

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Кафедра автоматики и автоматизации
производственных процессов

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Методические указания
к практическим занятиям
по курсовому проектированию
для студентов специальности 210200
и направления 550200

Санкт-Петербург 2004

УДК 621.

Лаврищев И.Б., Кириков А.Ю., Добряков В.А. Разработка принципиальных электрических схем систем управления процессами пищевых производств: Метод. указания к практическим занятиям по курсовому проектированию для студентов спец. 210200 и направления 550200. – СПб.: СПбГУ-НиПТ, 2004. – с.

Приведены общие положения, методика выполнения и оформления принципиальных электрических схем систем автоматизированного управления технологическими процессами пищевых производств.

Рецензент
А.П. Потоцкий

Рекомендованы к изданию советом факультета экономики и менеджмента

© Санкт-Петербургский государственный
университет низкотемпературных
и пищевых технологий, 2004

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании систем автоматизации после выполнения функциональных схем следующим этапом является разработка принципиальных схем.

Общие положения

Основное назначение принципиальных схем – отражение взаимной связи отдельных приборов, средств автоматизации (СА) и вспомогательной аппаратуры, входящих в состав функциональных узлов систем автоматизации, а также последовательности их работы и принципа действия.

Эти схемы отражают действие системы автоматизации, они необходимы при производстве наладочных работ и в эксплуатации.

К принципиальным схемам предъявляются следующие требования:

надежность – их способность выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания и ремонтов;

безопасность работы обслуживающего персонала, предотвращение брака продукции и повреждения оборудования при аварийных ситуациях, вызванных неисправностями в цепях схемы;

удобство эксплуатации, связанное с минимумом затрат труда и внимания работающего персонала и проведением ремонтных и наладочных работ при соблюдении необходимых мер безопасности;

экономичность, включающая не только стоимость входящих в систему элементов, но и стоимость соединительных линий.

Принципиальные схемы являются основанием для разработки других документов проекта: монтажных схем и таблиц щитов и пультов, схем подключения и соединения внешних проводок и т. д.

Принципиальные схемы образуются из функциональных схем автоматизации на основе заданных алгоритмов функционирования отдельных узлов контроля, сигнализации, автоматического регулирования и управления, а также общих технических требований, предъявляемых к автоматизируемому объекту.

Эти схемы отражают принцип действия систем управления, сигнализации, измерения и взаимодействия между отдельными элементами, а также способ электропитания приборов и СА.

На принципиальных электрических схемах в условном виде изображают приборы, аппараты, линии связи между отдельными элементами, блоками и модулями этих устройств.

В общем случае принципиальные электрические схемы должны содержать:

- 1) условные обозначения принципа действия того или иного функционального узла системы автоматизации;
- 2) поясняющие надписи;
- 3) части отдельных элементов (приборов, СА, электрических аппаратов), используемых в других схемах;
- 4) диаграммы переключателей контактов многопозиционных устройств;
- 5) перечень используемых в данной схеме приборов, СА, аппаратуры;
- 6) перечень чертежей, относящихся к данной схеме, общие пояснения и примечания.

Принципиальные электрические схемы систем контроля и управления по назначению могут подразделяться на схемы управления, технологического контроля и сигнализации, автоматического регулирования и питания.

МЕТОДИКА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

А. Способ изображения

Схемы силовых цепей и схемы управления, сигнализации, измерения, регулирования можно изображать на одном чертеже (одном или нескольких листах этого чертежа) либо каждую из них расположить на отдельном чертеже.

Формат листов принципиальных электрических схем, как правило, не должен превышать формата А1. Если схема не помещается на одном листе, то ее следует располагать на нескольких листах одного чертежа (желательно одного формата).

В настоящее время принципиальные электрические схемы изображаются в основном разнесенным способом, так как в этом случае совершенно отчетливо видны электрические цепи.

На рис. 1 в качестве примера приведена принципиальная электрическая схема управления электродвигателем, выполненная разнесенным способом. Пуск двигателя производится путем подключения обмотки статора на напряжение питающей сети.

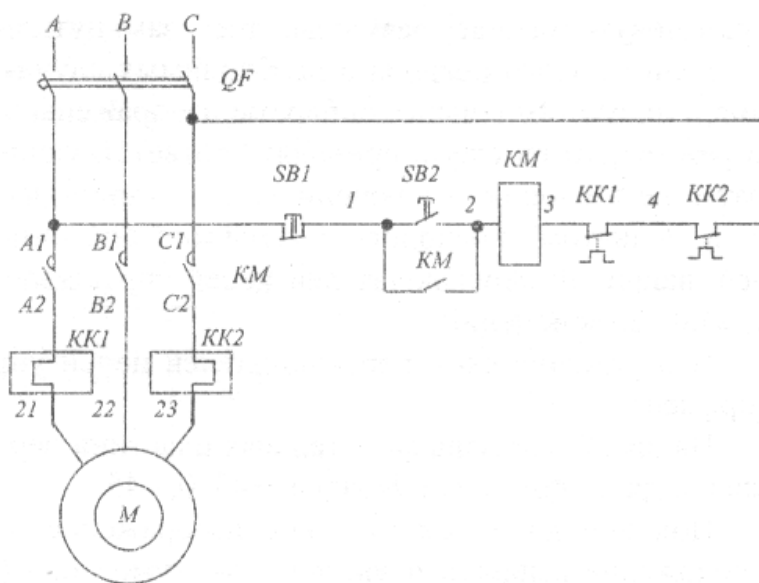


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором

Рис. 1. Схема электрическая принципиальная управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором

Нередко на принципиальных схемах показывают устройства (приборы, регуляторы и т. п.), имеющие собственные принципиальные схемы. В этом случае на принципиальной электрической схеме эти устройства изображают упрощенно (показывают только входные и выходные цепи подачи питающего напряжения), а детальное представление о принципе работы установки дает совокупность принципиальной и принципиальных электрических схем устройств.

В принципиальных электрических схемах условные графические обозначения составных частей электрических аппаратов и СА

(см. прил.), входящих в одну цепь, изображают последовательно друг за другом по прямой, а отдельные цепи – одну под другой, образуя параллельные строки (строчный способ выполнения схемы). Допускается и вертикальное расположение строк.

Линии связи между аппаратами показывают полностью, но в некоторых случаях, чтобы не усложнять схему, они могут быть оборваны. Обрывы линий при этом заканчиваются стрелками.

Контакты автоматов, выключателей, кнопок, реле и других коммутирующих устройств изображают при отсутствии тока во всех цепях схемы. Поэтому все замыкающие контакты на схемах показывают разомкнутыми, а все размыкающие – замкнутыми.

Если из этого правила в необходимых случаях сделано исключение, т. е. если отдельные аппараты изображены в выбранном рабочем режиме, то на схеме приводят соответствующее пояснение. Аппараты, не имеющие отключенного положения, изображают в положении, принятом за исходное. Схемы многопозиционных переключателей, например переключателей цепей управления, дополняют диаграммой переключений.

Изображения схем переключателей цепей управления поясним на примере.

На рис. 2 показана фронтальная пластина переключателя и обозначены три положения рукоятки: +45, 0, –45.

Под ней дано поконтатное изображение, на котором видно расположение выводов и указана их нумерация (1–6). На рис. 2, б дана таблица переключения контактов, в которой буквы Л и П обозначают левый и правый выводы соответственно, а крест указывает на то, что контакт замкнут. Из таблицы легко установить следующее: в положении +45 соединены контакты между выводами 1 и 2, 5 и 6; в положении 0 соединены 1 и 2, а также 3 и 4, в положении –45 соединены 5 и 6. На схеме эти соединения обозначают один из способов, показанных на рис. 2, в. Способы отличаются только расположением на схеме выводов 1–6 переключателя (между пунктирными линиями – слева сверху, над ними – справа, на них – слева внизу). Все способы одинаково употребимы. Рассматриваемый переключатель рассчитан на три цепи, которые обозначены буквами А, Б и В. Штриховые линии +45, 0, –45 соответствуют положениям рукоятки, а черные точки указывают на то, что контакт замкнут.

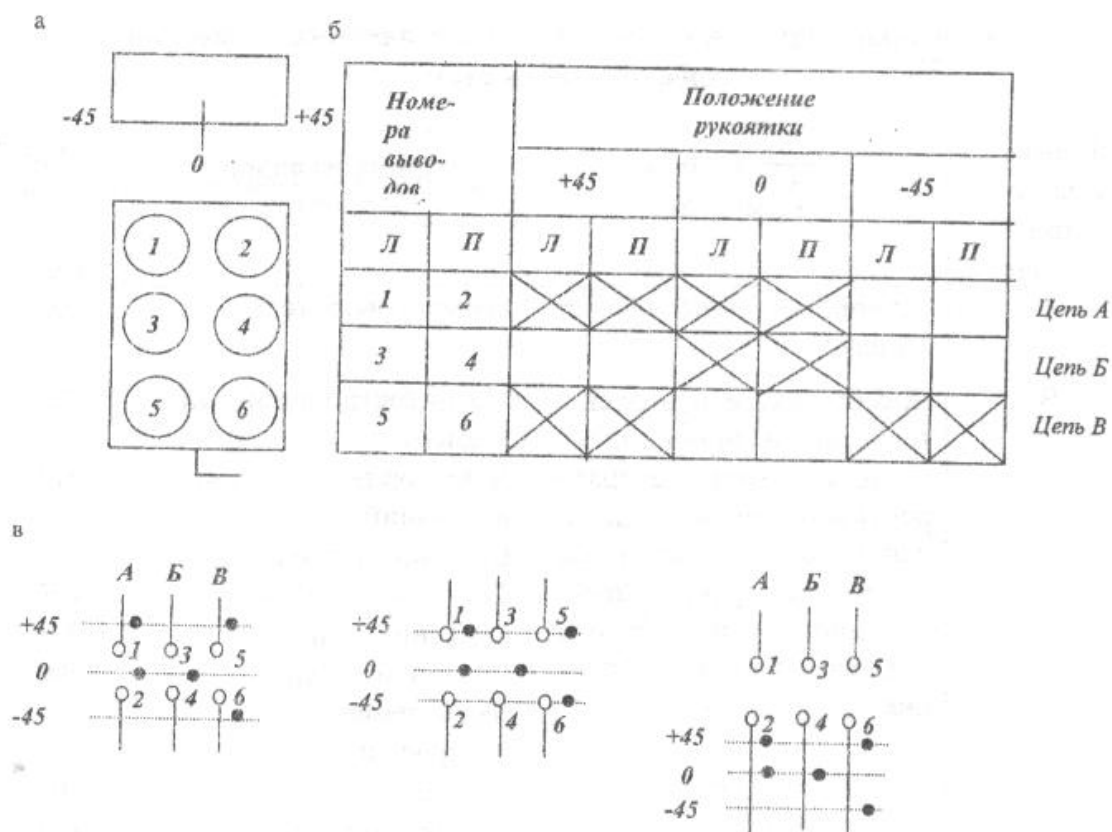


Рис. 2. Переключатель цепей управления

Рис. 2. Переключатель цепей управления

Из рис. 2, в следует, что в положении +45 замкнуты цепи А и В, цепь Б разомкнута. В положении 0 замкнуты цепи А и Б, а в положении -45 замкнута цепь В.

