

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Б.Ф. Лелюх

СПЕЦГЛАВЫ ПО АВТОМАТИКЕ

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
Научно-методическим советом Юргинского
технологического института (филиала)
Томского политехнического университета*

Издательство
Томского политехнического университета
2011

УДК 631.3.004.67
ББК 40.72.723
Л69

Лелюх Б.Ф.

Л69 Спецглавы по автоматике: учебное пособие / Б.Ф. Лелюх; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 179 с.

В пособии дано описание наиболее распространённых средств и систем автоматизации (в том числе бесконтактных на интегральных элементах), управления и регулирования производственных процессов. Особое внимание уделено специальным отраслевым приборам и автоматизации специфичных производств: элеваторов, мукомольных и комбикормовых заводов.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности «Технология обслуживания и ремонта машин в агропромышленном комплексе».

**УДК 631.3.004.67
ББК 40.72.723**

Рецензенты

Кандидат технических наук, доцент Кем.ГСХИ
А.П. Сырбаков

Кандидат технических наук, доцент Кем.ГСХИ
А.А. Леонов

© ГОУ ВПО НИ ТПУ Юргинский технологический институт (филиал), 2011
© Лелюх Б.Ф., 2011
© Обложка. Издательство Томского политехнического университета, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
РАЗДЕЛ 1	
СХЕМЫ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ	10
Глава 1. Понятие о проекте и схемах автоматизации	10
§ 1. Условные обозначения в электрических схемах	12
§ 2. Построение и техника чтения электрических схем	15
§ 3. Основные понятия об анализе и синтезе релейных схем и надежности	19
Вопросы к главе 1.	19
Глава 2. Измерительные преобразователи автоматических устройств	20
§ 1. Измерительные преобразователи положения (линейных перемещений)	20
§ 2. Измерительные преобразователи уровня сыпучих материалов	22
§ 3. Измерительные преобразователи частоты вращения рабочих органов механизмов и давления	28
§ 4. Измерительные преобразователи температуры	30
§ 5. Оптические (световые) преобразователи	34
Вопросы к главе 2.	37
Глава 3. Реле	38
§ 1. Параметры реле и контактов	39
§ 2. Электромагнитные реле	41
Вопросы к главе 3.	45
Глава 4. Коммутационные переключающие устройства	46
§ 1. Ключи и переключатели	46
§ 2. Кнопки и кнопочные станции	49
§ 3. Командоаппараты и шаговые искатели	50
Вопросы к главе 4.	53
Глава 5. Логические элементы	54
§ 1. Элементы управления серии «Логика-Т»	55
§ 2. Элементы управления серии «Логика-И»	63
§ 3 Организация связей логических устройств управления	89
Вопросы к главе 5.	91

Глава 6. Автоматические регуляторы	92
§ 1. Классификация автоматических регуляторов	93
§ 2. Электрические регуляторы приборного типа	101
§ 3. Электрические регуляторы аппаратного типа	101
§ 4. Комбинированные преобразователи	103
Вопросы к главе 6.	104
Глава 7. Специальные отраслевые приборы	105
§ 1. Приборы для определения белизны муки	105
§ 2. Влагомеры	107
§ 3. Дозаторы зерна и мучнистых продуктов	109
Вопросы к главе 7.	111
Глава 8. Исполнительные механизмы	112
§ 1. Электрические исполнительные механизмы	112
§ 2. Гидравлические исполнительные механизмы	115
§ 3. Пневматические исполнительные механизмы	116
Вопросы к главе 8.	117
Глава 9. Комплектные средства автоматики	118
§ 1. Комплектные устройства управления электроприводом	118
§ 2. Щиты и пульты управления	121
Вопросы к главе 9.	124
РАЗДЕЛ 2	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	125
Глава 10. Автоматизация элеваторов	127
§ 1. Схемы управления маршрутами в СДАУ	132
§ 2. Принципиальные электрические схемы управления узлами связи	140
§ 3. СДАУ на бесконтактных элементах	142
§ 4. Дистанционный и автоматизированный контроль температуры зерна в силосах элеватора	145
§ 5. Элементы автоматизированного контроля и управления сушкой зерна	150
Вопросы к главе 10.	153
Глава 11. Автоматизация мукомольных заводов	154
§ 1. Автоматизация на мукомольных заводах с комплектным оборудованием	154

§ 2 Элементы АСУ ТП на мукомольных заводах	157
§ 3. Использование бесконтактных логических элементов в схемах автоматизации пакетоформирующих машин	163
Вопросы к главе 11.	164
Глава 12. Автоматизация комбикормовых заводов	165
§ 1 Автоматизированное управление процессом измельчения зерна на дробилках с использованием системы на бесконтактных логических элементах	166
§ 2. Автоматизированное управление процессами дозирования и смешивания компонентов комбикормов	170
§ 3. АСУ ТП на комбикормовых заводах	175
Вопросы к главе 12.	177
Список литературы	178

ВВЕДЕНИЕ

Стратегической задачей инженера на любой ступени его карьеры является ускорение научно-технического прогресса на его предприятии путём повышения уровня интенсификации, внедрения прогрессивной технологии, обновления техники, широкого применения средств автоматизации и вычислительной техники.

Современное хлебоприёмное предприятие (ХПП), элеваторы, мукомольные, крупяные и комбикормовые заводы представляют собой предприятия с непрерывными, сложными, многофакторными технологическими процессами. Все технологические операции на них механизированы и, в основном, автоматизированы.

На ХПП и зерноперерабатывающих предприятиях в зависимости от выполняемых функций используют следующие виды автоматизации:

- автоматический контроль и защиту,
- дистанционное управление,
- автоматическое регулирование.

Автоматический контроль включает в себя автоматические сигнализации, измерение и сбор информации.

Автоматическая сигнализация предназначена для оповещения обслуживающего персонала о предельных или аварийных значениях каких-либо физических параметров, о месте и характере нарушений технологического процесса (ТП). В качестве сигнальных устройств применяют лампы, звонки, сирены и сигнальные мнемонические указатели.

Автоматическое измерение предназначено для измерения и передачи на специальные приборы значений физических величин, характеризующих ТП и работу машин.

Автоматический сбор информации предназначен для получения информации о ходе ТП, о качестве и количестве выпускаемой продукции и для дальнейшей обработки, хранения и выдачи информации обслуживающему персоналу.

Автоматическая защита представляет собой совокупность технических средств, которые при возникновении ненормальных или аварийных режимов либо останавливают производственный процесс, либо автоматически устраняют неполадки. Автоматическая защита включает в себя также автоблокировку, предотвращая недопустимые одновременные включения или нарушения логической последовательности включений и других недопустимых действий, влекущих за собой повреждения или аварии.

Дистанционное управление (ДУ) включает в себя методы и технические средства управления установками и объектами на расстоянии.

Команды на управление подаются обслуживающим персоналом по электрическим соединительным проводам посредством кнопок, ключей, тумблеров и контроллеров.

Автоматическое управление (АУ) состоит из комплекса технических средств управления объектами с минимальным участием обслуживающего персонала. АУ включает в себя следующие функции: пуск и остановку основного оборудования, включение и отключение вспомогательных устройств, обеспечение безаварийной работы, соблюдение требуемых значений параметров, соответствующих оптимальному ходу ТП.

Автоматическое регулирование (АР) является частью АУ. Под АР понимают процесс автоматического поддержания какого-либо параметра, например: температуры, расхода, напряжения и т.п. на оптимальном уровне или в определённой зависимости от другого параметра. АР осуществляется специальными устройствами – автоматическими регуляторами.

Сочетание АУ с управляемым объектом называется автоматической системой управления (АСУ). В АСУ с замкнутой цепью воздействия (с обратной связью) управляющее воздействие вырабатывается сравнением истинного значения управляемой величины с предписанным значением. Такие системы называются автоматическими системами регулирования (АСР).

По степени автоматизации производства, хранения и переработки зерна различают автоматизацию частичную, комплексную и полную. Примером частичной автоматизации может служить диспетчерское автоматическое управление (ДАУ) элеватора с установкой дистанционного контроля температуры зерна в силосах. ДАУ мельницы с дистанционным контролем расхода, влажности и белизны муки.

При комплексной автоматизации весь автоматизированный участок представляет собой единую взаимосвязанную систему производственных операций.

При полной автоматизации обеспечивается автоматизация основных и вспомогательных участков производства, включая систему управления.

В агропромышленном комплексе (АПК) создано множество специализированных средств автоматического контроля: первичных преобразователей уровня сыпучих материалов, определителей влажности зерна, белизны муки и т.д., анализаторов состава атмосферы в помещениях для скота, определителей жирности молока и пр.

В данном учебном пособии рассматриваются современные конструкции, схемы и принципы действия современных средств автоматики,

специальных измерительных преобразователей, локальных схем автоматики, управления и регулирования, современных технических решений автоматизации производственных процессов на предприятиях хранения и переработки зерна с применением бесконтактных логических элементов.

