RC		
Ввод-вывод	Ю	Ввод-вывод последовательный	IOS
		Ввод-вывод параллельный	IOP
Арифметическая функция	А	Суммирование	SM или $\Sigma$
		Умножение	MPL
		Деление	DIV
		Вычитание	SUB
		Умножение по основанию n. Здесь и далее по тексту n – целое натуральное число, большее или равное единице	$MPL_n$
		Деление по основанию n	$DIV_n$
Логическая функция	L	Логический порог	$\geq n$ $\geq n$
		а) мжоритарность (n из m)	$\geq n$
		б) логическое ИЛИ (1 из m)	$\geq 1$
		в) логическое И (m и m)	& или И
		г) повторитель ( $m = 1$ ), где m – число входов логического элемента	1
		n и только n	$= n$
		n = 1 – исключающее ИЛИ	$= 1$



Продолжение табл. 12

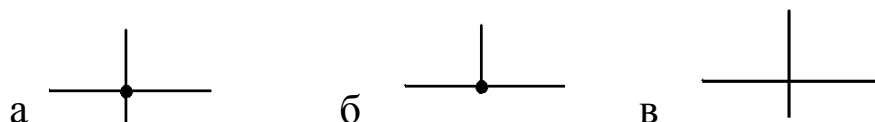
1	2	3	4
Элемент монтажной логики		Монтажное И	
		Монтажное ИЛИ	
Регистр	RG	Регистр со сдвигом справа налево или сверху вниз	RG→ или RG>
		Регистр со сдвигом слева направо или снизу вверх	RG← или RG<
Счетчик	CT	Счетчик по основанию n	CT <sub>n</sub>
		Счетчик двоичный	CT2
		Счетчик десятичный	CT10
Дешифратор	DC		
Шифратор	CD		
Преобразователь	X/Y	Вместо X, Y могут быть использованы следующие обозначения: двоичный код десятичный код код Грея	B
			DEC
			G
		Аналоговая	∩ или ∧ A
		Цифровая	# или D
		Напряжение	U
		Ток	I
		n-сегментный	nS
Сравнение	= =		
Свертка по модулю n	Mn	Свертка по модулю 2	M2
Мультиплексор	MUX		
Демультимплексор	DMX		
Мультиплексор-селектор	MS		
Селектор	SL		

Продолжение табл. 12

1	2	3	4
Генератор	G	Генератор серии из прямоугольных импульсов	Gn
		Генератор одиночного импульса	G1
		Генератор линейно изменяющихся сигналов	G/
		Генератор синусоидального сигнала	GSIN
Пороговый элемент	TH		
Дискриминатор	DIC		
Триггер	T	Триггер двухступенчатый	TT
Задержка	DL		
Формирователь	F	Формирователь уровня логического состояния n	FLn
Усилитель	>	Усилитель с повышенной нагрузочной способностью	>>
Ключ	SW		
Модулятор	MD		
Демодулятор	DM		

5.3.2. Связи между элементами изображают сплошными линиями толщиной 0,2-0,4 мм для цепей управления и 0,6-1 мм для силовых цепей.

5.3.3. Соединения (а, б) и пересечения (в) линий связи имеют вид:



5.3.4. Обрыв линии связи обозначают стрелкой, а рядом пишут адрес (маркировку) участка цепи, куда подключается данная линия (см. рис. 12).

5.3.5. Всем элементам ПЭС присваивается позиционное обозначение согласно ГОСТ 2.710-81 «Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах» в порядке слева направо и сверху вниз.

В общем случае структура позиционного обозначения (кода) элемента имеет вид:

Вид элемента	Номер элемента	Функциональное назначение элемента
(1)	(2)	(3)

Позиции (1) и (2) образуют обязательную часть буквенно-цифрового обозначения элемента, а позиция (3) – необязательную часть.

Позиция (1) характеризует принадлежность элемента к определенной группе однородных элементов, например конденсаторы, контакторы, двигатели и т. п. и описывается одной или двумя заглавными буквами латинского алфавита. В табл. 13 представлены буквенные коды для обозначения видов элементов согласно ГОСТ 2.710-81.