Б. Позиционные обозначения

В принципиальных электрических схемах все приборы и аппараты имеют позиционные обозначения. В настоящее время применяют буквенно-цифровые обозначения, которые установлены ГОСТ 2.710-81. Они существенно дополняют соответствующее графическое изображение, определяя его функциональное назначение.

Условные буквенно-цифровые обозначения составляют из букв латинского алфавита и арабских цифр. Правая часть позиционного

обозначения выполняется с помощью одно- или двухбуквенного кода (табл. 1).

Таблица 1

Буквенные коды для позиционного обозначения элементов электрических схем

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
<i>A</i>	Устройство (общее обозначение)	Громкоговоритель	<i>BA</i>
<i>B</i>	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или, наоборот, аналоговые или многозарядные преобразователи, или датчики для указания или измерения	Магнитострикционный элемент	<i>BB</i>
		Детектор ионизирующих излучений	<i>BD</i>
		Сельсин-приемник	<i>BE</i>
		Телефон (капсюль)	<i>BF</i>
		Сельсин-датчик	<i>BC</i>
		Тепловой датчик	<i>BK</i>
		Фотоэлемент	<i>BL</i>
		Микрофон	<i>BM</i>
		Датчик давления	<i>BP</i>
		Пьезоэлемент	<i>BQ</i>
		Датчик частоты вращения (тахогенератор)	<i>BR</i>
		Звукосниматель	<i>BS</i>
		Датчик скорости	<i>BV</i>
<i>C</i>	Конденсаторы		
<i>B</i>	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная аналоговая	<i>DA</i>
		Схема интегральная цифровая, логическая	<i>DD</i>
		Устройства хранения информации	<i>DS</i>
		Устройства задержки	<i>DT</i>
<i>E</i>	Элементы разные	Нагревательный элемент	<i>EK</i>
		Лампа осветительная	<i>EL</i>
		Пиропатрон	<i>ET</i>

Продолжение табл. 1

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
<i>F</i>	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия	<i>FA</i>
		Дискретный элемент защиты по току инерционного действия	<i>FP</i>
		Предохранитель плавкий	<i>FU</i>
		Дискретный элемент защиты по напряжению, разрядник	<i>FV</i>
<i>G</i>	Генераторы, источники питания	Стабилизатор напряжения	<i>GA</i>
		Батарея	<i>GB</i>
<i>H</i>	Устройства индикаторные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации	<i>HA</i>
		Индикатор символьный	<i>HG</i>
		Прибор световой сигнализации	<i>HL</i>
<i>K</i>	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое	<i>KA</i>
		Реле указательное	<i>KH</i>
		Реле электротепловое	<i>KK</i>
		Контактор, магнитный пускатель	<i>KM</i>
		Реле времени	<i>KT</i>
		Реле напряжения	<i>KV</i>
<i>L</i>	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	
<i>M</i>	Двигатели		
<i>P</i>	Приборы, измерительное оборудование	Амперметр	<i>PA</i>
		Счетчик импульсов	<i>PC</i>
		Частотомер	<i>PF</i>

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
<i>Q</i> <i>R</i>	Примечание. Сочетание <i>PE</i> применять не допускается Выключатели и разъединители в силовых цепях (энергоснабжение, питание оборудования и т. д.) Резисторы	Счетчик активной энергии	<i>PI</i>
		Счетчик реактивной энергии	<i>PK</i>
		Омметр	<i>PP</i>
		Регистрирующий прибор	<i>PS</i>
		Часы, измеритель времени, действия	<i>PT</i>
		Вольтметр	<i>PV</i>
		Ваттметр	<i>PW</i>
		Выключатель автоматический	<i>QF</i>
		Короткозамыкатель	<i>QK</i>
		Разъединитель	<i>QS</i>
<i>S</i>	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных Примечание. Обозначение <i>SF</i> применяют для аппаратов, не имеющих контактов силовых цепей	Выключатель и переключатель	<i>SA</i>
		Выключатель кнопочный	<i>SB</i>
		Выключатель автоматический	<i>SF</i>
		Выключатели, срабатывающие от различных воздействий:	
		от уровня	<i>SL</i>
		от давления	<i>SP</i>
		от положения (путевой)	<i>SQ</i>
		от частоты вращения	<i>SR</i>
		от температуры	<i>SK</i>

Продолжение табл. 1

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
<i>T</i>	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока Электромагнитный стабилизатор Трансформатор напряжения	<i>TA</i> <i>TS</i> <i>TV</i>
<i>U</i>	Устройства связи, преобразователи электрических величин в электрические	Модулятор Демодулятор Дискриминатор Преобразователь частотный, инвертор, генератор частоты, выпрямитель	<i>UB</i> <i>UR</i> <i>UI</i> <i>UZ</i>
<i>V</i>	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон Прибор электровакуумный Транзистор	<i>VD</i> <i>VL</i> <i>VT</i>
<i>W</i>	Линии и элементы СВЧ Антенны	Тиристор Ответвитель Короткозамыкатель Вентиль Трансформатор, фазовращатель Аттенюатор Антенна	<i>VS</i> <i>WE</i> <i>WK</i> <i>WS</i> <i>WT</i> <i>WU</i> <i>WA</i>
<i>X</i>	Соединения контактные	Токосъемник, контакт скользящий Штырь Гнездо Соединение разборное Соединитель высокочастотный	<i>XA</i> <i>XP</i> <i>XS</i> <i>XT</i> <i>XW</i>
<i>Y</i>	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит Тормоз с электромагнитным приводом	<i>YA</i> <i>YB</i>

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
Z	Устройства, оконечные фильтры, ограничители	Муфта с электромагнитным приводом	YC
		Электромагнитный патрон или плита	YH
		Ограничитель	ZL
		Фильтр кварцевый	ZQ

Отметим: если в схеме содержится только один из группы элементов, имеющих однобуквенный код, то для первой части его позиционного обозначения используют однобуквенный, а в противном случае – двухбуквенный код. Обозначения, не приведенные в табл. 1, поясняются на свободном поле схемы. Во второй части таблицы приводится порядковый номер элемента в пределах элементов данного вида. Все знаки в обозначении имеют одинаковую высоту.

Позиционные обозначения приборов, СА, аппаратов и их частей на принципиальных электрических схемах проставляются над графическим обозначением аппаратов и их частей при горизонтальном изображении электрических цепей и справа (слева) от графических изображений – при вертикальном изображении. Слева позиционные обозначения могут быть написаны только в тех случаях, когда цепи на схеме расположены далеко друг от друга, благодаря чему позиционное обозначение не может быть ошибочно отнесено к другому аппарату. Позиционные обозначения указывают на принадлежность изображенных контактов, обмоток и других частей к одному и тому же аппарату. Так, на рис. 1 у контактов магнитного пускателя (силовых и вспомогательном), а также вблизи изображения обмотки *KM* и по позиционным обозначениям *KK1(KK2)* легко установить принадлежность контактов и обмоток к тепловым реле. Позиционное обозначение вращающейся машины вписывают в ее графическое обозначение. Например, на рис. 1 позиционное обозначение *M* электродвигателя указано внутри его изображения.

В. Маркировка цепей

Маркировка участков цепи служит для опознания и отражения их функционального назначения в принципиальных электрических схемах. Для маркировки применяют цифровую систему, состоящую из ряда последовательных чисел. Участки цепей маркируют независимо от нумерации и условных обозначений зажимов приборов и аппаратов, к которым подходят концы маркируемого проводника.

Участки цепей, разделенные контактами аппаратов, а также обмотки реле и электрических машин, трансформаторов, разделенные резисторами, конденсаторами и т. д., считаются разными участками и имеют разную маркировку.

Участки, сходящиеся в одном узле принципиальной электрической схемы и проходящие через разъемные контактные соединения, маркируют одинаково. Например, на рис. 3, а, 3, б провод до предохранителя имеет маркировку *A* (фаза *A*), после предохранителя маркировка меняется, в данном примере на *71*, она же сохраняется до выключателя *SF1*. После выключателя следует маркировка *81*, а после вторичной обмотки трансформатора *T1–91* и т. д.

Другие примеры даны на рис. 3, в, причем особое внимание следует обратить на маркировку *104*. Она сохраняется от контакта реле *K2* до обмотки реле *K5* и резистора *R7* несмотря на разъем *X*. Установлен следующий порядок маркировки отдельных цепей принципиальных электрических схем в зависимости от рода тока.

При постоянном токе используется маркировка порядковая цифровая. Нечетными цифрами маркируют участки цепей положительной полярности, а четными – участки цепей отрицательной полярности (см. рис. 3).