С целью приобщения студентов к профессионально специфичной терминологии, выработке ими навыков производственного общения, а также для уменьшения объёма пособия, ниже приводятся широко распространённые сокращения, предусмотренные государственными стандартами.

Условные сокращения:

АСУ	– автоматизированная система управления;
АСУ ТП	– автоматизированная система управления технологическим процессом;
АСР	– автоматическая система регулирования;
АЛУ	– арифметико-логическое устройство;
АССВ	– подсистема автоматической стабилизации и контроля влажности при гидротермической обработке зерна;
АСПС	– подсистема автоматической стабилизации оптимального расхода и качества помольных смесей;
АСЦКВК	– подсистема централизованного контроля и управления выходами и качеством готовой продукции;
АЦПУ	– алфавитно-цифровое печатающее устройство;
БИС	– большая интегральная схема;
ДАУ	– диспетчерское автоматизированное управление;
ИАСУ	– интегрированная АСУ;
ИС	– интегральная схема;
КОП	– код операции;
ЛАСК	– локальная автоматическая система контроля;
ЛАСР	– локальная автоматическая система регулирования;
МС	– монтажная схема;
НГМД	– накопитель на гибких магнитных дисках;
НМД	– накопитель на магнитном диске;
НМЛ	– накопитель на магнитной ленте;
ОЗУ	– оперативное запоминающее устройство;
ОКВОЗ	– подсистема оперативной корректировки времени отволаживания;
ОС	– операционная система;
ПО	– программное обеспечение;
ПЗУ	– постоянное запоминающее устройство;

ПТС	– поточно-транспортная система;
ПТЭ	– правила технической эксплуатации;
ПТБ	– правила техники безопасности;
ПУЭ	– правила устройства электроустановок;
ПХПЗ	– предприятия хранения и переработки зерна;
ПЭС	– принципиальная электрическая схема;
РОН	– регистр общего назначения;
РП	– распределительный пункт;
РАС	– реле аварийной сигнализации;
САС-Б	– подсистема автоматической стабилизации белизны муки по сортам;
САС-Д	– подсистема автоматической стабилизации доувлажнения зерна перед первой драной технологической системой;
САС-Р	– подсистема автоматической стабилизации подачи зерна на первую драную технологическую систему;
САУМ	– система автоматизированного управления мельничным оборудованием;
СДАУ	– система диспетчерского автоматизированного управления;
СПДС	– система проектной документации в строительстве;
УУ	– устройство управления;
УО	– управляемый объект;
ЦП	– центральный процессор;
ЭЛТ	– электронно-лучевая трубка.

РАЗДЕЛ 1. СХЕМЫ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

Различные схемы показывают, как соединяются между собой все используемые приборы, средства автоматизации, элементы электрических, пневматических и гидравлических устройств.

Схемы поясняют работу отдельных участков, и всей системы управления объектами в целом, а при эксплуатации помогают выявить неисправности.

Средства автоматизации – это электротехнические устройства, с помощью которых осуществляется контроль, управление и регулирование технологических процессов.

Глава 1. Понятие о проекте и схемах автоматизации

Монтаж, наладка и эксплуатация средств и систем автоматизации ведутся в соответствии с проектами автоматизации, схемами и чертежами, которые выполняет проектная организация. Состав и содержание проектной документации определяются строительными нормами (СН), строительными нормами и правилами (СНиП) и ведомственными строительными нормами (ВСН). Для системы проектной документации в строительстве, являющейся унифицированной системой правил выполнения проектов, разрабатываются ГОСТы, которые дополняются государственными стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Проектирование систем автоматизации технологических процессов осуществляют в одну или две стадии. Одностадийное проектирование (рабочий проект со сводным сметным расчетом) осуществляют по типовым и повторно применяемым проектам или для технически несложных объектов. Двухстадийное – для вновь осуществляемых решений, для крупных и сложных объектов. Двухстадийное проектирование предусматривает выполнение проекта со сводным сметным расчетом стоимости и рабочей документации со сметами.

Проект включает:

- структурную схему управления и контроля;
- функциональные схемы автоматизации технологических процессов (ТП);
- планы расположения пультов, щитов и т.п.;
- заявочные ведомости для заказа оборудования и материалов;
- карточки на заказ разработок новых средств автоматики (при необходимости);
- технические требования на разработку нестандартного оборудо-

вания;

- смету на приобретение и монтаж технических средств систем автоматизации;
- задания на разработки, связанные с автоматизацией, в части строительных конструкций, энергообеспечения, закладных устройств и т.д.

В рабочую документацию входят:

- структурная схема управления и контроля;
- функциональная схема автоматизации ТП;
- принципиальные электрические, пневматические, гидравлические схемы контроля, автоматического регулирования, управления, сигнализации и питания;
- общие виды щитов и пультов;
- монтажные схемы щитов и пультов;
- монтажные электрические схемы;
- схемы внешних электрических и трубных проводок;
- планы расположения средств автоматизации, электрических и трубных проводок;
- нетиповые чертежи установки средств автоматизации;
- общие виды нестандартного оборудования;
- пояснительная записка;
- заказные спецификации приборов и средств автоматизации, электроаппаратуры, щитов, пультов, трубопроводной арматуры, кабелей и проводов, основных материалов и изделий, нестандартного оборудования.

В состав рабочего проекта, кроме указанного, входит смета на приобретение и монтаж оборудования и материалов.

По видам схемы подразделяют на электрические, пневматические, гидравлические и комбинированные. Наибольшее распространение в практике автоматизации ПХПЗ получили электрические средства, в связи с чем наиболее широкое распространение получили электрические схемы.

По типам схемы подразделяют:

- *на структурные*, показывающие укрупненно структуру системы управления и взаимосвязи между пунктами контроля и управления объектом и другими управляющими элементами, в том числе должностными лицами;
- *на функциональные*, отражающие функционально-блочную структуру отдельных узлов системы и определяющие оснащение объекта управления средствами автоматизации;

– *на принципиальные*, показывающие полный состав элементов, моделей, вспомогательной аппаратуры и связей между ними, входящих в отдельный участок автоматизации и дающих детальное представление о принципе его работы. На основании принципиальных схем (ПС) разрабатывают схемы внешних соединений электрических и трубных проводок, общих видов и монтажных схем щитов и пультов;

– *на монтажные*, отражающие в формализованном виде соединения электрических и трубных проводок между различными устройствами, а также места присоединения и вводов (сборки коммутационных зажимов, разъемы и т.д.);

– *на схемы соединений*, показывающие внешние электрические и трубные связи между измерительными устройствами и средствами получения первичной информации, с одной стороны, щитами и пультами – с другой. На схеме соединений показывают вспомогательные элементы (фитинги, коробки и т.п.) и в необходимых случаях шкафы силового электрооборудования.

Схемы автоматизации выполняют без соблюдения масштаба, но выдерживая рекомендованный ГОСТами размер условных обозначений. В монтажных схемах соблюдают действительное пространственное расположение средств автоматизации и монтажных изделий.

§ 1. Условные обозначения в электрических схемах

Электрическая схема (так же, как и другие схемы) – это текст, описывающий определенными символами содержание и работу электротехнического устройства или комплекса устройств, что позволяет в краткой форме выразить этот текст.

Специалист по автоматике и электрооборудованию должен уметь бегло читать схему, т.е. получать из нее полные сведения для выполнения определенного вида работ: общего или детального ознакомления с установкой, проведения монтажных или наладочных работ, подключения линий связи, настройки, а также поиска неисправностей.

Для того чтобы прочесть любой текст, необходимо знать алфавит и правила чтения. Так, для чтения схем следует знать символы – условные обозначения и правила расшифровки их сочетаний. Чтение и анализ электрических схем неразрывно связаны, поэтому, кроме условных обозначений элементов электротехнических устройств и правил выполнения схем, необходимо знать основы электротехники, электроники, теории автоматического управления, методику работы с технической документацией.

Условные обозначения элементов схем имеют графический и буквенно-цифровой вид. При этом некоторые элементы или их части имеют не одно, а несколько условных обозначений. В то же время одно и то же (или очень похожее) обозначение на схемах разных типов имеет различное значение.

При составлении и чтении электротехнических схем и чертежей следует руководствоваться: ГОСТом 2.701-84; ГОСТами 2.702-84, 2.728-74 и 2.755-74, входящими в ЕСКД; ГОСТом 2.709-72; ГОСТом 2.710-81; ГОСТом 21404-85 и др. Условные графические обозначения образуются из простейших геометрических фигур (квадратов, прямоугольников, окружностей), а также из сплошных и пунктирных линий и точек. Их сочетание по системе, указанной в соответствующем стандарте, позволяет легко изобразить все, что требуется: аппараты, приборы, электрические машины, обмотки, контакты, связи и т.д. Составление условных обозначений следует производить в соответствии с ГОСТом. В качестве примера рассмотрим наиболее употребляемые изображения контактов реле или других аналогичных коммутирующих электрические цепи аппаратов (табл. 1.1). При использовании этого типа обозначений следует помнить: положение контактов реле, пускателей, кнопок, рубильников и других коммутирующих устройств изображают на схемах при обесточенной обмотке или при отсутствии воздействия внешних сил. Их располагают так, чтобы воображаемая сила P , действующая на подвижную часть контакта сверху вниз или слева направо, замыкала замыкающие, но размыкала размыкающие контакты.