Позиция (2) характеризует порядковый номер элемента среди ему подобных, присваиваемый арабскими числами в порядке чтения схемы слева направо и сверху вниз.

Примеры буквенно-цифровых обозначений элементов ПЭС:

K1, K2 – обмотки реле 1, 2;

K1.1, K1.2 – контакты 1, 2 реле K1;

VD1, VD2 – диоды 1,2;

HL1, HL2, HL3 – сигнальные лампы 1, 2, 3.

Двухбуквенный код вида элемента более информативен по сравнению однобуквенным, поэтому первый из них более предпочтителен для ПЭС.

Позиция (3) редко используется для обозначения элементов.

Таблица 13

## Буквенные коды элементов

Первая буква ко-да	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбук-венный код
1	2	3	4
A	Устройство (общее)		
B	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот аналоговые или многоразрядные преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговоритель	BA
		Магнитострикционный элемент	BB
		Детектор ионизирующих излучений	BD
		Сельсин-приемник	BE
		Телефон	BF
		Сельсин-датчик	BC
		Тепловой датчик	BK
		Фотоэлемент	BL
		Микрофон	BM
		Датчик давления	BP
		Пьезоэлемент	BQ
		Датчик частоты вращения (тахогенератор)	BR
		Датчик скорости	BV
C	Конденсаторы		
D	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная аналоговая	DA
		Схема интегральная, цифровая, логический элемент	DD
		Устройство хранения информации	DS
		Устройство задержки	DT
E	Элементы разные	Нагревательный элемент	EK
		Лампа осветительная	EL
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия	FA
		Дискретный элемент защиты по току инерционного действия	FP

Продолжение табл. 13

1	2	3	4
		Предохранитель плавкий	FU
		Дискретный элемент защиты по напряжению, разрядник	FV
G	Генераторы, источники питания	Батарея гальванических элементов	GB
H	Устройства индикации и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации	HA
		Индикатор символьный	HG
		Прибор световой сигнализации	HL
K	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое	KA
		Реле указательное	KH
		Реле электротепловое	KK
		Контактор	KM
		Реле времени	KT
		Реле напряжения	KV
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	LL
M	Двигатели		
P	Приборы измерительного оборудования ПРИМЕЧАНИЕ: Сочетание PE применять не допускается	Амперметр	PA
		Счетчик импульсов	PC
		Частотомер	PF
		Счетчик активной энергии	PI
		Счетчик реактивной энергии	PK
		Омметр	PR
		Регистрирующий прибор	PS
		Часы, измеритель времени, действия	PT
		Вольтметр	PV
		Ваттметр	PW

Продолжение табл. 13

1	2	3	4
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях	Выключатель автоматический	QF
		Короткозамыкатель	QK
		Разъединитель	QS
R	Резисторы	Терморезистор	RK
		Потенциометр	RP
		Шунт измерительный	RS
		Варистор	RU
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных  ПРИМЕЧАНИЕ: Обозначение SF применяют для аппаратов, не имеющих контактов силовых цепей	Выключатель или переключатель	SA
		Выключатель кнопочный	SB
		Выключатель автоматический	SF
		Выключатели, срабатывающие от различных воздействий:	
		от уровня	SL
		от давления	SP
		от положения (путевой)	SQ
		от частоты вращения	SR
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	от температуры	SK
		Трансформатор тока	TA
U	Устройства связи. Преобразователи электрических величин в электрические	Трансформатор напряжения	TV
		Модулятор	UB
		Демодулятор	UR
		Дискриминатор	UI
V	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Инвертор, выпрямитель, генератор частоты	UZ
		Диод, стабилитрон	VD
		Прибор электровакуумный	VL
		Транзистор	VT
		Тиристор	VS

Продолжение табл. 13

1	2	3	4
X	Соединения контактные	Токоъемник, контакт скользящий	XA
		Штырь	XP
		Гнездо	XS
		Соединение разборное	XT
		Соединитель высоко-частотный	XW
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит	YA
		Тормоз с электромагнитным приводом	YB
Z	Фильтры	Фильтр кварцевый	ZQ

5.3.6. Рекомендуется строчный способ выполнения ПЭС – отдельные цепи изображают вертикальными и горизонтальными строками (см. рис. 12), располагая строки в порядке срабатывания элементов.