При переменном токе используется порядковая буквенно-цифровая или цифровая маркировка. Силовые цепи маркируют последовательными буквами и цифрами, обозначающими фазы.

Например:

- участки цепей первой фазы *L1*, *L11*, *L12* и т. д.;
- участки цепей второй фазы *L2*, *L21*, *L22* и т. д.;
- участки цепей третьей фазы *L3*, *L31*, *L32* и т. д.

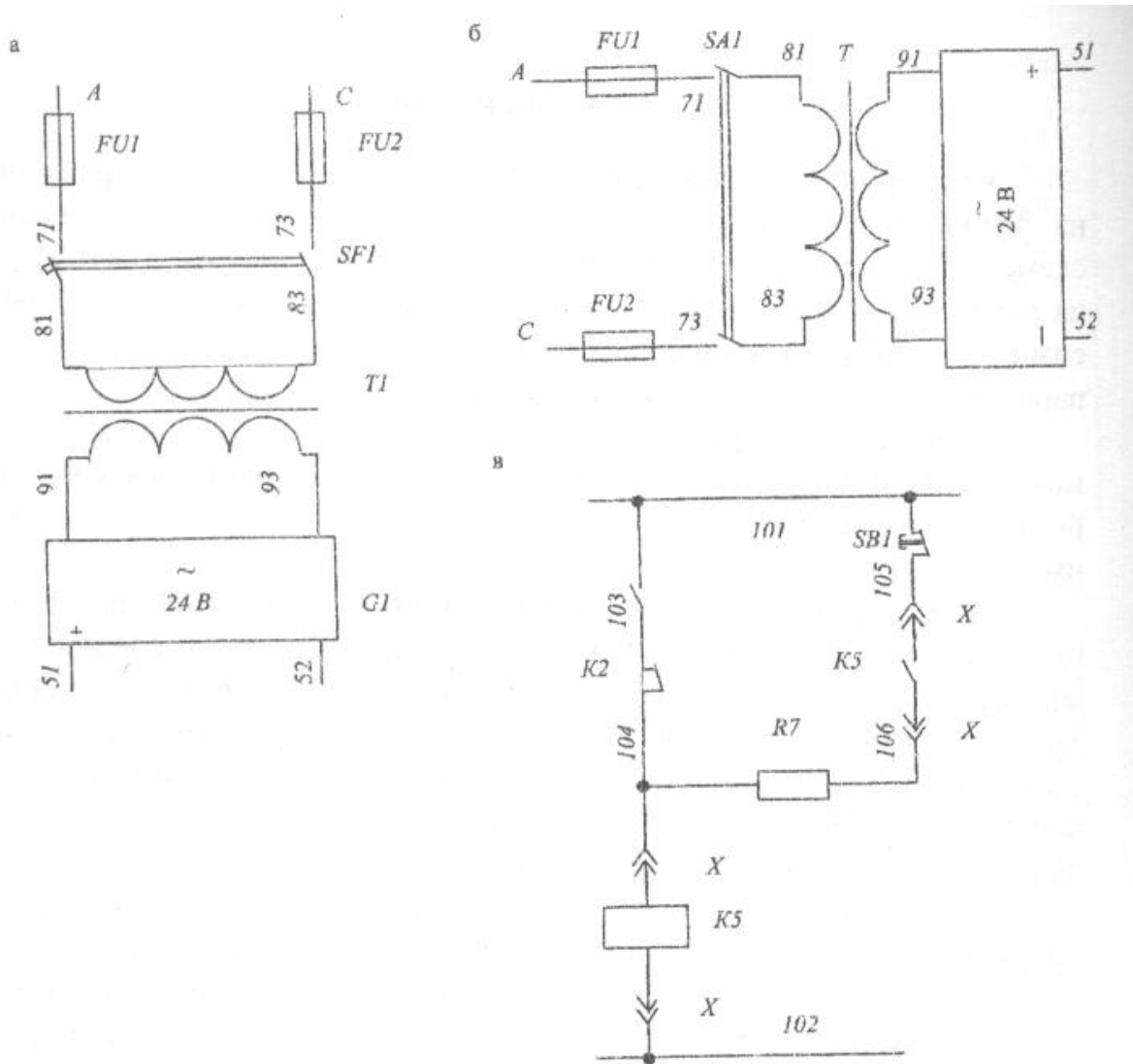


Рис. 3. Примеры позиционных обозначений, маркировки цепей и расположения их на схеме

Рис. 3. Примеры позиционных обозначений, маркировки цепей и расположения их на схеме

Допускается обозначать фазы и нейтраль соответственно буквами *A*, *B*, *C* и *N*. В этом случае маркировка фаз силовых цепей обозначается буквами и последовательными цифрами, например: *A*, *A1*, *A2* ... *B*, *B1*, *B2*...

Маркировка участков цепей в однофазных схемах (фаза – нуль, фаза – фаза) выполняется четными и нечетными числами. К цифровой маркировке в этом случае, как правило, добавляют индекс фазы, но в схемах управления, регулирования, сигнализации и т. п. он может быть опущен. Четные (нечетные) номера присваиваются участкам цепи любой фазы.

На принципиальных электрических схемах маркировка участков цепей при их горизонтальном расположении указывается над участком проводника, при вертикальном – слева от этого участка (см. рис.3).

Проводники электрических цепей различного назначения рекомендуется маркировать цифрами, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Распределение групп чисел для маркировки цепей различного назначения в проектах автоматизации

Наименование цепей	Группа чисел	
	основная	резервная
Цепи управления, регулирования, измерения	1–399	1001–1399 2001–2399 и т. д.
Цепи сигнализации	400–799	1401–1799 2401–2799 и т. д.
Цепи питания	800–999	1801–1999 2801–2999 и т. д.

Для облегчения составления монтажных схем щитов и пультов управления на принципиальных электрических схемах должны быть предусмотрены все выводы (зажимы) аппаратов, приборов и других средств автоматизации. Все элементы приборов и аппаратов имеют цифровые указатели, соответствующие их заводской нумерации.

Контакты аппаратов, работающих в других схемах, на данной схеме обводятся тонкой сплошной (пунктирной) линией. Около нее

приводят обозначение и ссылку на номер схемы, в которую включен аппарат.

В таких случаях контакты аппаратов располагают на свободном поле чертежа в виде отдельной цепи.

Г. Оформление пояснительных материалов

Перечень элементов оформляется в виде таблицы со следующими размерами граф в миллиметрах:

- позиционное обозначение – 20;
- наименование – 110;
- количество – 10;
- примечание – 45.

Высота головки таблицы – 15 мм, строк – минимум 8 мм.

В перечень элементов вписывают всю аппаратуру и приборы данной схемы. Аппараты и приборы, контакты которых обведены тонкими линиями, в перечень данной схемы не вносятся, так как они учтены в перечнях соответствующих схем.

Приборы и аппараты, которые выбраны при разработке функциональных схем автоматизации и внесены в перечень, отмечаются в графе «Примечание» записью «Учтены в перечне черт ...».

На схемах, в которых используют многопозиционные аппараты (ключи, переключатели, программные устройства и т. д.), помещают диаграммы и таблицы переключений их контактов.

Электрические схемы управления сложными процессами могут быть дополнены на чертежах поясняющей технологической схемой. Поясняющую схему в большинстве случаев выполняют в упрощенном виде с указанием всех агрегатов, входящих в состав данного технологического узла и участвующих в данной электрической схеме.

На чертежах принципиальных электрических схем также приводятся примечания и пояснения к схемам. Пояснения расшифровывают назначение и наименование каждой электрической цепи. Они выполняются в виде таблиц, которые помещают справа или снизу рассматриваемой цепи в зависимости от горизонтального или вертикального размещения цепей.

В некоторых случаях могут быть приведены краткие текстовые пояснения принципа работы сложных схем.

Примечания к схемам содержат общие сведения, без которых невозможно установить взаимную связь материалов технической документации.

В примечаниях приводят:

- 1) номера заказных спецификаций на приборы и аппараты, занятые в данной схеме;
- 2) указания по применению данной схемы для нескольких агрегатов;
- 3) указания об изменениях монтажных схем аппаратов (при необходимости);
- 4) прочие сведения, необходимые в конкретном случае.

При размещении на одном чертеже нескольких схем над каждой из них указывают ее назначение.

ВЫПОЛНЕНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

А. Схемы управления электроприводами технологических механизмов

Схемы управления и автоматизации электроприводов обычно разрабатывают в проектах силового электрооборудования и электроснабжения промышленных предприятий. Управление технологическими механизмами с электроприводами неразрывно связано с автоматизацией большинства объектов. В этом случае требуется разработка отдельных схем управления этими электроприводами в составе проекта автоматизации технологических процессов.

Для электроприводов механизмов автоматизируемого технологического оборудования (насосов, вентиляторов, задвижек, клапанов и т. д.) в основном используются реверсивные и нереверсивные электродвигатели с короткозамкнутым ротором.

На рис. 4 показаны схемы электропитания реверсивного и нереверсивного асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.

Пуск производится путем включения обмотки статора на напряжение питания сети. Реверсирование двигателя *М1* осуществляется контактами магнитных пускателей *КМ1* и *КМ2*. Схемы управления могут питаться от главных цепей данного электродвигателя или других источников питания. От главных цепей обычно питаются

простые схемы управления, в том числе схемы управления электродвигателями исполнительных механизмов и электроприводов задвижек. В этих случаях при прочих равных условиях применяется фазное напряжение. Преимущество фазного напряжения 220В перед межфазным в 380В следующее: оно менее опасно, создает больше удобств при сочетании схем управления и сигнализации, расширяет возможности выбора аппаратуры.