В электрических схемах очень важна маркировка, без которой они практически не читаются. Система обозначений цепей на схемах должна соответствовать ГОСТу 2.709-72.

Для одной электроустановки в схемах всех типов одни и те же элементы и участки электрических цепей обозначают одинаково. При разногласиях из-за ошибки в маркировке за основную принимают маркировку, указанную на принципиальной схеме. Маркировку выполняют как на чертежах, так и на соответствующих аппаратах и устройствах. На принципиальных схемах маркировку проставляют над участком проводника, а при вертикальном расположении цепи – справа от него.

Виды и порядок маркировок следующие:

- 1) заводская маркировка аппаратов и изделий (см. панели, блоки, рис. 9.1);
- 2) маркировка выводов электрических машин и аппаратов (унифицированных);
- 3) позиционные обозначения. Каждый элемент схемы должен иметь обозначение, которое представляет собой сокращенное наимено-

вание элемента и может отражать функциональное назначение элемента. Например, реле времени – *1PB*, *2PB*, реле аварийной сигнализации – *1PAC* и т.д.;

Таблица 1.1

Правила изображения контактов коммутирующих аппаратов

Контакты	Замыкающий <i>з</i>	Размыкающий <i>р</i>	Переключающий <i>п</i>	С безотрывным переключением
Пример исполнения				
<i>Форма обозначений</i>				
Замыкается и размыкается без выдержки времени				
Замыкается с выдержкой времени, размы- кается сразу			—	—
Замыкается сразу, размыка- ется с выдерж- кой времени			—	—
Замыкается и размыкается с выдержкой времени			—	—
Остающиеся (с защелкой) контакты с ручным возвратом			<u>Правило.</u> Сила, переключающая контакт, действует сверху вниз или слева направо	
Импульсные (проскальзы- вающие) контакты				
Замыкающие	<i>з</i> -контакты	Размыкающие	<i>Р</i> -контакты	
<i>Правильно</i>	<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>	<i>Неправильно</i>	

4) маркировка участков электрических цепей. Каждый участок цепи между двумя элементами схемы должен быть промаркирован. Марка может быть цифровой или цифробуквенной. Маркировку строят по ко-

ординатному и адресному принципам в виде развертки или по порядку слева направо;

5) схемная маркировка выводов аппаратов определяется маркой присоединенного провода и может не совпадать с заводской маркировкой места вывода аппарата;

6) заводская маркировка мест выводов цепей электроаппаратуры;

7) адресная маркировка, которая обычно указывается на схемах соединений и показывает, с каким аппаратом или элементом схемы соединяется данная цепь;

8) нумерация цепей по порядку (сверху вниз). Такая маркировка облегчает описание схемы, позволяя делать ссылки в тексте на номера цепей и быстро их находить;

9) нумерация участков – то же, что и для отдельных цепей, но с объединением нескольких цепей в один блок.

§ 2. Построение и техника чтения электрических схем

Виды (типы) схем были рассмотрены в предыдущем параграфе в порядке их разработки при создании той или иной системы автоматизации. Разработка схем начинается с момента получения данных об автоматизируемом технологическом процессе и описания его как управляемого объекта.

Как построение, так и изучение схем технической документации необходимо проводить в определенной последовательности. Так, например, это можно сделать по программе в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Порядок изучения схем

Вид работ	Рабочая документация
Изучение технологического процесса и объектов, охватываемых им.	Из технологической части (схемы) процесса и пояснительной записки проекта.
Ознакомление с оборудованием, с помощью которого осуществляется технологический процесс или отдельные его операции.	Технологическая схема проекта.
Освоение порядка функционирования отдельных узлов и объекта в целом.	Функциональные схемы проекта, схемы блокировок.
Изучение системы автоматизации (общее назначение, узлы, связи и т.д.).	Пояснительная записка, структурные схемы, функциональные схемы.
Расположение отдельных узлов и комплексов на предприятии.	Схемы внешних соединений и планы этажей.

Продолжение табл. 1.2

1	2
Изучение линий внешних соединений и сверка с заказной спецификацией.	Схемы внешних соединений, заказные спецификации.
Освоение принятой системы обозначений и маркировки.	Пояснительная записка, отдельные чертежи по видам.
Изучение пультов управления, органов управления, системы сигнализации и централизации	Чертежи фасадов пультов, схемы их внутренней коммутации.
Изучение системы электроснабжения	Однолинейная схема электроснабжения.
Изучение устройств и отдельных узлов системы и их взаимодействия.	Принципиальные схемы.
Общее ознакомление с перечнем монтажных чертежей.	Содержание проекта.
Привязка монтажных схем к принципиальным, детальное ознакомление с особенностями их исполнения.	Принципиальные, монтажные схемы.
Проверка выполнения требований ПУЭ, ПТБ и ПТЭ, ведомственных инструкций по ТБ.	Пояснительная записка, рабочие чертежи, правила, инструкции.

Наиболее значимы для практического работника принципиальные и монтажные электрические схемы проекта, при работе с которыми требуется обращение к другим типам схем.

Принципиальные схемы (ПС) составляют на основе схем автоматизации с учетом заданных алгоритмов функционирования узлов контроля, сигнализации, автоматического регулирования и управления и общих технических требований, предъявляемых к автоматизируемому объекту.

ПС содержат:

- условные изображения принципа действия того или иного функционального узла;
- поясняющие надписи;
- части отдельных элементов (приборов, СА, электрических аппаратов) данной схемы, используемых в других схемах, а также элементы устройств из других схем;
- диаграммы переключений контактов многопозиционных устройств;
- перечень используемых в данной схеме приборов, СА, аппаратуры;
- перечень чертежей, относящихся к данной схеме, общие поясне-

ния и примечания.

ПС – первый рабочий документ, на основании которого:

- выполняют чертежи для изготовления изделий (щитов, пультов и т.д.) и соединений их с приборами, исполнительными механизмами и между собой;
- проверяют правильность выполненных соединений;
- задают уставки аппаратам защиты, средствам контроля и регулирования;
- настраивают путевые и конечные выключатели;
- анализируют схему как в процессе проектирования, так и при наладке и эксплуатации в случае отклонения от заданного режима работы установки.

Таким образом, чтение принципиальной схемы в зависимости от выполняемой работы преследует разные цели. Для чтения принципиальной схемы составляют перечень необходимой дополнительной документации, отбирают ее из проекта и располагают так, чтобы чтение каждого последующего чертежа логически вытекало из предыдущего. Для удобства чтения ПС (рис. 1.1) подразделяют по функциональному назначению на отдельные части, блоки, пользуясь соответствующей схемой устройства и изучив аппаратуру, используемую в схеме. Далее, при рассмотрении каждой части как отдельного элемента, так и связей между ними, в ПС выделяют функциональные узлы, определяют их назначение, все входные и выходные сигналы, взаимосвязи между функциональными блоками. На выбранных чертежах читают все надписи, начиная со штампа, примечания, экспликации, пояснения и определяют, какой технологический объект обслуживает схема, какие функции выполняет объект, из каких узлов и блоков состоит технологическая система и как они взаимодействуют между собой. Затем определяют место расположения объекта и аппаратуру ДАУ.

При анализе работы каждого участка рассматривают все элементы цепи и проверяют: последовательность работы во времени, согласованность времени действия аппаратов между собой и другими устройствами, последствия прекращения подачи электропитания, возможность входа устройства в работу из любого положения, в котором оно может оказаться после отключения. Затем оценивают последствия вероятных неисправностей в результате незамыкания тех или иных контактов поочередно по одному, нарушения изоляции относительно заземления.