5.3.7. Правила маркировки участков цепей на ПЭС определяет ГОСТ 2.709-72. Маркировка участков цепей необходима для проведения ремонтов, составления электромонтажных схем. Она позволяет идентифицировать (опознавать) участки схемы, а также может отражать их функциональное назначение, что упрощает чтение схемы. Это достигается использованием группы чисел, например: 1-100 – цепи управления, 101-200 – цепи сигнализации и т. д.

Основные правила маркировки (нумерации) участков цепей:

- маркировка может осуществляться арабскими цифрами или буквами и цифрами;
- участки цепи, разделенные элементами (контактами, обмотками реле, резисторами и др.) имеют разную маркировку (номера). Однако, участки цепи, разделенные разъемами, неразъемными контактными соединениями должны иметь одинаковую маркировку;
- маркировка слаботочных цепей управления, защиты, сигнализации выполняется арабскими цифрами последовательно, начиная от источника питания, слева направо и сверху вниз (см. на рис. 12 маркировку проводников схемы управления);
- силовые цепи трехфазного переменного тока маркируют буквами А, В, С, N (фазы и ноль) и цифрами, обозначающими порядковые

номера участков цепи в данной фазе. Например участки А1, А2...В1, В2... на силовой схеме рис. 12;

- силовые цепи постоянного тока маркируют цифрами с указанием знака полярности «+» или «-». При этом участки цепей положительной полярности нумеруют четными числами, а отрицательной полярности – нечетными числами.


5.3.8. Коммутирующие элементы (контакты кнопок, реле, пускателей, выключателей, разъединителей и др.) изображают на ПЭС, как правило, в положении, соответствующем отсутствию тока во всех цепях схемы и внешних принудительных воздействий.

5.3.9. Для облегчения нахождения элементов на ПЭС используют либо пояснительную таблицу, располагаемую справа от схемы на свободном поле, либо нумерацию строк схемы (см. на рис. 12 строки (1), (2)), либо то и другое.

5.3.10. Для всех программных устройств, конечных и путевых выключателей, ключей управления и т.п. на ПЭС изображают либо циклограммы, либо диаграммы их работы с пояснениями.

На рис. 13 в качестве примера приведена циклограмма работы контактов многоцепного реле времени, состояние которых определяется текущим значением времени, отсчитываемого с момента включения реле в течение цикла его работы. Такое реле применяется для управления оборудованием в функции времени.

Контакт реле	Время, мин							Назначение контакта
	1	2	3	4	5	6	7	
К1								Управление механизмом 1
К2								Управление механизмом 2

Рис. 13. Циклограмма работы многоцепного реле времени:  
 замкнутое состояние контакта

На рис. 14 в качестве примера приведена диаграмма работы переключателя режимов управления (Руч – ручное управление, Авт – ав-



томатическое управление) объектом, состояние контактов которого определяется положением его рукоятки.

Кон- такт	Положение рукоятки		
	Руч	0	Авт
S1	—		
S2			—
S3	—		

Рис. 14. Таблица переключений контактов переключателя режимов управления: — контакт замкнут

## 6. СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЙ И ПОДКЛЮЧЕНИЯ

### 6.1. Общие сведения

Схемы соединений и подключения необходимы для выполнения монтажа системы автоматизации. Они показывают проводные и трубные связи между ее элементами.

Схемы соединений могут быть выполнены как для отдельных устройств (например, «Щит оператора. Схема электрическая соединений»), так и для системы (узла) автоматизации в целом. В общем случае такую схему называют «Схема соединений внешних проводок».