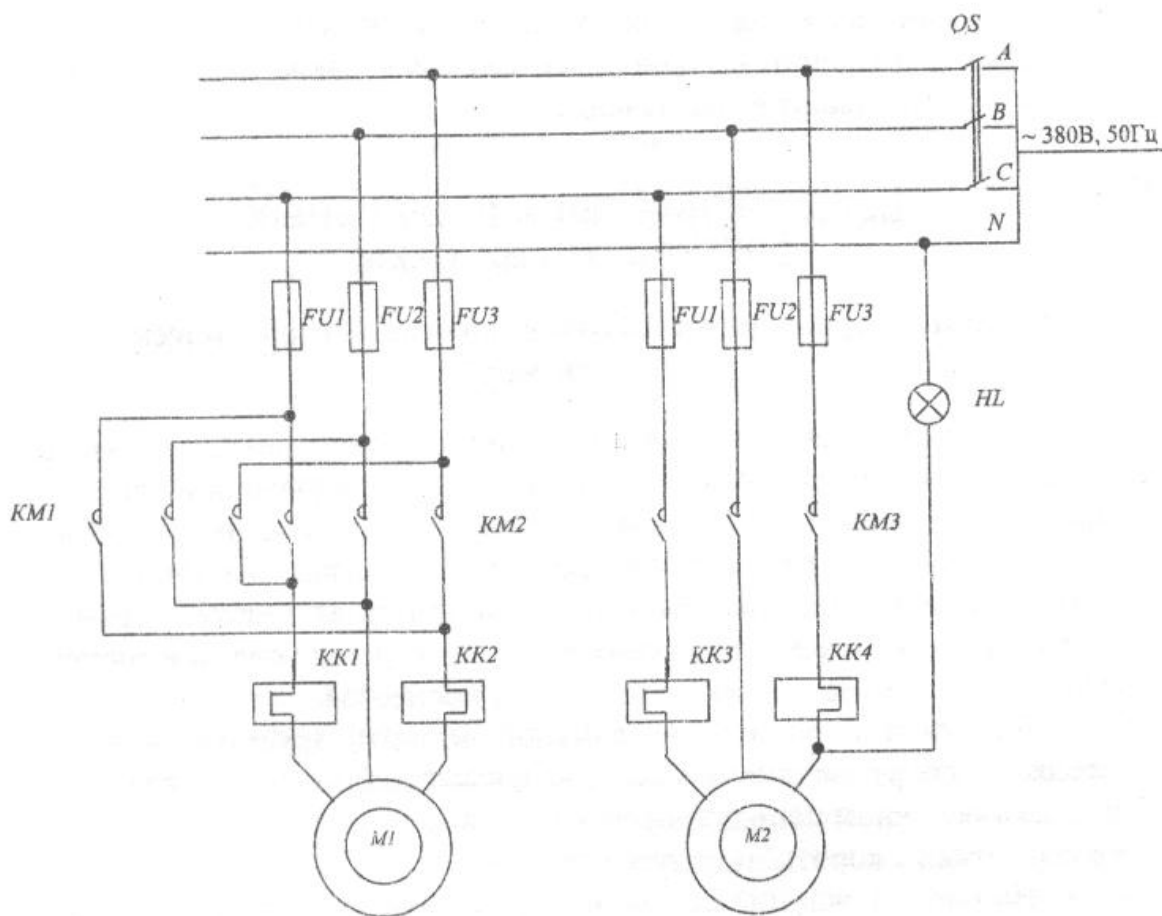


Рис. 4. Схема электропитания реверсивного *M1* и нереверсивного *M2* асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором

Рис. 4. Схема электропитания реверсивного *M1* и нереверсивного *M2* асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором

На рис. 5 приведена принципиальная электрическая схема управления реверсивным электродвигателем.

Электродвигатель *M* питается трехфазным переменным током напряжением 380В, маркировка фаз *A, B, C*. В цепь двигателя включены автоматический выключатель *QF*, контакты магнитных пускателей *KM1* и *KM2*, обмотка реле максимального тока *K2* (средняя фаза), нагревательные элементы двухфазного теплового реле *KK1* (крайние фазы).

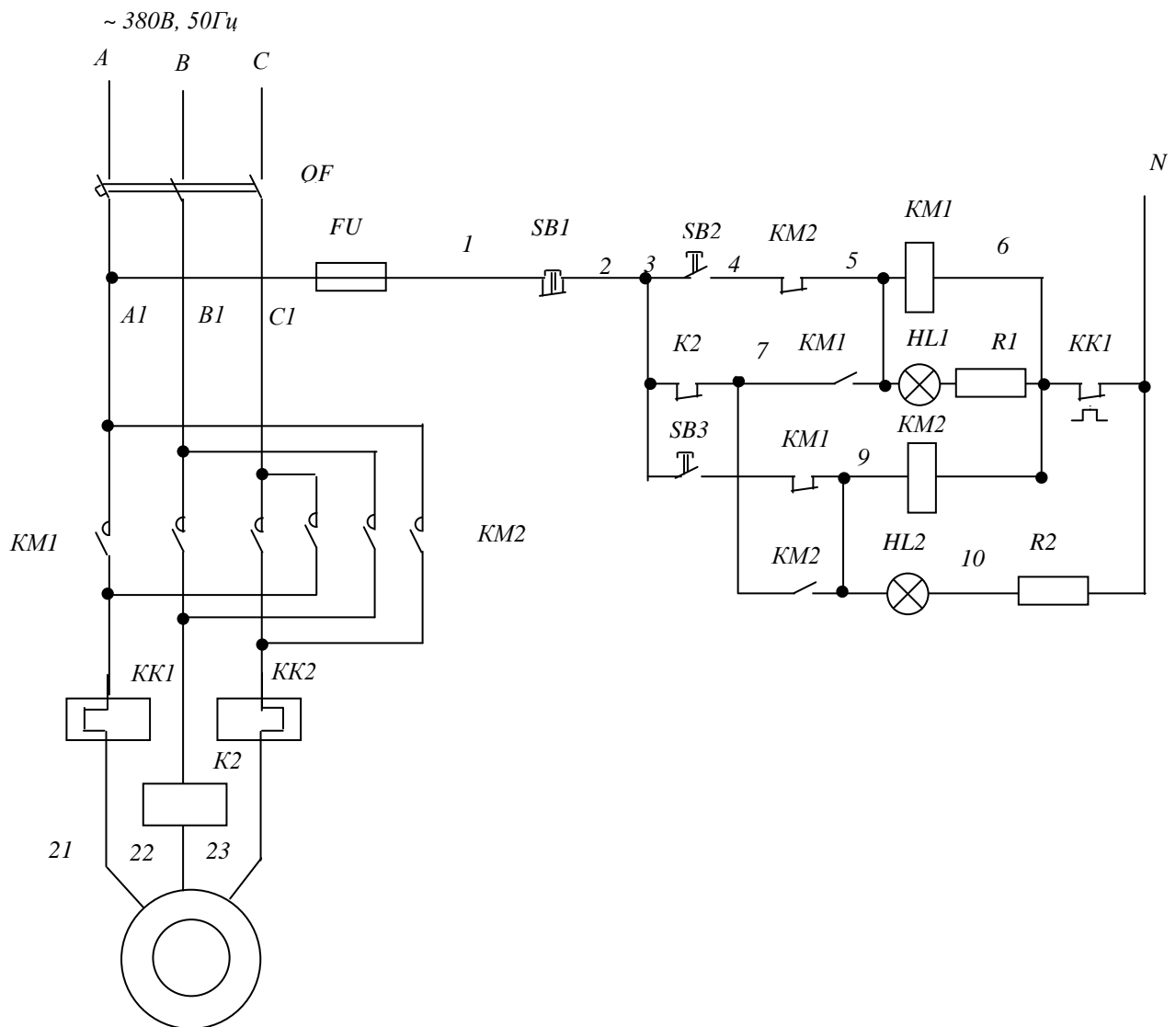


Рис. 5. Схема электрическая принципиальная управления реверсивным электродвигателем

Питание цепей управления однофазное двухпроводное (с одним фазным и одним нулевым проводом). Оно осуществляется от фазы *A1*

через предохранитель FU и размыкающий контакт кнопки «стоп» ($SB1$) с одной стороны и от нулевого провода – с другой.

Если из описания магнитного пускателя следует, что реле тепловой защиты входит в комплект магнитного пускателя, то это реле двухфазное, имеет одинаковое обозначение ($KK1$), и на схеме показывается только один контакт.

Реле $K2$ используется для защиты электродвигателя от перегрузок по току. Оно отключит электродвигатель раньше, чем отключится автоматический выключатель QF . Это объясняется тем, что, хотя установка реле $K2$, как правило, превышает номинальный ток автомата QF , реле срабатывает мгновенно, а автомат при небольших перегрузках имеет довольно большую выдержку времени.

При подаче команды на включение электродвигателя с помощью кнопок управления $SB2$ («ВПЕРЕД») и $SB3$ («НАЗАД») срабатывает соответствующий магнитный пускатель $KM1$ или $KM2$, который включает электродвигатель M . Для исключения одновременного включения обмоток магнитных пускателей $KM1$ и $KM2$ используется электрическая блокировка, выполненная путем введения в цепь питания обмотки магнитного пускателя $KM1$ размыкающего блок-контакта магнитного пускателя $KM2$, а в цепь питания $KM2$ – соответствующего блок-контакта магнитного пускателя $KM1$. Реверс возможен только после операции «СТОП» (кнопка управления $SB1$). Направление вращения двигателя определяется с помощью сигнальных ламп $HL1$ и $HL2$. При вращении двигателя в прямом направлении высвечивается лампа $HL1$, а в обратном – лампа $HL2$.

Схема организации управления электроприводами может предусматривать местное, дистанционное и автоматическое управления в различных сочетаниях. Наибольшее распространение получили структуры управления, предусматривающие: местное и дистанционное управление; местное и автоматическое управление; местное, дистанционное и автоматическое управление.

Местное управление электроприводом осуществляется оператором с помощью органов управления, например кнопочных постов, расположенных в непосредственной близости от механизма. Контроль за работой механизма производится оператором визуально или по слуху, а в производственных помещениях, где такой контроль

осуществить невозможно, применяется световая сигнализация положения.