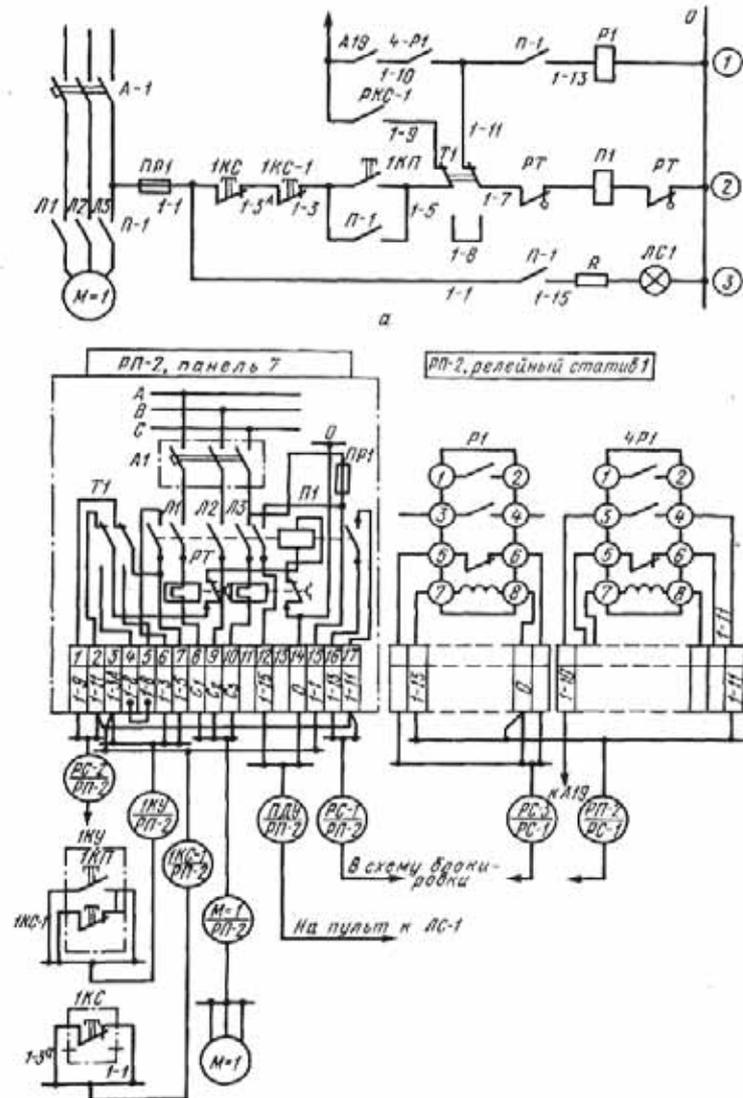


Рис. 1.1. Электрические принципиальная (а) и монтажная (б) схемы управления и защиты электродвигателя: А-1 – автоматический выключатель; ПР1 – предохранитель; Т1 – тумблер переключения режима управления (местное – автоматизированное); ИКУ – пост управления (пуск-стоп); ИКС – кнопка стоп; М-1 – электродвигатель; П1 – магнитный пускатель (катушка); П-1 – контакты магнитного пускателя; Р1, 4Р1 – катушка реле; 4Р1 – контакты реле Р1; 1...17 – клеммы клеммной сборки; РТ – тепловые реле пускателя; ЛС1 – сигнальная лампочка.

Монтажная схема (МС) позволяет выяснить, что требуется сделать на том или ином участке, какие и где установить аппараты и устройства, как их соединить между собой в пространстве. Часто МС строят по принципу изображения связей аппаратов, установленных на одном этаже или в одном помещении (например, в одном распределительном пункте – РП). Пользование монтажными схемами облегчают схемы

внешних соединений, на которых в обобщенном виде изображены отдельные участки электросхем и подробнее – связи между ними.

Из МС можно получить ответ на следующие вопросы: «Как сделать, например, трассу и какой выбрать способ прокладки кабеля, вид проводки, способ крепления устройства и т.д.?» Из чего сделать и в каком порядке? По экспликации, спецификации, кабельному журналу, по указаниям и примечаниям к МС, из монтажных карт, из проекта производства работ можно получить исчерпывающую информацию. Нередко на практике приходится выполнять переход от МС к ПС и обратно. Пример выполнения простейшей ПС и МС одного и того же участка цепи (управление электроприводом с блокировкой) приведен на рис. 1.1, а, б. Обозначения в них полностью совпадают, а ПС является как бы восстановленной из МС: условные обозначения приведены по ГОСТу, а характер обозначений совпадает с принятыми в типовых проектах.

§ 3. Основные понятия об анализе и синтезе релейных схем и надежности

Для устранения возможных ошибок, упрощения или повышения надежности работы систем автоматизации целесообразно проводить анализ электрических схем. Для анализа может быть привлечен аппарат теории алгебры логики, так как электрические схемы управления на ПХПЗ базируются в большинстве случаев на релейных элементах. Анализ релейных схем можно выполнять аналитическим, графоаналитическим, табличным (матричным) и другими методами.

Аналитическим методом посредством специальной записи структуры и условий работы релейных схем можно проводить равносильные преобразования, т.е., преобразовывая структурную формулу, находить новую схему, полностью аналогичную исследуемой, но более простую.

Вопросы к главе 1

1. Какие схемы, планы, ТУ и сметы входят в проект автоматизации предприятия.
2. Какие схемы и общие виды входят в рабочую документацию?
3. Изложить правила условных обозначений контактов релейных элементов.
4. Виды маркировки выводов аппаратов, изделий, участков схем, цепей и пр.
5. Содержание и назначение принципиальных схем.

Глава 2. Измерительные преобразователи автоматических устройств

Автоматизация производственных процессов на хлебоприемных и зерноперерабатывающих предприятиях осуществляется при помощи технических средств, образующих систему из отдельных, связанных между собой элементов, применяемых для контроля, управления и регулирования технологических параметров.

К одним из основных технических средств автоматизации относятся измерительные преобразователи, которые используются в качестве средств сбора информации о величине самых различных технологических параметров. Основаны они на самых разнообразных принципах действия.

В условиях автоматизации хлебоприемных и зерноперерабатывающих предприятий находят применение преобразователи следующих параметрических и принципиальных признаков: линейных и угловых перемещений – рычажно-штоковые, реостатные, индуктивные, дифференциально-трансформаторные; уровня сыпучих и жидких материалов – мембранные, емкостные, кондуктометрические, радиоактивные, поплавковые; температуры – терморезисторы, термопары, термоманометры, ртутные термометры расширения, дилатометрические и биметаллические термометры; преобразования энергии света в электрическую – оптические термопреобразователи; скорости вращения – центробежные, тахогенераторные, магнитоиндуктивные; индукционные; давления – трубчатые, мембранные, сильфонные; расхода сыпучих материалов – центробежные, вибрлотковые; влажности – емкостные, кондуктометрические и т. д. (приборы для измерения расхода и влажности будут рассмотрены в главе 7).

§ 1. Измерительные преобразователи положения (линейных перемещений)

Для контроля положения рабочих органов различных механизмов (шиберов задвижек и перекидных клапанов, поворотных труб и разгрузочных тележек надсилосных транспортеров, платформы автомобилеразгрузчика, механизмов пакетоформирующей машины и т. п.) широкое применение получили преобразователи линейных перемещений – механические быстродействующие конечные выключатели: ВК-200, ВК-211 и бесконтактные конечные выключатели типа КВД, БВК, КВП.

На рис. 2.1 показана кинематическая схема конечного выключателя ВК-200. В корпусе выключателя расположены неподвижные контакты 1, а подвижные контакты 2 мостикового типа закреплены на пластмас-

совом рычаге 3. Контакты переключаются поворотом приводного рычага 4 с роликом, соединенного при помощи набора ленточных пружин 5 с поводком 6. С помощью набора ленточных пружин приводной рычаг при избыточном перемещении переключающего упора отклоняется на дополнительный угол. При повороте приводного рычага усилие пружины 7, передаваемое на шарик 8, принуждает планку 9, жестко связанную с пластмассовым рычагом 3, мгновенно переключить контакты в момент освобождения планки 9 собачкой 10. Почти мгновенный переброс контактного мостика обеспечивает эффективное гашение возникающей искры, что предохраняет контакты выключателя от подгорания при коммутации электрических цепей напряжением до 500 В при токе до 20 А.

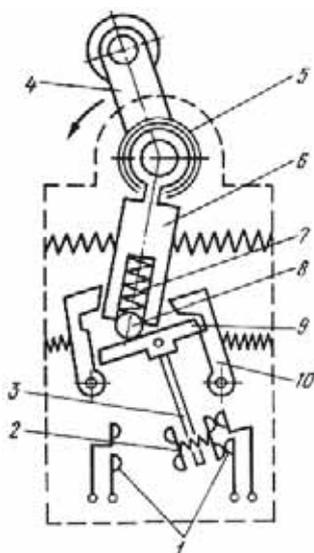


Рис. 2.1. Кинематическая схема конечного выключателя ВК-200:

*1 - неподвижные контакты; 2 - подвижные контакты; 3 - рычаг;
4 - приводной рычаг; 5 - ленточная пружина; 6 - поводок; 7 - пружина;
8 - шарик; 9 - планка; 10 - собачка*

На рис. 2.2 приведена принципиальная электрическая схема бесконтактного конечного выключателя КВД-6-12. Основными преимуществами его перед контактным устройством являются отсутствие электрически быстроизнашивающихся частей и механического воздействия на элементы выключателя, хорошая защита от влияний внешней среды, а также высокая допустимая частота срабатывания. Выключатель состоит из генератора и усилителя на транзисторах. При введении металлической пластинки в зазор между катушками базовой и коллекторной обмоток происходит уменьшение её коэффициента обратной связи, вызывающее срыв генерации, в результате чего нормально закрытый выходной транзистор VT3 открывается.