Схему, показывающую подключение внешних проводок к отдельным устройствам (например, кабелей к прибору, щиту), называют «Схема подключения внешних проводок».

Схемы подключения выполняют только в случае наличия большого числа достаточно сложных элементов в системе (пультов, многосекционных щитов, шкафов, присоединительных коробок и т. п.), когда подключения проводок к ним затрудняет чтение схемы соединений. Таким образом, если все подключения проводок к элементам системы показаны на схеме соединений, то схемы подключений не выполняют.

В общем случае схемы соединений и подключения внешних проводок для систем автоматизации ТП выполняют на основании следующих материалов:

- функциональных и принципиальных (электрических, пневматических, гидравлических) схем автоматизации;
- эксплуатационной документации на приборы и средства автоматизации;
- чертежей расположения технологического оборудования и трубопроводов с отборными и приемными устройствами, размещения индивидуальных приборов, групповых стоек приборов, местных щитов, щитов и пультов в пунктах управления;
- таблиц соединений и подключения проводок щитов и пультов.

Схемы соединений и подключения выполняют без соблюдения масштаба, расположение элементов схемы в пространстве не учитывается, либо учитывается весьма приблизительно (ГОСТ 2.301-68).

Толщина линий, изображающих устройства и элементы схем, кабели, жгуты, провода, трубы должна быть от 0,4 до 1 мм по ГОСТ 2.303-68.

Расстояние между соседними проводками, изображениями приборов и средств автоматизации должно быть не менее 3 мм.

Электропроводки систем автоматизации выполняют кабелями и изолированными проводами.

Маркировку проводов и жил кабелей на схемах соединений и подключения проставляют в соответствии с маркировкой, выполненной на принципиальных электрических схемах.

Допускается выполнять отдельно на разных листах схемы соединений и подключения для электрических и трубных проводок, отдельно по технологическому агрегату участку, цеху, отдельно по частям (функциям) системы автоматизации, например, «Схема соединений элементов САР».

Ниже рассматриваются правила выполнения схем соединений и подключения для электрических проводок.

## 6.2. Схемы соединений

Схема соединений (СС) показывает соединения составных частей изделия (системы) между собой и определяет провода, жгуты, кабели, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединения и ввода (зажимы, соединители). На СС должны быть изображены все устройства и элементы, входящие в состав изделия, их входные и выходные элементы (разъемы, шины, зажимы и т.п.), а также проводки, обеспечивающие соединения между этими устройствами и элементами. К последним в системах автоматизации относятся: первичные приборы (датчики), щиты, пульты, стивы с расположенными на них приборами и средствами автоматизации, исполнительные устройства и др.

Элементы и устройства на схеме изображают в виде прямоугольников, либо упрощенных внешних очертаний, либо условных графических обозначений принятых на принципиальных и электрических схемах. Входные и выходные элементы (разъемы, выводы аппаратов и приборов, сборки зажимов – клеммники) изображают в виде условных графических обозначений (рис. 15).

На схеме около графических обозначений устройств указывают позиционные обозначения, присвоенные им на функциональной или принципиальной схеме. Допускается указывать также наименование, тип, основные параметры элементов и устройств (см. рис. 15, е).

На схеме указывают обозначения выводов (контактов) элементов и устройств, нанесенные на изделие или установленных в их документации (см. рис. 15, а, б и др.).

При изображении на схеме разъемов допускается применять условные графические обозначения, не показывающие отдельные контакты, при этом сведения о подключении контактов приводят в таблице, размещенной около разъема или на свободном поле схемы (см. рис. 15, е).

Щиты, пульты, шкафы с аппаратурой, соединительные и протяжные коробки изображают в виде прямоугольников с указанием их наименования или типа. Обычно схемы расположения приборов и средств автоматизации на щите и соединения их между собой изображают отдельно на свободном поле схемы соединений.