При дистанционном управлении пуск и останов механизма электроприводом выполняется с поста управления. Объект находится вне поля зрения оператора, и его положение контролируется по сигналам: «Включено» – «Отключено», «Открыто» – «Закрыто» и т. п.

Автоматическое управление обеспечивается с помощью средств автоматизации технологических процессов, а также с помощью различных программных устройств, предусматривающих автоматическое управление электроприводами механизмов технологического оборудования.

Вид управления электроприводом (местное, автоматическое или дистанционное) выбирается с помощью переключателей цепей (переключателей вида управления), которые устанавливаются на местных, агрегатных и диспетчерских пунктах управления.

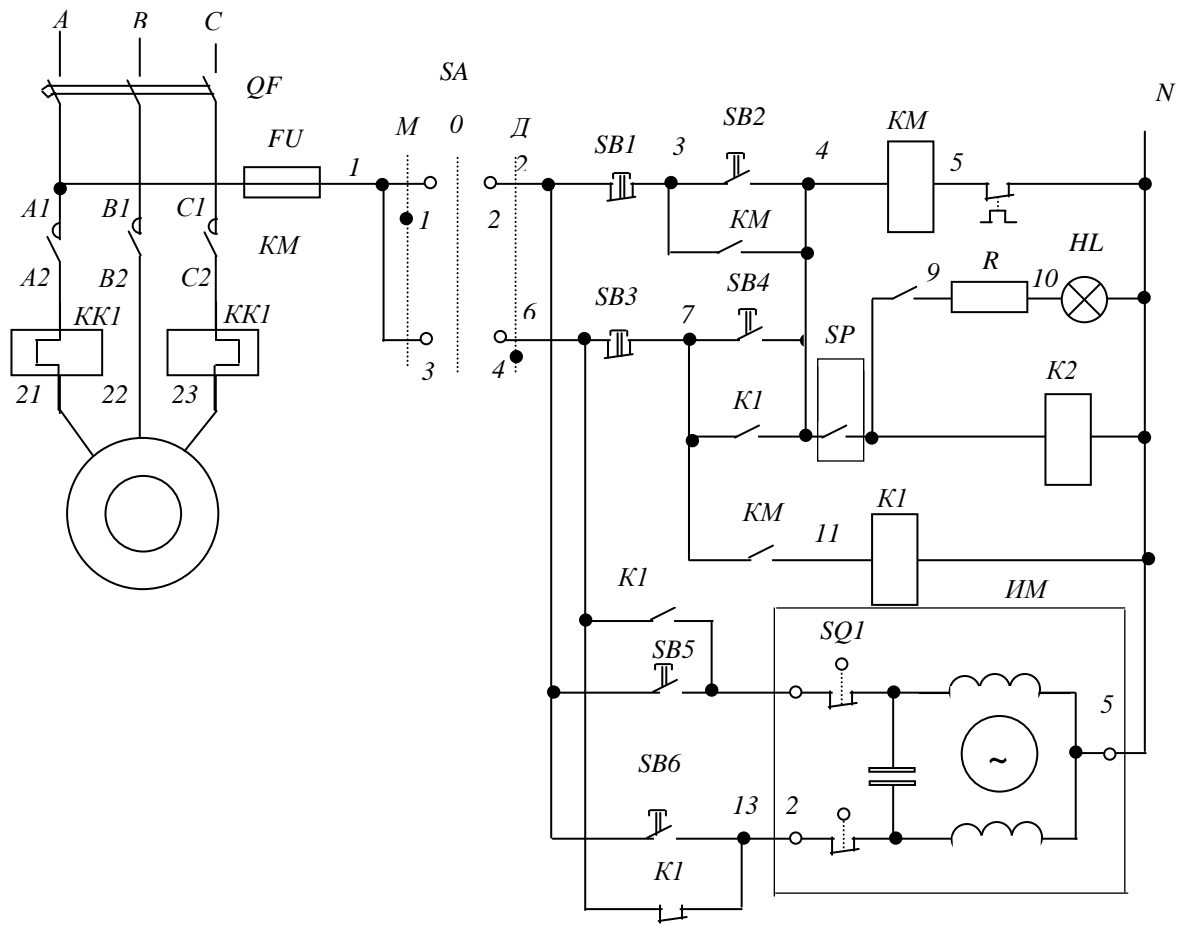
На рис. 6 приведена принципиальная электрическая схема управления электроприводом вентилятора.

Выбор вида управления производится переключателем управления *SA*, который имеет три положения: *М* – местное, *О* – отключено, *Д* – дистанционное.

При дистанционном управлении включение электродвигателя вентилятора *М* производится при помощи кнопки управления *SB4*, а отключение – кнопкой управления *SB3*. При нажатии кнопки управления *SB4* электропитание подается на катушку магнитного пускателя *KM*, который включает электродвигатель вентилятора и замыкающим контактом *KM* подает питание на промежуточное реле *K1*. Реле *K1* замыкающим контактом *K1* блокирует катушку магнитного пускателя, а другим замыкающим контактом включает исполнительный механизм утепленного клапана на открытие. Остановка исполнительного механизма происходит по срабатыванию конечного выключателя *SQ1*. Контроль работы вентилятора производится с помощью реле потока воздуха *SP*, которое при нормальной работе вентилятора через промежуточное реле *K2* включает сигнальную лампу *HL*. Электродвигатель вентилятора отключается кнопкой управления *SB3*. При ее нажатии обесточивается катушка магнитного пускателя *KM* и реле *K1*, гаснет сигнальная лампа *HL*. Катушка магнитного пускателя снимается с самоблокировки, а размыкающий контакт реле *K1* вклю-

чает исполнительный механизм на закрытие. Остановка исполнительного механизма происходит при срабатывании конечного выключателя *SQ2*.

При местном управлении включение электродвигателя вентилятора *M* производится при помощи кнопки управления *SB2*, а отключения – кнопкой *SB1*. Управление исполнительным механизмом производится при помощи кнопок *SB5* и *SB6*.



Выбор режима управления и управление двигателем вентилятора
Реле потока воздуха и сигнализация
Промежуточное реле
Управление утепленным клапаном

Рис. 6. Принципиальная электрическая схема управления электроприводом вентилятора

Б. Схемы технологического контроля и сигнализации

Схемы технологического контроля состоят из разомкнутых каналов, по которым информация о ходе технологического процесса поступает в пункт управления объектом. Простейший канал технологического контроля состоит из типовых серийных измерительных приборов и преобразователей. На системы с такими каналами технологического контроля принципиальные схемы не составляются. Для практической реализации подобных систем достаточно наличия функциональных, монтажных схем соединений.

Системы технологического контроля помимо измерений обеспечивают нормальное ведение рабочего процесса, для которого оператору достаточно всего двухпозиционной информации (параметр в норме – параметр вышел из нормы, механизм включен – механизм отключен и т. п.). Контроль этих параметров происходит на основе схем сигнализации. Световая сигнализация осуществляется с помощью различной сигнальной арматуры: сигнальных ламп, табло, светодиодов и т. п. При этом световой сигнал может быть воспроизведен ровным или мигающим светом. Звуковая сигнализация, как правило, выполняется с помощью звонков, гудков и сирен.

Системы сигнализации разрабатывают конкретно для данного объекта, поэтому всегда имеются их принципиальные схемы.

Эти схемы сигнализации по назначению делятся на следующие группы:

1) схемы сигнализации положения – для информации о состоянии технологического оборудования («Открыто» – «Закрыто», «Включено» – «Отключено» и т. д.);

2) схемы технологической сигнализации, фиксирующие такие технологические параметры, как температура, давление, расход, уровень, концентрация и т. д.

Схемы сигнализации положения выполняются для механизмов, которые имеют два или более рабочих положения. Наибольшее распространение получили варианты построения схем сигнализации положения (состояния) технологических механизмов:

1) схемы сигнализации, совмещенные со схемами управления;

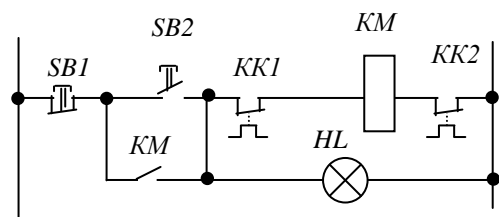
2) схемы сигнализации с независимым от схем управления питанием.

В схемах сигнализации, совмещенных со схемами управления, как правило, применяется сигнальная аппаратура различных размеров, допускающая прямое питание от цепей управления. Сигнализация положения (состояния) технологических механизмов в таких схемах может осуществляться одним или двумя световыми сигналами (ровным светом). Схемы, построенные с одним световым сигнализатором, информируют о включенном состоянии механизма. Они применяются, когда ход технологического процесса и его надежность допускают такую сигнализацию. Аппаратура, позволяющая в процессе эксплуатации периодически проверять исправность сигнализаторов, в таких схемах не предусматривается. Отсутствие надлежащего контроля в случае отказа сигнализатора может привести к ложной информации о состоянии механизма и нарушению нормального хода технологического процесса. Поэтому, во избежание ложной информации о состоянии технологического процесса, применяют схемы с двойной сигнализацией. Эти схемы применяют также для запорных механизмов (задвижек, заслонок, клапанов, шиберов и т. п.), так как в таких устройствах трудно обеспечить надежную сигнализацию двух рабочих положений («Открыто» – «Закрыто»).

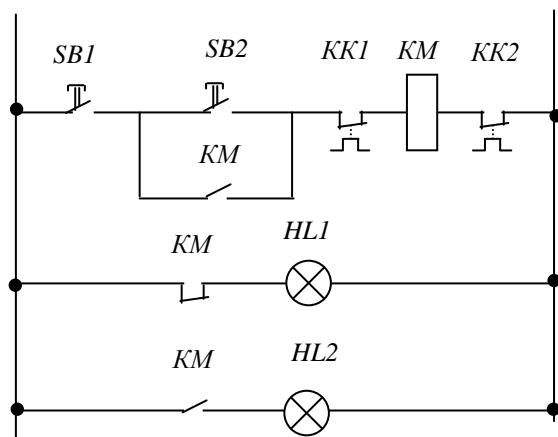
На рис. 7 приведены две схемы включения сигнальных ламп.