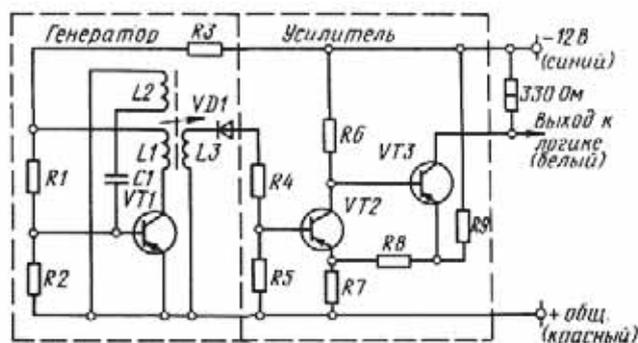


Рис.2.2. Принципиальная электрическая схема бесконтактного конечного выключателя КВД-6-12

На выходе выключателя устанавливается сигнал логического нуля (при работе на вход логических элементов). К выходу выключателя можно подключать реле постоянного тока. В этом случае резистор 330 Ом отключают, один вывод обмотки реле присоединяют к выходу выключателя, а другой – к источнику питания (-24 В).

При работе выключателя вместе с логическими элементами пульсация напряжения питания должна быть не более 3 %, ширина рабочего зазора – 6 мм, потребляемая мощность – 3 Вт.

По устойчивости к механическим воздействиям бесконтактные выключатели выполняются в виброустойчивом, а по защищенности от воздействия окружающей среды – в герметическом исполнении. Выключатели сохраняют свои технические характеристики при температуре окружающей среды от минус 30 до $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

§ 2. Измерительные преобразователи уровня сыпучих материалов

На хлебоприемных, зерноперерабатывающих предприятиях и комбикормовых заводах для контроля уровня сыпучих материалов применяют различные по конструкции и принципу действия приборы.

Все их многообразие можно разделить по принципу действия на две группы: механического воздействия, в которых сигнал, пропорциональный уровню материала, вырабатывается в результате давления этого материала на чувствительный элемент преобразователя, и емкостного действия, в которых, под воздействием материала, диэлектрика, изменяется электрическая емкость чувствительного элемента – конденсатора.

Мембранный измерительный преобразователь уровня. В силу своей простоты наибольшее распространение получил преобразователь МДУ-3М. Преобразователь (рис. 2.3) состоит из пластмассового корпуса 4 с крышкой 3 и штуцером 1 для подвода кабеля, мембраны 7 с

элементом жесткости 6, плоской возвратной пружины 5 и микропереключателя 2 со штоком.

При воздействии продукта на мембрану преобразователя усилие через нее и плоскую пружину передается на шток микропереключателя. Его срабатывание происходит при повышении уровня продукта плотностью $0,8 \text{ т/м}^3$ над центром мембраны на 150–200 мм.

Промышленность выпускает также преобразователи уровня, принцип действия которых аналогичен рассмотренному, – СУМ-1М, СУМ-1МС.

Опыт эксплуатации подтвердил достаточно высокую надежность мембранных преобразователей при использовании их для контроля уровня зерна в бункерах, самотечных трубах, нориях и на конвейерах.

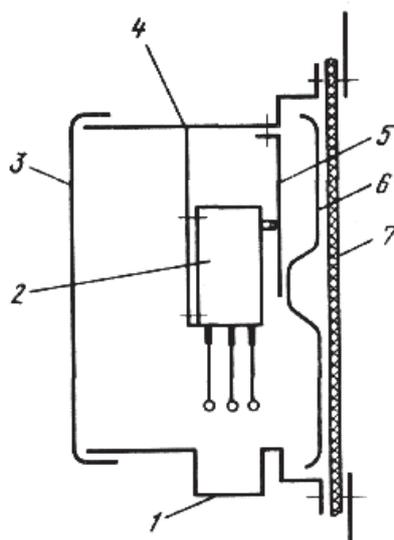


Рис. 2.3. Схема мембранного преобразователя уровня сыпучих материалов МДУ-3М: 1 – штуцер для подвода проводов; 2 – микропереключатель; 3 – крышка; 4 – корпус; 5 – возвратная пружина мембраны; 6 – элемент жесткости; 7 – мембрана

Для установки в силосах элеваторов используют преобразователи уровня МДУ-3СМ. Для измерения верхнего уровня его устанавливают на кронштейне с максимальной длиной 1,9 м, который крепят к верхнему люку. Мембрану располагают так, чтобы поток поступающего продукта не действовал на нее. Преобразователь нижнего уровня устанавливают в местах, доступных для обслуживания.

Маятниковый измерительный преобразователь уровня СУ-1Ф. Предназначен для контроля предельных уровней сыпучих материалов в емкостях. Он состоит (рис. 2.4) из корпуса 5, который закрывается крышкой 7 с помощью резиновой прокладки 9. Для установки преобразователя в емкости к корпусу крепится кронштейн 4 четырьмя болтами.

Пазы в кронштейне 4 обеспечивают регулирование его по месту монтажа в вертикальном положении. К двум другим кронштейнам, жестко соединенным с корпусом преобразователя, на четырех упругих лентах подвешен флажок. Изготовлен он из листовой стали размером 0,168х0,150 м. Флажок с помощью регулировочного винта 10 и штока 8 передает усилие, создаваемое давлением контролируемого материала, на микропереключатель 6. Шток закреплен в двух параллельно расположенных мембранах, которые позволяют ему перемещаться вдоль его оси и защищают прибор от проникновения в него пыли. Для ограничения перемещения флажка служит упор 1. Ввод кабеля, соединяющего контакты микропереключателя с цепями управления, осуществляется через сальниковое уплотнение 3.

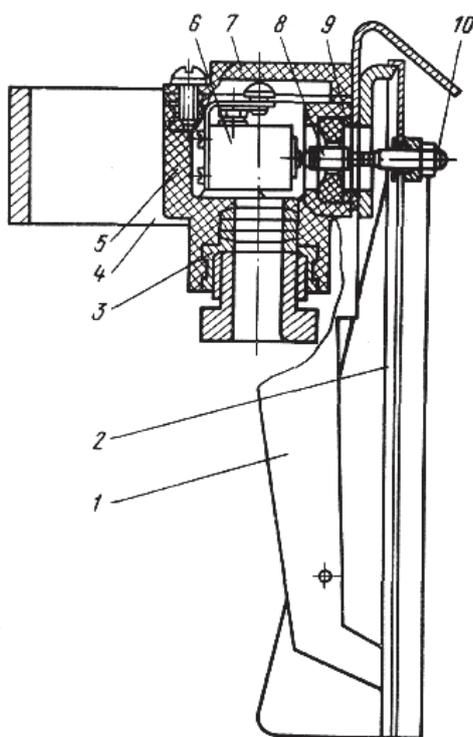


Рис. 2.4 Маятниковый измерительный преобразователь уровня сыпучих материалов СУ-1Ф: 1 – упор; 2 – флажок; 3 – сальниковое уплотнение кабельного ввода; 4 – кронштейн; 5 – корпус; 6 – микропереключатель типа МП-2101; 7 – крышка; 8 – шток; 9 – резиновая прокладка; 10 – регулировочный винт

Преобразователь уровня СУ-1Ф устанавливают в бункере так, чтобы середина вертикально висящего флажка была на контролируемом уровне. При достижении продуктом заданного уровня флажок отклоняется и регулировочный винт 10 и шток 8 передают давление на микропереключатель 6. При понижении уровня материала флажок под действием собственной массы, пружины микропереключателя и упругих лент

возвращается в первоначальное положение, переключая контакты микропереключателя.

Маятниковый преобразователь может быть изготовлен в сочетании с ртутным контактом, с бесконтактным конечным выключателем, а также с магнитоуправляемым контактом, обладающим высокой чувствительностью и большим числом срабатываний (до 10^7).

Маятниковый измерительный преобразователь уровня с отклоняющейся пластинкой и бесконтактным выключателем. Пластинка – чувствительный элемент 6 (рис. 2.5, а) расположена на валу 4 и фиксируется с помощью винта 5. Вал закреплен в двух закрытых подшипниках 7, помещенных в штуцере 3, приваренном к стенке 2. К другому концу вала 4 прикреплен противовес 9 с экранирующей пластинкой 1, входящей внутрь бесконтактного выключателя 8, который состоит из постоянного магнита и магнитоуправляемого контакта (МУК) КЭМ-2, помещенных в герметизированный пластмассовый корпус по обе стороны щели.