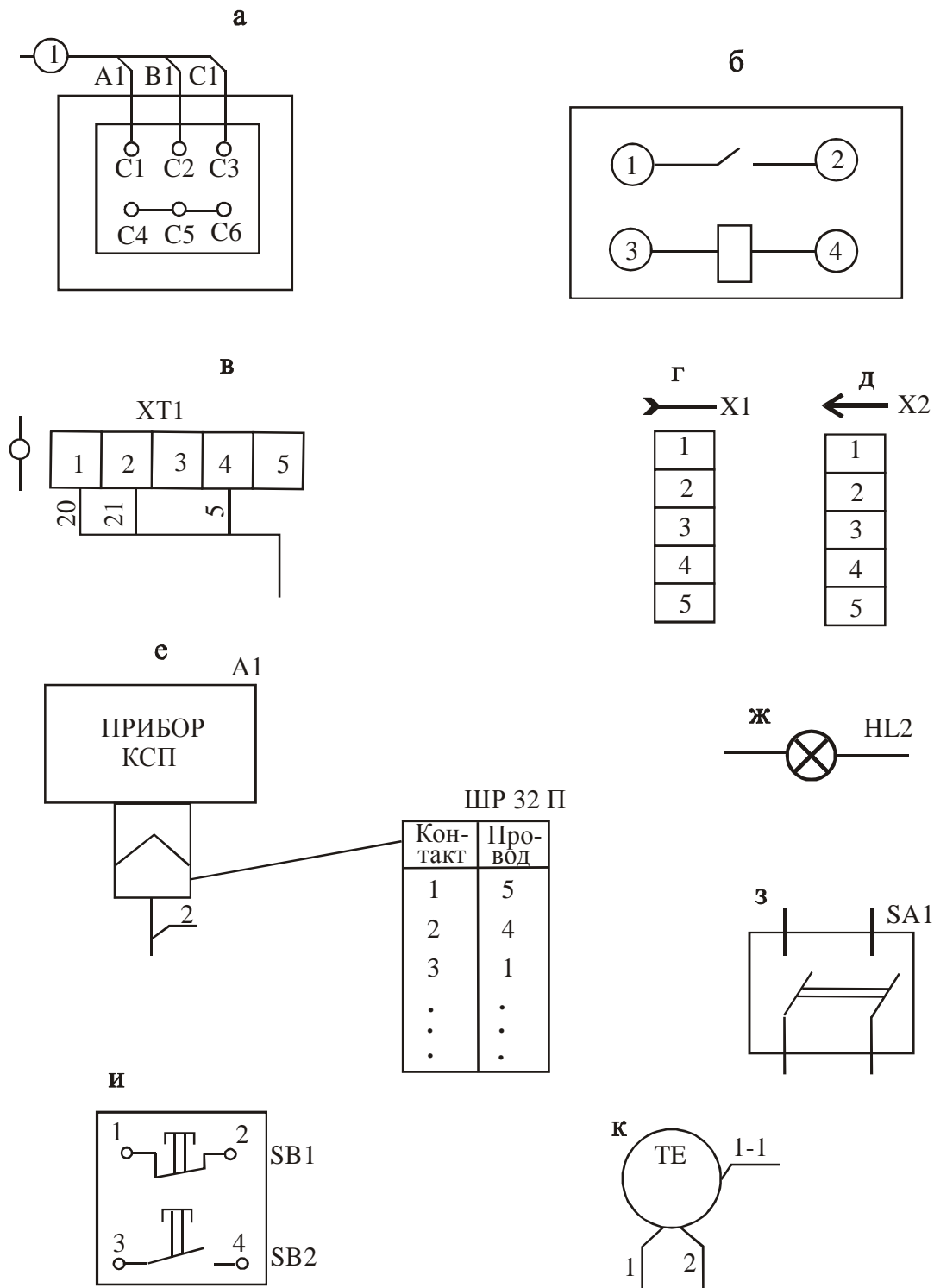
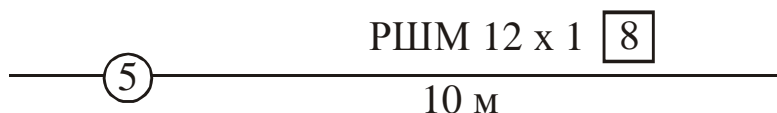