В первом случае (рис. 7, а) лампа *HL* горит, когда магнитный пускатель *KM* включен; неисправность лампы равносильна ложному сигналу, так как погашенная лампа сигнализирует об отключении. От этого недостатка свободны схемы с двумя лампами (рис. 7, б). В любом положении магнитного пускателя *KM* одна из них горит (*HL2* – пускатель включен, *HL1* – пускатель отключен). Если обе лампы погашены, то сигнализация неисправна.

На рис. 8 дан пример сигнализации «Включено» четырех магнитных пускателей *KM1*, *KM2*, *KM3* и *KM4* с помощью сигнальных ламп *HL1* – *HL4* с питанием, не зависимым от питания цепей управления.



а



б

Рис. 7. Примеры построения схем сигнализации, совмещенных со схемами управления

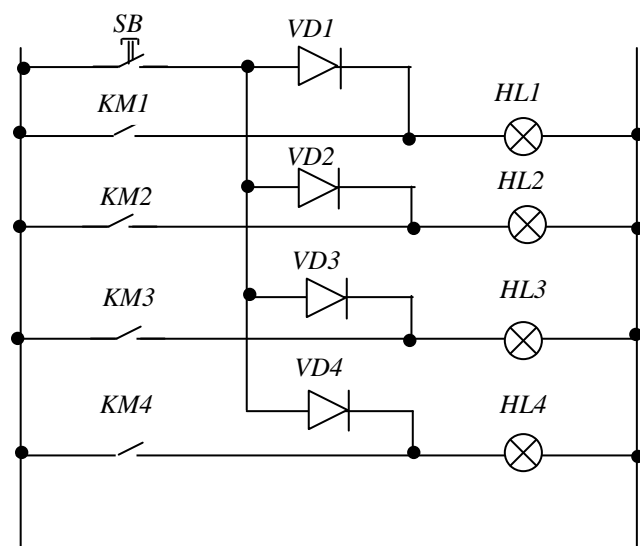


Рис. 8. Схема сигнализации с независимым питанием

Каждая лампа включается одним блок-контактом магнитного пускателя. Для проверки исправности всех ламп используется кнопка *SB*. Диоды *VD1–VD4* разделяют («развязывают») цепи сигнальных ламп. Если их мысленно заменить перемычками, то схема покажет, что цепи всех ламп будут соединены.

При проверке лампы будут светиться тускло, так как они питаются однополупериодным током, проходящим через диоды *VD1–VD4*.

Схемы технологической сигнализации оповещают обслуживающий персонал о нарушении нормального хода технологического процесса. Сигнализация воспроизводится ровным или мигающим светом и может сопровождаться звуковым сигналом. По назначению она может быть предупредительной и аварийной.

При сигнализации многих параметров (более 30) применяются схемы с миганием поступившего сигнала. Если число приборов менее 30, применяют схемы с ровным светом. Алгоритм работы схем технологической сигнализации следующий: при отклонении параметра от заданного или сверхдопустимого значения подаются звуковой и световой сигналы; звуковой сигнал снимают кнопкой съема звукового сигнала; световой сигнал исчезает при уменьшении отклонения параметра от допустимого значения. Пример такой схемы приведен на рис. 9.

Если контролируемые параметры технологического процесса в норме, то контакты *K3*, *K8* и *K20* разомкнуты: отсутствует световая и звуковая сигнализация (за исключением лампы *HL5*, которая может гореть при включенном насосе).

Отклонение любого контролируемого параметра от заданных пределов приводит соответственно к срабатыванию датчика и промежуточного реле (на схеме показаны только его контакты).

При срабатывании промежуточного реле один его контакт включает сигнальную лампу, а другой – звуковую сигнализацию. Чтобы отключить звонок *HA*, как ясно из схемы, надо включить реле *K6* ввиду того, что в цепь звонка введен размыкающий контакт именно этого реле. Для этого надо нажать кнопку *SB4*, так как, когда хотя бы один из контактов *K3*, *K8*, *K20* замкнут, питание будет подано на обмотку реле *K6*. При этом размыкается его размыкающий контакт в цепи звонка (звонок отключается) и замыкающий контакт реле *K6* шунтирует кнопку *SB4*, благодаря чему реле остается включенным и после отпускания кнопки. Сигнальные лампы остаются

включенными вплоть до нормализации контролируемых параметров. В этом случае все контакты $K3$, $K8$ и $K20$ должны быть разомкнуты, а следовательно, обесточивается реле $K6$. Оно снимается с самоблокировки (размыкается его замыкающий контакт), и замыкается его размыкающий контакт в цепи звонка HA . Схема опять находится в исходном состоянии.

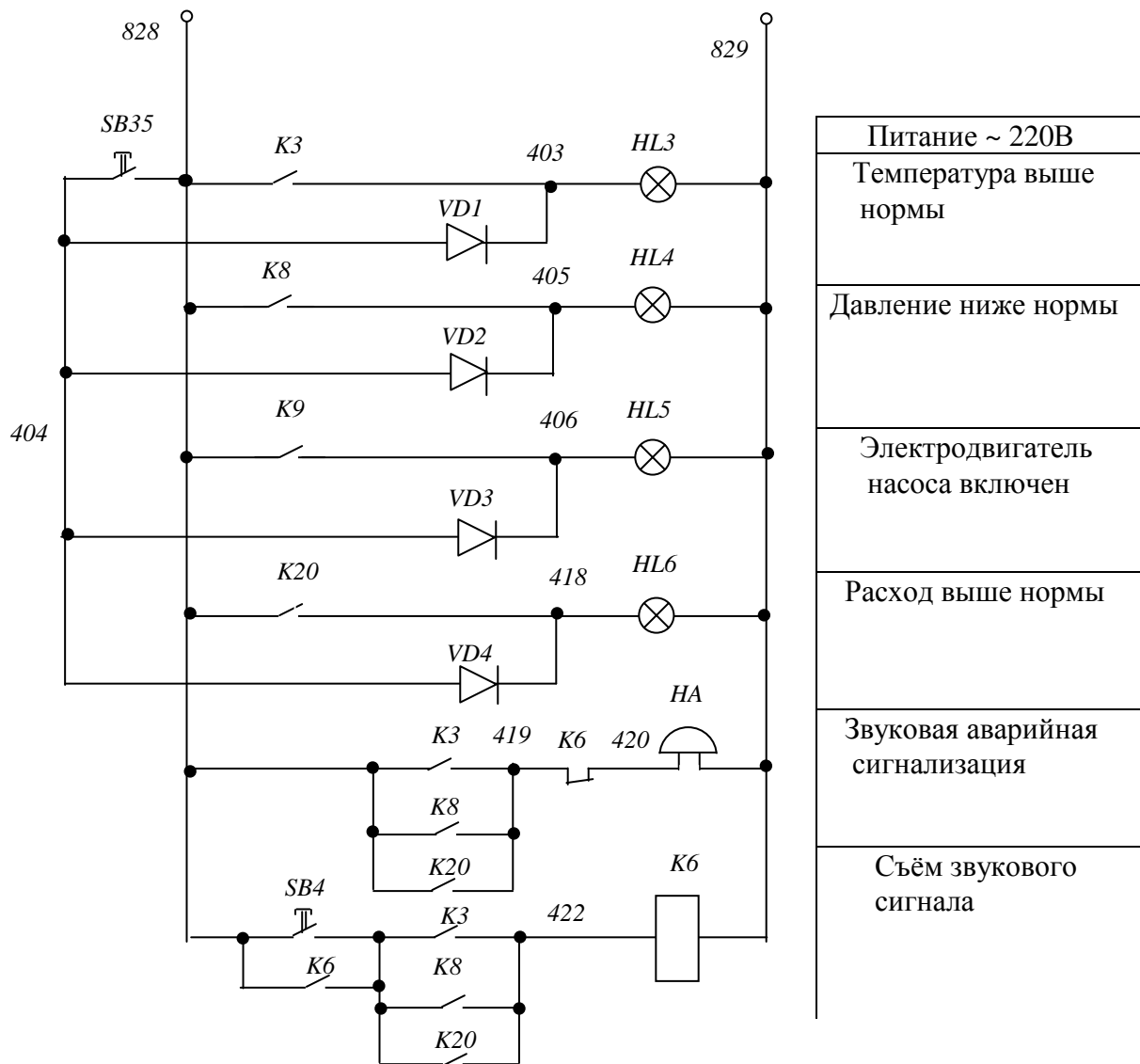


Рис. 9. Схема технологической сигнализации со звуковым сигналом

В. Схемы автоматического регулирования

Конкретное решение той или иной задачи автоматического регулирования находит отражение в его схемах. В принципиальных электрических схемах автоматического регулирования с помощью условных графических обозначений изображаются все элементы систем автоматизации, осуществляющих автоматическое регулирование одного или нескольких взаимосвязанных технологических параметров: датчиков, преобразователей, модулей, обеспечивающих функции логических операций, переключателей видов управления (автоматического, отключенного, ручного) и т. п.

Датчики в схемах изображаются либо с помощью обозначений, принятых по ГОСТ 21.404–85, либо с помощью прямоугольников произвольных размеров, внутри которых могут быть изображены резисторы, катушки индуктивности и другие элементы, имитирующие принцип действия датчика.