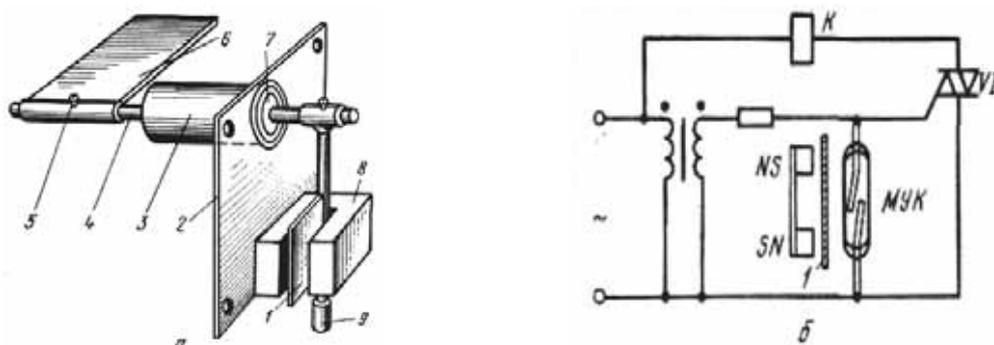


Рис. 2.5. Маятниковый измерительный преобразователь уровня с отклоняющейся пластинкой и бесконтактным выключателем:
 а – конструктивная схема: 1 – экранирующая пластинка; 2 – стенка; 3 – штуцер;
 4 – вал; 5 – винт; 6 – пластинка – чувствительный элемент; 7 – подшипники;
 8 – бесконтактный выключатель; 9 – противовес; б – принципиальная электрическая схема

МУК включают в цепь управляющего электрода симметрично управляемому диоду симистора VD (рис. 2.5, б), к анодной цепи которого подключена нагрузка, например обмотка реле K . Преобразователь уровня крепится на стенке бункера таким образом, чтобы пластинка находилась в зоне контролируемого продукта, а противовес и выключатель были вне бункера. При необходимости вал 4 (рис. 2.5, а) может быть удлинен. Пока сыпучий продукт не давит на пластинку 6, экран 1 из ферромагнитного материала входит в щель выключателя, перекрывая магнитный поток. В этом случае МУК разомкнут, симистор открыт, реле K включено и импульс проходит к соответствующим исполнитель-

ным механизмам. При засыпании пластинки зерном вал с пластинкой 6 поворачивается, экранирующая пластинка выходит из щели, под действием магнитного потока МУК замыкается, шунтируя управляющий электрод – катод симистора, и реле *K* отключается.

Электромеханический измерительный преобразователь уровня УКМ-Р предназначен он для сигнализации предельных уровней при загрузке бункеров сыпучими продуктами. Принцип действия основан на торможении вращающейся крыльчатки продуктом, уровень которого контролируется. Установленный в преобразователе уровня синхронный электродвигатель 1 (рис. 2.6) типа СД-54 со встроенным в нем редуктором 2 (частота вращения выходного вала 10,9 об/мин) с помощью червячных пар 3 и 4 вращает крыльчатку 8. До тех пор пока уровень контролируемого продукта ниже крыльчатки, она вращается. При погружении в продукт крыльчатка и находящееся с ней на одном валу червячное колесо 4 останавливаются.

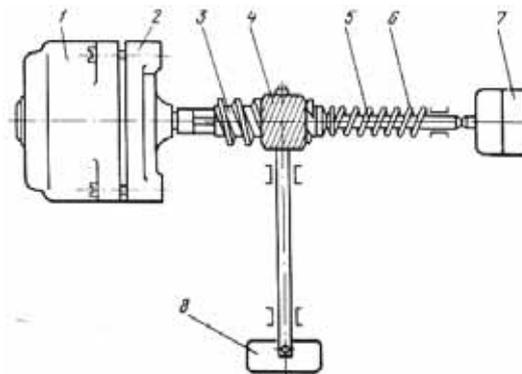


Рис. 2.6. Электромеханический измерительный преобразователь уровня УКМ-Р: 1 – синхронный электродвигатель типа СД-54; 2 – редуктор; 3,4 – червячная пара; 5 – толкатель; 6 – пружина; 7 – микропереключатель; 8 – крыльчатка

Под действием вращающего момента электродвигателя, преодолевая тормозное действие сыпучего продукта, червяк 3 перемещается вдоль своей оси, преодолевая сопротивление пружины 6. Через толкатель 5 червяк нажимает на микропереключатель 7, который отключает электродвигатель 1 и осуществляет переключение цепей сигнализации. Если продукт опускается ниже крыльчатки, то под действием пружины червяк возвращается в прежнее положение и микропереключатель включает электродвигатель и переключает цепи управления.

Преобразователь уровня УКМ-Р можно монтировать в вертикальном, горизонтальном, или наклонном положении.

Емкостные измерительные преобразователи уровня типа СУС-11 и СУС-М различных конструктивных модификаций (СУС-М-15, СУС-М-16,

СУС-М-119, СУС-М-214). Они находят широкое применение на предприятиях, хранящих и перерабатывающих зерно. Сигнализатор уровня СУС-11 предназначен для работы с сыпучими продуктами с диэлектрической проницаемостью от 1 до 10. Первичный преобразователь (рис. 2.7, а) состоит из чувствительного элемента 1, смонтированного в основании алюминиевого корпуса 2. В нем размещены элементы электрической схемы, преобразующей изменение электрической емкости чувствительного элемента в напряжение постоянного тока, управляющего работой выходного реле.

Электрическая схема первичного преобразователя (рис. 2.7, б) состоит из генератора фиксированной частоты, собранного на транзисторе $VT1$, резонансного контура $L3 - (C6 + C7 + Cd)$ и детектора, собранного на транзисторе $VT2$. При наличии продукта на контролируемом уровне емкость чувствительного элемента Cd увеличивается, что приводит к сдвигу резонансной частоты колебательного контура и снижению напряжения. Сигнал в виде напряжения постоянного тока снимается с детектора и подается на электронное реле.

Элементы вторичного преобразователя (рис. 2.7, в) размещены в литом алюминиевом корпусе 1. Внутри корпуса на монтажной плате 3 встроены элементы электрической схемы, силовой трансформатор 2 и реле 4. Электрическая схема вторичного преобразователя показана на рис. 2.7, г.

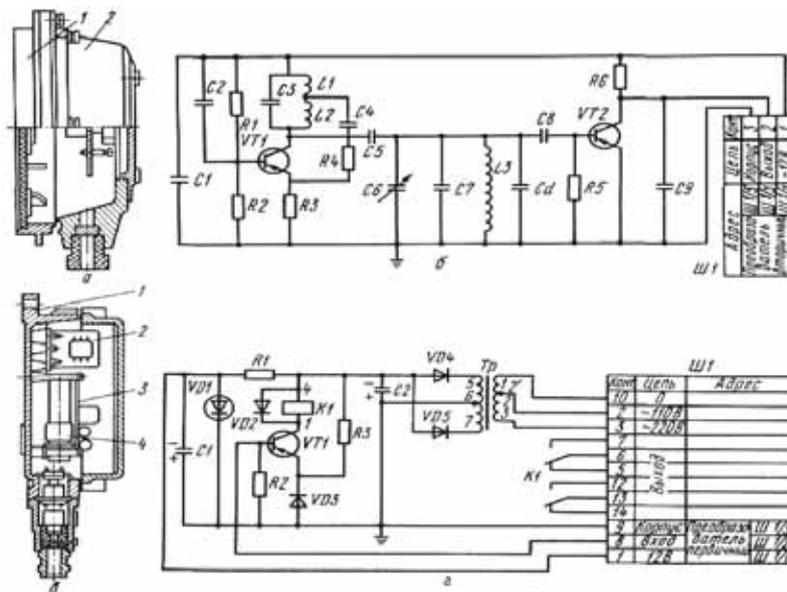


Рис. 2.7. Сигнализатор уровня СУС-11: а – первичный преобразователь ПП-01: 1 – чувствительный элемент; 2 – корпус; б – электрическая схема первичного преобразователя; в – вторичный преобразователь: 1 – корпус; 2 – трансформатор; 3 – монтажная плата; 4 – реле; г – электрическая схема вторичного преобразователя

Сигнализаторы уровня типа СУС-М предназначены для мукомольного производства.

Назначение модификаций следующее:

- СУС-М-115 – контроль уровня зерна и продуктов его переработки в приемных патрубках вальцовых станков;
- СУС-М-116 – контроль муки в отпусковых рукавах при загрузке автомуковозов;
- СУС-М-119, СУС-М-219 – контроль уровня зерна и муки в бункерах и силосах;
- СУС-М-214 – контроль уровня муки в навесовых бункерах.

В основе работы сигнализаторов СУС-М лежит высокочастотный резонансный метод измерения. При воздействии контролируемой среды на емкостной чувствительный элемент резонанс нарушается. Преобразование электрического сигнала о наличии продукта производится так же, как и в сигнализаторе СУС-11.