Рис. 15. Примеры изображений элементов и устройств на схемах соединений и подключения: а – электродвигатель с кабелем 1; б – реле с внутренней схемой; в – сборка зажимов (клеммник); г, д – элементы разъема, соответственно, гнездо и вилка; е – прибор с разъемом и таблицей подключения проводов жгута 2; ж – сигнальная лампа; з – выключатель; и – кнопки; к – термопреобразователь с обозначением, принятым на ФСА

Провода, группы проводов, жгуты и кабели на схеме показывают отдельными линиями. Для упрощения графики допускается сливать отдельные провода, идущие на схеме в одном направлении, в общую линию. При подходе к контактам подключения каждый провод изображают отдельной линией (см. рис. 15, в). Провода, жгуты и кабели должны быть обозначены порядковыми номерами в пределах изделия отдельно для каждого вида проводников. Номера кабелей проставляют в окружностях, помещенных в разрывах линий, изображающих кабель, вблизи мест разветвления жил (см. рис. 15, а), номера жгутов – на полках линий-выносок (см. рис. 15, е). Жилы кабелей нумеруют в пределах кабеля.

Если на принципиальной схеме электрическим цепям присвоены обозначения, то всем проводам и жилам кабелей должны быть присвоены те же обозначения.

На схеме для каждой электрической проводки рядом с условным обозначением приводят ее техническую характеристику: для проводов – марка, сечение, длина и при необходимости расцветка; для кабелей – марка, количество и сечение жил, число рабочих жил (указывается в квадрате), длина кабеля. Ниже представлен пример обозначения кабеля.



Это обозначение означает: кабель 5-ый типа РШМ длиной 10 м, число всех жил – 12, рабочих (занятых) жил – 8, сечение жилы – 1 мм<sup>2</sup>.

Сведения о проводах и присоединениях могут быть указаны в табл. соединений, размещаемой на поле схемы. Пример выполнения таблицы соединений представлен на рис. 16 для двух проводов жгута 1.

Обозначение провода	Откуда идет	Куда поступает	Данные провода	Примечание
1	2	3	4	5
		Жгут 1		
1	=A1-X1:2a	=A5-X5:1a	МГШВ 0,75	
2	=A1-X1:3a	=A5-X5:2a	МГШВ 0,75	Надеть изоляционную трубку

Рис. 16. Пример таблицы соединений

В графе 1 указывают обозначение провода (жилы), в графах 2 и 3 – условные буквенно-цифровые обозначения соединяемых элементов (устройств), в графе 4 – марку, сечение и при необходимости расцветку провода (для кабеля – марку, сечение и количество жил). Для обозначения соединяемых элементов (их адресов) рекомендуется использовать квалифицирующие символы, применяемые для составного обозначения электрических элементов на принципиальных схемах:

« = » устройство, « – » символ позиционного обозначения, « : » – контакт. С учетом этого, например, строка 1 таблицы соединений (см. рис. 16) означает: Провод 1 типа МГШВ сечением  $0,75 \text{ мм}^2$  соединяет контакт 2а разъема X1 в устройстве A1 с контактом 1а разъема X5 в устройстве A5.

В графе 5 помещают различные указания, например на «провод 2 надеть изоляционную трубку».

Схемы соединений могут быть выполнены графическим или табличным способом. На рис. 17 приведен пример схемы соединений, выполненной графическим способом, для узла дистанционного управления электродвигателем (см. рис. 12).

На схеме показаны условные графические обозначения элементов узла (кнопки SB1-SB3, автоматический выключатель QF1, реверсивный магнитный пускатель КМ, электродвигатель М) и соединения этих элементов кабелями 1-4. На схеме приведены технические характеристики проводок и показаны входы/выходы элементов, к которым они подключаются.