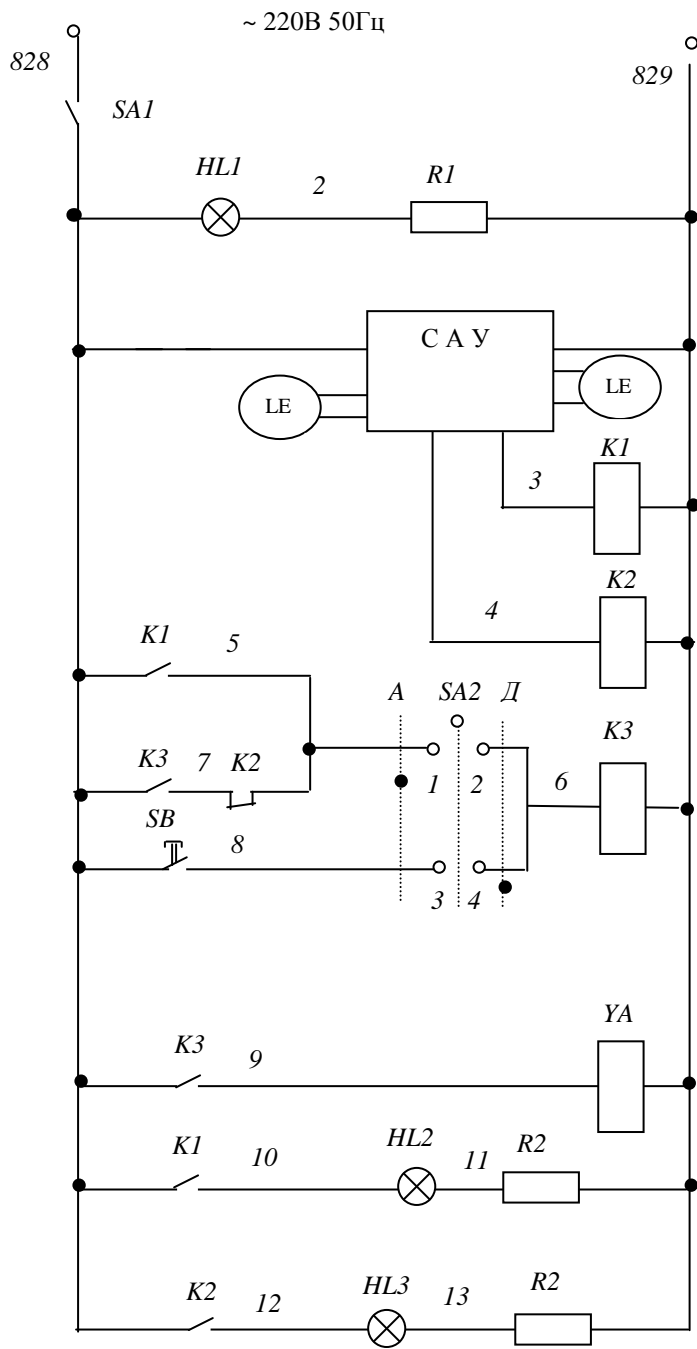
Сложные комбинированные приборы и регулирующие устройства (контроллеры), как правило, изображают только в виде прямоугольников с пронумерованными в соответствии с заводской маркировкой внешними контактами (зажимами). Внутри прямоугольников принципиальные электрические схемы этих средств автоматизации ввиду их сложности не показывают. Для пояснения общего принципа действия иногда внутри прямоугольников изображают упрощенные принципиальные схемы отдельных блоков. В остальных случаях в прямоугольниках показывают только колодки зажимов, штепсельные разъемы и обозначают тип средства автоматизации.

Электрические схемы исполнительных механизмов изображают как в развернутом, так и в упрощенном виде, а кинематические – только в упрощенном.

Электрические схемы автоматического регулирования технологических процессов строят на базе стандартных регулирующих устройств.

Ниже приведены и рассмотрены примеры схем автоматического регулирования с применением наиболее распространенных приборов и устройств.

На рис. 10 представлена принципиальная электрическая схема системы, реализующей двухпозиционный закон регулирования уровня продукта в резервуаре. Заполнение резервуара регулируется электромагнитным вентилем, установленным на подающем трубопроводе.



Контроль питания	
Измерение уровня	Контроль уровня продукта в резервуаре
Реле нижнего уровня	
Реле верхнего уровня	
Автоматическое регулирование	Режимы работы
Ручное дистанционное управление вентилем	
Управление вентилем подачи продукта в резервуар	
Сигнализация нижнего уровня	
Сигнализация верхнего уровня	

Рис. 10. Схема электрическая принципиальная автоматического регулирования и сигнализации уровня в резервуаре

При подаче напряжения (ключ $SA1$) на щите управления загорается сигнальная лампа $HL1$. Для работы системы в автоматическом режиме необходимо установить ключ управления $SA2$ в положение «А». При опускании уровня в резервуаре до нижнего срабатывает выходное устройство сигнализатора уровня САУ, подающего напряжение питания на обмотку реле $K1$. Реле срабатывает и одним своим замыкающим контактом включает сигнальную лампу $HL2$, а другим включает реле $K3$. Реле $K3$ срабатывает и самоблокируется через собственный замыкающий контакт $K3$ и размыкающий контакт реле верхнего уровня $K2$. Одновременно с этим другим своим замыкающим контактом реле $K3$ подает питание на электромагнитный вентиль YA . Вентиль открывается, и продукт поступает в резервуар. При превышении значения уровня продукта L_{\min} (нижний уровень) отключается реле $K1$ и размыкаются все его замыкающие контакты. Сигнальная лампа $HL2$ погаснет. Однако за счет самоблокировки реле $K3$ будет продолжать оставаться во включенном состоянии и продукт будет продолжать поступать в резервуар. При достижении продуктом верхнего уровня L_{\max} срабатывает реле верхнего уровня $K2$, которое своим замыкающим контактом включает сигнальную лампу $HL3$, а размыкающим контактом разрывает цепь самоблокировки реле $K3$. Реле $K3$ отключается, размыкаются его замыкающие контакты и цепь питания электромагнитного вентиля YA . Он закрывается, и подача продукта в резервуар прекращается.

Кнопка SB позволяет осуществить ручное дистанционное управление электромагнитным вентилем YA (ключ управления $SA2$ находится в положении «Д»).

На рис. 11 представлена принципиальная электрическая схема системы управления пароварочной камерой. Ее функциональная схема приведена в [4].

После загрузки камеры рамами с колбасными изделиями в один из батонов помещается датчик (игольчатая термопара) и дверь камеры закрывается.

Выключатели $SA2$ и $SA3$ устанавливаются в положение «Включено», чем обеспечивается подача электрического питания на измерительные приборы $TPM2$ и $TPM3$.

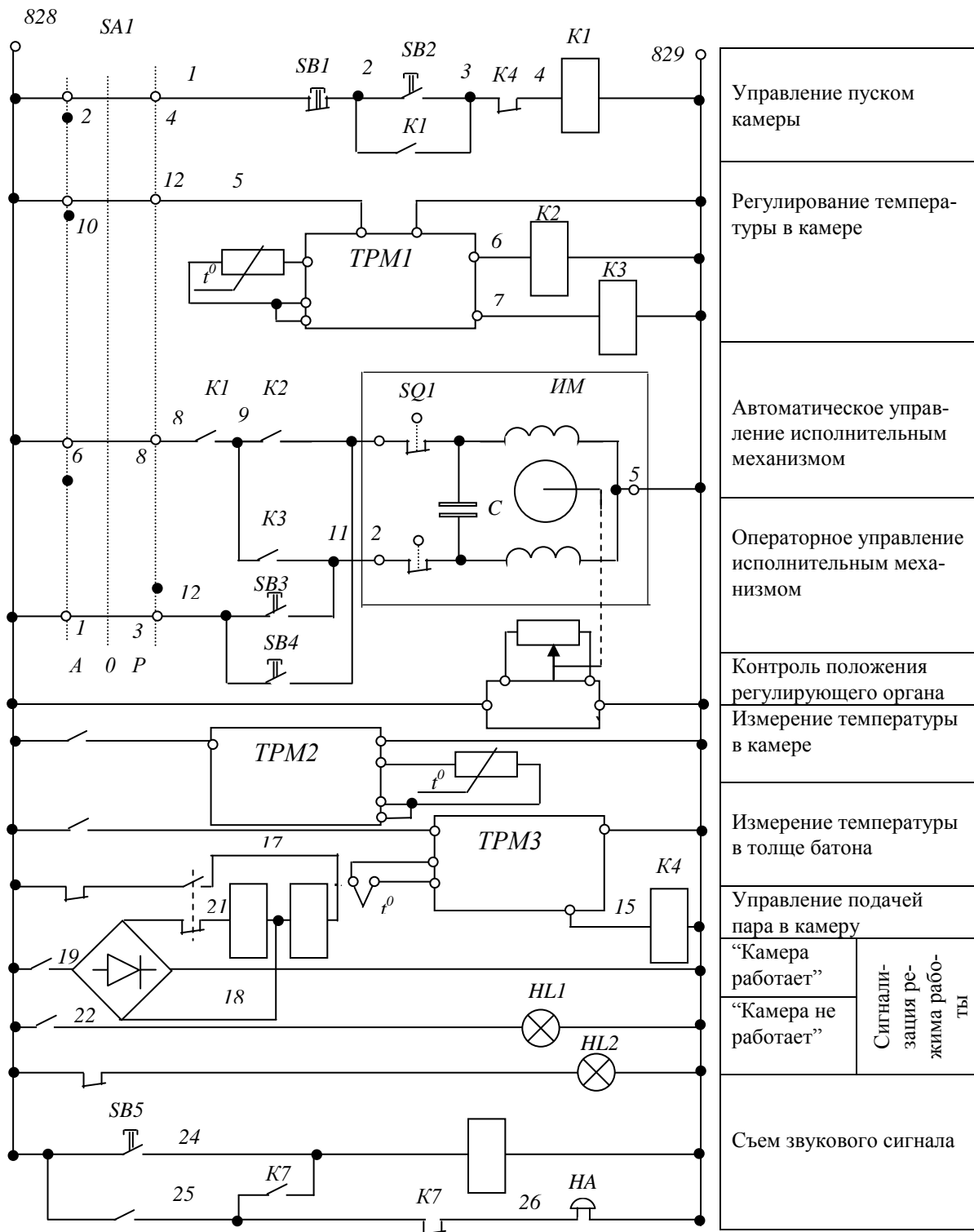


Рис. 11. Схема электрическая принципиальная системы управления пароварочной камерой

Для работы камеры в автоматическом режиме ключ управления *SA1* необходимо установить в положение «А». При нажатии на кнопку *SB2* срабатывает реле *K1*. При этом один его замыкающий контакт шунтирует кнопку пуска *SB2*, другой готовит цепь управления исполнительным механизмом *ИМ*, а третий подает электрическое питание на силовую обмотку *K6* электромагнитного клапана, который при срабатывании становится на механическую защелку, открывая подачу пара в камеру. При этом замыкается цепь сигнальной лампы *HL1* – «Камера работает». Поддержание заданной температуры в камере обеспечивается автоматическим регулятором, в комплект которого входят: измеритель-регулятор температуры *TPM1* с датчиком температуры (термометром сопротивления) и электродвигательный исполнительный механизм *ИМ*. В зависимости от сигнала ошибки могут срабатывать реле *K2* или *K3*, которые своими замыкающими контактами будут управлять работой исполнительного механизма на увеличение или уменьшение подачи пара в камеру.