§ 3. Измерительные преобразователи частоты вращения рабочих органов механизмов и давления

При автоматизации поточно-производственных систем о действительном состоянии транспортных механизмов и некоторых технологических машин судят обычно по скорости движения их рабочих органов. Для её контроля служат реле с магнитоиндуктивными датчиками.

Реле контроля скорости РС-67. Применяют для контроля вращения или перемещения рабочих органов механизмов. Оно (рис. 2.8) состоит из двух блоков: магнитоиндуктивного преобразователя датчика ДМ-2 и релейного блока РС-67. Магнитоиндуктивный преобразователь ДМ-2 (рис. 2.8, а) состоит из кольцевого постоянного магнита 1, магнитопроводящего сердечника 2 и генераторной обмотки 3, которые заключены в массивный пластмассовый корпус. При движении металлических магнитопроводящих узлов с воздушными зазорами или лопастей крыльчатки 4, посаженной на контролируемый орган машины или механизма 5 в непосредственной близости от места установки преобразователя, в нем генерируется ЭДС, которая усиливается транзисторной схемой блока РС-67 и включает выходное реле.

Принципиальная схема усилительного блока реле скорости РС-67 работает следующим образом (рис. 2.8, б). При неработающем механизме минус источника через открытый транзистор $VT3$ подается на базу $VT2$, надежно запирая его. Реле $K1$ и $K2$ отключены. При работе механизма размыкаются контакты KM и после достижения нормальной частоты вращения от преобразователя через трансформатор $TP2$ на

транзистор $VT2$ подается отпирающее и запирающее напряжение от разряда конденсатора $C3$. Как только действие разряда $C3$ прекратится, транзистор $VT3$ закроется, а $VT2$ и $VT1$ откроются, что приведет к включению реле $K1$ и $K2$. При обрыве или пробуксовке ленты происходит снижение напряжения входного сигнала до 25 % (регулируется сопротивлением $R11$). Благодаря нелинейности характеристик $VT1$ и $VT2$ происходит резкое снижение тока через реле $K2$, которое отключается. Настройка несрабатывания реле при кратковременных пробуксовках производится с помощью сопротивления $R6$.

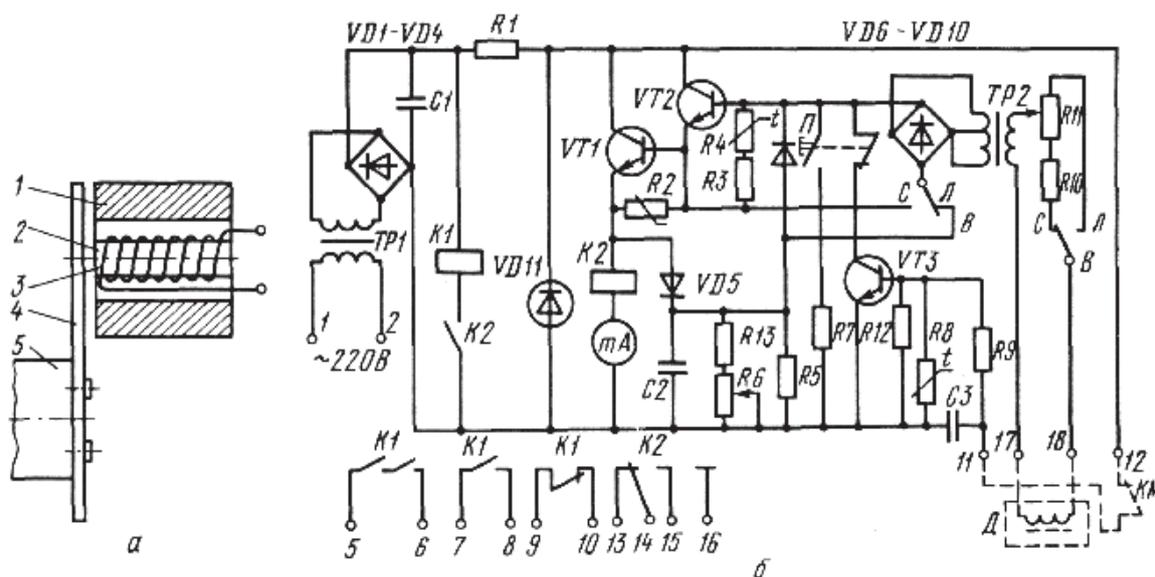


Рис. 2.8. Реле контроля скорости РС-67: а – схема магнитоиндуктивного преобразователя ДМ-2: 1 – кольцевой магнит; 2 – сердечник; 3 – генераторная обмотка; 4 – крыльчатка; 5 – контролируемый орган машины; б – принципиальная схема усилительного блока реле скорости РС-67

Мембранный сигнализатор падения давления СПДМ-100. Используется для контроля давления в воздухонапорных сетях топок на жидком топливе. Принцип его работы заключается в следующем.

При падении давления контролируемой среды ниже значения, заданного путем изменения сжатия пружины 5 (рис. 2.9) сигнализатора, мембрана 6 под действием этой пружины опускается вниз и увлекает за собой тягу 4.

При этом рычаг 2 опрокидывает ртутный контакт 1 сигнализатора. О значении давления судят по положению указателя 3 на шкале сигнализатора.

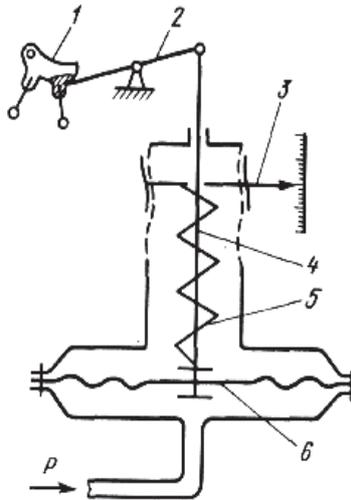


Рис. 2.9. Мембранный сигнализатор падения давления СПДМ-100:
 1 – ртутный контакт; 2 – рычаг; 3 – указатель задатчика; 4 – тяга;
 5 – пружина задатчика; 6 – мембрана

§ 4. Измерительные преобразователи температуры

При хранении зерна и муки, при сушке, тепловой обработке зерна (пропаривании, кондиционировании), гранулировании комбикормов, дозировании технического жира и мелассы, а также при управлении этими процессами необходимо измерять температуру.

В зависимости от принципа действия приборы для измерения температуры делят на следующие группы: термометры расширения, основанные на изменении объема жидкости или линейных размеров твердых тел при изменении температуры; манометрические термометры, основанные на изменении давления веществ при постоянном объеме при изменении температуры; термометры сопротивления, основанные на изменении электрического сопротивления проводников и полупроводников при изменении их температуры; термоэлектрические термометры, основанные на изменении термоэлектродвижущей силы термопары от температуры.

Термометры расширения. Жидкостные стеклянные термометры расширения предназначены для измерения температуры от минус 20 до 60 °С. Рабочим веществом в таких термометрах обычно служат ртуть или органические жидкости (толуол, петролейный эфир и т. п.). Наибольшее распространение получили ртутные и спиртовые термометры.

К механическим термометрам расширения относят термометры и реле для сигнализации и регулирования температуры (дилатометрические и биметаллические). Действие дилатометрических устройств осно-

вано на разности линейного расширения двух твердых тел с различными температурными коэффициентами расширения.

В качестве примера устройства автоматического контроля без измерительного преобразования можно привести контроль температуры агента сушки в зерносушилке при помощи дилатометрического температурного реле ТР-200 (рис. 2.10). Чувствительным элементом реле является латунная трубка 2 с находящимися внутри нее пружинами 3 из инвара. При нагревании вследствие разности коэффициентов линейного расширения латуни и инвара трубка 2 и связанная с ней ось 5 перемещаются относительно пружины 3. Это приводит к уменьшению зазора a , устанавливаемого при наладке в зависимости от необходимого значения контролируемой температуры.

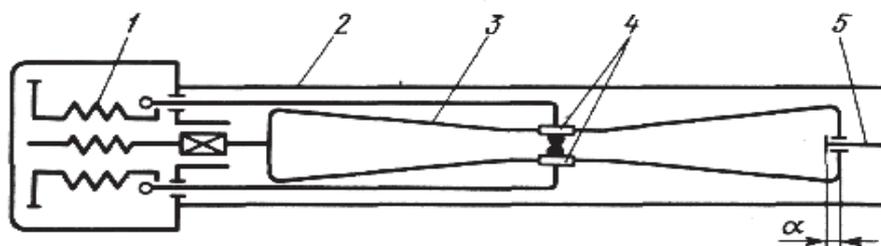


Рис. 2.10. Схема дилатометрического температурного реле ТР-200:
1 – настроечный винт; 2 – чувствительный элемент (латунная трубка);
3 – пружины из инвара; 4 – контакты; 5 – ось

При повышении температуры зазор уменьшается, и при достижении заданной температуры растяжение инварных пружин вызывает размыкание контактов 4. При понижении температуры длина трубки 2 уменьшается и контакты снова замыкаются. Выводы контактов присоединяют к винтам, расположенным на головке прибора. На заданную температуру сигнализатор настраивают винтом 1. Диапазон сигнализации температуры от 25 до 200 °С.