### 6.3. Схемы подключения

Схема подключения показывает внешние подключения (присоединения) элемента, устройства или изделия. На схеме должны быть изображены элемент (устройство или изделие, его входы/выходы (разъемы, зажимы и т.п.) и подводимые к ним концы проводов и кабелей внешнего монтажа, указаны данные о подключении данного элемента (устройства или изделия): характеристики внешних цепей адреса.

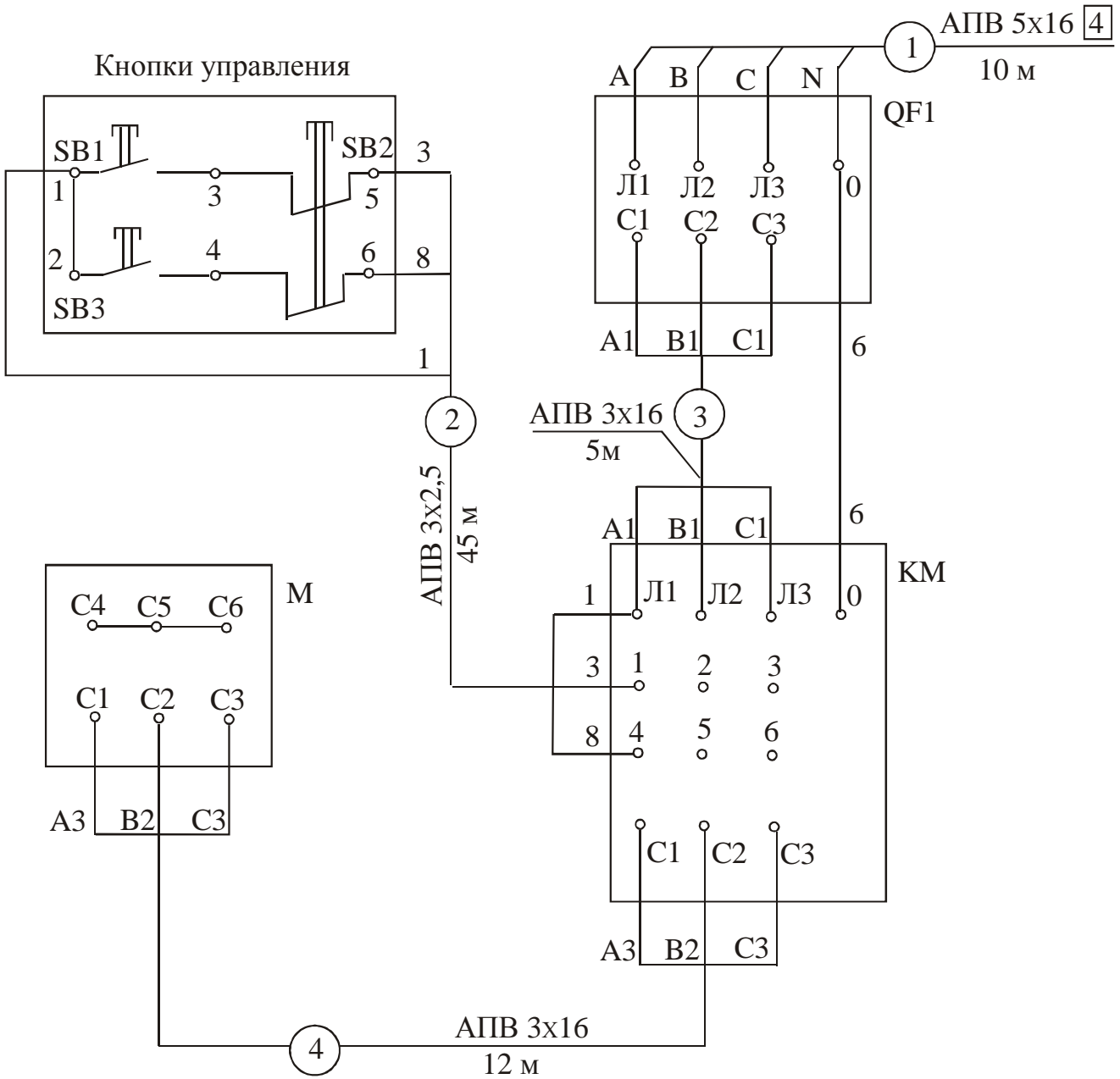


Рис. 17. Узел дистанционного управления электродвигателем.  
Схема электрическая соединений