Величина открытия контролируется по указателю положения *УП* в процентах хода регулирующего органа (% ХРО). При достижении заданной температуры в толще батона срабатывает реле *K4*, замыкающий контакт которого замыкает цепь звуковой сигнализации (включает звонок *HA*). Размыкающий контакт разорвет цепь управления, чем вызовет обесточивание реле *K1*. При этом разрывается цепь питания исполнительного механизма, а через размыкающий контакт реле *K1* подается питание на обмотку *K5* электромагнита защелки. При срабатывании электромагнитного клапана прекращается подача пара в камеру. Одновременно с этим размыкается цепь сигнальной лампы *HL1* и замыкается цепь лампы *HL2* – «Камера не работает». Для снятия звукового сигнала предназначена кнопка *SB5*. При нажатии на нее срабатывает реле *K7*, которое своим размыкающим контактом разрывает цепь питания звонка *HA*, замыкающим же шунтирует кнопку *SB5*.

В режиме ручного регулирования температуры в камере ключ управления *SA1* устанавливается в положение «Р». Для увеличения подачи пара в камеру нажимается кнопка *SB3* – «Открытие», а для уменьшения – «Закрытие». Величина открытия контролируется указателем положения *УП*. Температура в камере контролируется по показаниям прибора *TPM2*. При достижении в толще батона заданной

температуры, что контролируется оператором по показаниям прибора *ТРМЗ*, подача пара в камеру прекращается нажатием кнопки *SB4*.

Г. Электрические схемы питания

Система электропитания, как правило, состоит из питающей и распределительной сетей. Питающая сеть связывает источники питания автоматизируемого объекта со щитами и сборками питания системы автоматизации. Распределительная сеть связывает щиты и сборки питания системы автоматизации с отдельными ее электроприемниками.

Распределительные сети, как правило, радиальные, т. е. каждый электроприемник присоединяется к соответствующему щиту или сборке отдельной радиальной линией.

Принципиальные электрические схемы питания для питающей и распределительной сетей выполняются отдельно, но если схема распределительной сети состоит из небольшого числа групп питания, то она может быть совмещена на одном чертеже со схемой питающей сети.

Аппаратура управления питающей и распределительной сетей должна обеспечивать включение и отключение электроприемников и участков сетей в нормальном режиме работы, а также надежное отсоединение всей вышеуказанной системы для ревизий и ремонтных работ, защиты от всех видов коротких замыканий и перегрузки.

Схема питающей сети выполняется, как правило, в однолинейном изображении. На ней указаны аппараты управления и защиты, устанавливаемые как со стороны источников питания, так и со стороны щитов системы автоматизации и электрические связи между ними. Аппараты управления и защиты на схеме питающей сети имеют буквенно-цифровое обозначение.

Схема распределительной сети выполняется в многолинейном изображении отдельно для каждого щита управления. На ней показываются аппараты управления (рубильники, выключатели, переключатели), аппараты защиты (автоматы, предохранители), преобразователи (выпрямители, трансформаторы, стабилизаторы и т. п.), лампы освещения, штепсельные розетки и линии электрической связи между аппаратами. У изображения аппаратов указывают их буквенно-цифровое обозначение. У трансформаторов также указывают высшее и низ-

шее напряжения, а у выпрямителей и стабилизаторов – род тока, высшее и низшее напряжения.

В нижней части схемы распределительной сети обычно помещают таблицу, в которой перечисляют все электроприемники, питающиеся с данного щита, с указанием их позиций по заказным спецификациям, потребляемой мощности, напряжению и месту установки. Все цепи на схеме маркируются.

На рис. 12 приведен пример совмещенной схемы питающей и распределительной сетей.

Питающая сеть выполнена в однолинейном изображении. Она магистральная, двухпроводная, что следует из условного обозначения числа проводов на линиях, обозначающих сборки и линии связи (число проводов помечено двумя штрихами). Вводный выключатель щита *КИПиА* имеет обозначение *SA1*, номинальное напряжение 220В. Предохранитель *FU1* имеет номинальный ток 10А (числитель), показатель плавкой вставки 4А указан в знаменателе.

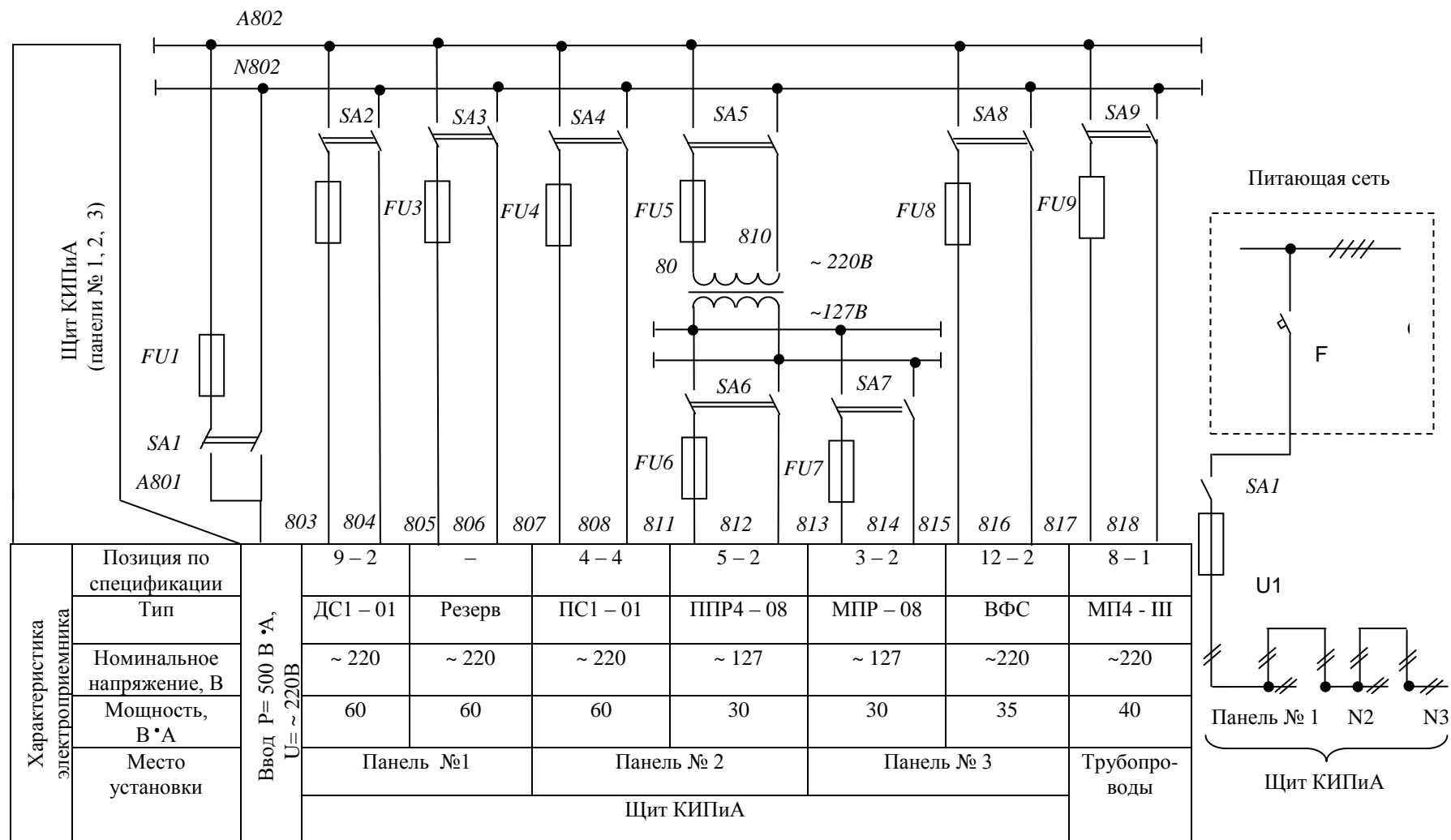


Рис. 12. Пример совмещенной схемы питающей и распределительной сетей

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 2.701–84 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справ. М.: Изд-во стандартов, 1992. – 315 с.
2. ГОСТ 2.104–68 ЕСКД. Основные надписи. ЕСКД. Основные положения. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 371 с.
3. Ключев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А.Х. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. – М.: Энергия, 1980. – 512 с.
4. Смирнов М.Е. Автоматизация производственных процессов в мясной промышленности: Учеб. пособие. – Л.: ЛТИХП, 1983. – 72 с.

Лаврищев Илья Борисович
Кириков Алексей Юрьевич
Добряков Владимир Александрович

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Методические указания
к практическим занятиям
по курсовому проектированию
для студентов специальности 210200
и направления 550200

Редактор

Р.А. Сафарова

Корректор

Н.И. Михайлова

Подписано в печать 27.12.2004. Формат 60×84 1/16.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,49. Печ. л. 3,75. Уч.-изд. л. 3,63
Тираж 200 экз. Заказ № С 30

СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9
ИПЦ СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9