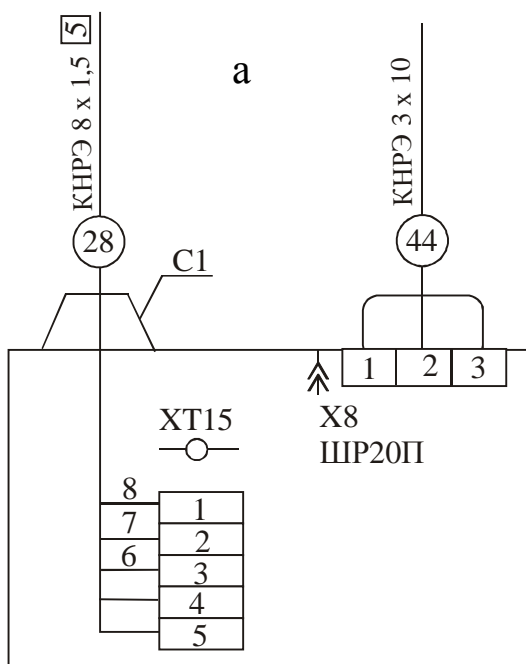
Элемент изображают в виде прямоугольника или внешних очертаний, входы/выходы – в виде условных графических обозначений. Размещение входных и выходных элементов в устройстве (изделии) должно примерно соответствовать их действительному размещению в устройстве. Всем входным и выходным элементам присваивают буквенно-цифровые позиционные обозначения согласно принципиальной схеме или схеме соединений. На схеме подключения также графически

изображают вводные элементы (изоляторы, гермовводы, сальники), через которые проходят провода и кабели).

Следует обратить внимание на маркировку жил кабеля: если номер жилы кабеля совпадает с номером контакта входного элемента, то номер жилы кабеля не обозначают.

Сведения о внешнем подключении указывают в таблице подключения, расположенной на поле схемы над основной надписью. Форма таблицы произвольная. Обычно в такой таблице указывают характеристики внешних цепей и адреса.

В качестве примера на рис. 18 приведены схема и таблица подключения прибора 2. Жилы 4, 5 кабеля 28 и 1-3 кабеля 44 не обозначены в связи с совпадением их номеров с соответствующими номерами соединителя ХТ15 и разъема Х8. Ввод кабеля 28 в прибор осуществлен через сальник С1.



б

Номер кабеля	Номер жилы	Характеристика цепи
28	4, 5	220 В, 50 Гц. Питание
	6	110 В, 50 Гц. Сигнал «Антенны»
	7, 8	$\pm 110$ В
44	1	Блокировка ВН
	2	Запуск ПУ
	3	Контроль ПУ

Рис. 18. Прибор 2: схема (а) и таблица (б) подключения



## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / Под ред. А.С. Ключева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
2. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля / Под ред. А.С. Ключева. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.
3. Электротехнические чертежи и схемы / К.К. Александров, Е.Г. Кузьмина. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
4. Камнев В.Н. Чтение схем и чертежей электроустановок. – М.: Высш. шк., 1990. – 144 с.
5. ГОСТ 21.404-85 Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.
6. ГОСТ 2.708-81 Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники.
7. ГОСТ 2.710-81 Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
8. ГОСТ 2.743-82 Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники.

Составитель

## ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

Учебно-методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию по дисциплине «Автоматизация производственных процессов» для студентов специальности 180400 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов»

Печатается в авторской редакции.

Подписано в печать . Формат 60×84/16.

Бумага газетная. Печать офсетная. Уч.-изд. л. .

Тираж 50 экз. Заказ

ГУ КузГТУ, 650026, Кемерово, ул. Весенняя. 28.

Типография ГУ КузГТУ, 650027, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А.