Манометрические термометры. Составляют группу приборов, действие которых основано на свойстве жидких и газообразных веществ, заключенных в замкнутом объеме, изменять давление в зависимости от температуры.

Схема манометрического термометра показана на рис. 2.11. Прибор состоит из термобаллона б, капиллярной трубки 5 и манометрической системы: трубчатой пружины 1, держателя 4, поводка 2 и зубчатого сектора 3.

В газовых термометрах измерительную систему заполняют газом под некоторым давлением, в жидкостных – жидкостью с температурой кипения выше верхнего предела измерения прибора, в конденсацион-

ных – частично низкокипящей жидкостью, а остальной объем – парами этой жидкости. При нагревании термобаллона давление жидкости или газа внутри замкнутой измерительной системы увеличивается.

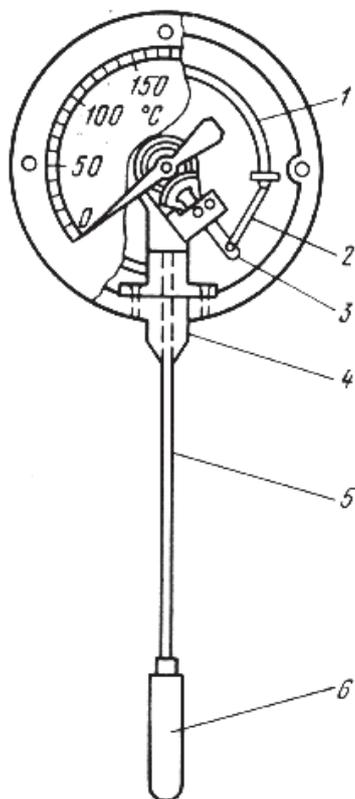


Рис. 2.11. Схема манометрического термометра:

- 1 – трубчатая пружина;
- 2 – поводок; 3 – зубчатый сектор; 4 – держатель;
- 5 – капилляр; 6 – термобаллон

На рис. 2.12 показан термопреобразователь сопротивления типа ТСП-5071Б, который состоит из четырех основных узлов: головки 9, измерительного пакета 6, защитной арматуры 1 и штуцерного присоединительного устройства 5. Измерительный пакет собирают из измерительного чувствительного элемента 2 и выводов 8, помещенных в фарфоровые изоляторы 3. Пакет с выводами и измерительным элементом укладывают в защитную арматуру, засыпают керамическим порошком 4 и герметизируют компаундом 7.

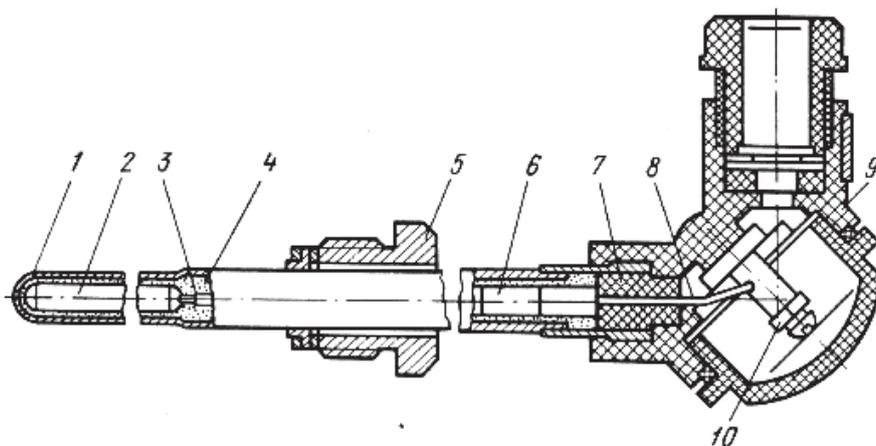
Защитная арматура представляет собой трубку из нержавеющей стали наружным диаметром 10 мм, заваренную с одного конца. Концы выводов пакета подпаивают в головке термометра к контактным зажимам 10 для присоединения внешней линии связи.

Увеличение давления воспринимается манометрической пружиной, которая воздействует через передаточный механизм на стрелку или перо прибора.

Манометрические термометры просты по устройству и надежны в работе. С их помощью можно измерять температуру в следующих диапазонах: жидкостными термометрами от минус 50 до 300 °С; газовыми от минус 50 до 600 °С; конденсационными от минус 25 до 300 °С.

Термометры сопротивления (терморезисторы). Металлические термопреобразователи предназначены для измерения температур: платиновые от минус 200 до 650 °С; медные от минус 50 до 180 °С.

Действие термометров сопротивления основано на свойстве веществ изменять электрическое сопротивление с изменением температуры.



*Рис. 2.12. Термопреобразователь сопротивления ТСП-5071Б:
1 – защитная арматура; 2 – чувствительный элемент; 3 – изоляторы; 4 – керамический порошок; 5 – штуцерное присоединительное устройство; 6 – измерительный пакет; 7 – компаунд; 8 – выводы; 9 – головка; 10 – контактные зажимы*

Для изготовления чувствительного элемента применяют платиновую и медную проволоку. Чувствительные элементы всех серийно изготавливаемых металлических термопреобразователей сопротивления имеют следующие условные обозначения градуировок: платиновые – 20, 21, 22 (сопротивление термометров при $t = 0$ °С составляет соответственно 10, 46 и 100 Ом), медные – 23 и 24 (сопротивление термометров при $t = 0$ °С составляет соответственно 53 и 100 Ом).

Для контроля температуры зерна при хранении широкое распространение получили термопреобразователи медные градуировки 23.

Их монтируют в термоподвесках, устанавливаемых в силосах элеваторов. В комплекте с термопреобразователями сопротивления в качестве вторичных приборов применяют либо логометры, либо автоматические уравновешенные мосты.

Полупроводниковые термопреобразователи сопротивления представляют собой непроволочные объемные нелинейные резисторы различной формы (рис. 2.13). В отличие от металлических терморезисторов они имеют отрицательный температурный коэффициент, т. е. при нагревании уменьшают свое сопротивление. Диапазон измерения от минус 60 до 180 °С.

Полупроводниковые терморезисторы имеют значительное удельное электрическое сопротивление, что позволяет получать из них компактные и малоинерционные термометры с большим сопротивлением (1–1000 кОм) и, следовательно, не учитывать влияние изменения температуры окружающего воздуха на сопротивление линий, соединяющих терморезисторы с вторичными приборами.

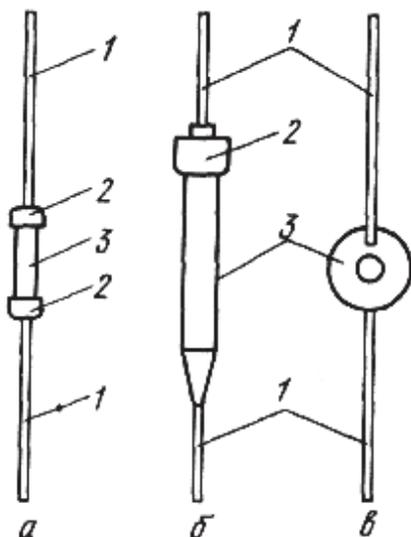


Рис. 2.13. Терморезисторы:
а – цилиндрические типов КМТ-1 и ММТ-1;
б – цилиндрические защищенные типов КМТ-4 и ММТ4;
в – шайбовые типа ММТ-13:
 1 – вывод; 2 – контактный колпачок;
 3 – полупроводниковый элемент

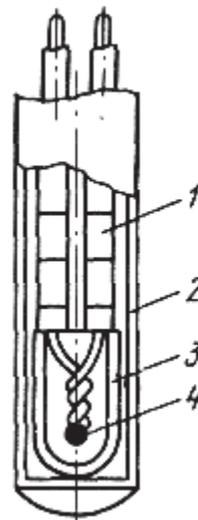


Рис. 2.14. Чувствительный элемент термопары в защитном слое:
 1 – фарфоровые бусы; 2 – защитный чехол;
 3 – фарфоровый наконечник;
 4 – горячий спай термопары

Терморезистор состоит из полупроводникового элемента 1, контактного колпачка 2 и вывода 3.

Термоэлектрические преобразователи (термопары). Действие термоэлектрических преобразователей основано на свойстве металлов и сплавов создавать термоэлектродвижущую силу (термоЭДС), зависящую от температуры места соединения (спая) концов двух разнородных проводников (термоэлектродов).

Измерение температуры сводится к измерению термоЭДС термоэлектрического преобразователя при помощи электроизмерительных приборов, в качестве которых применяют магнитоэлектрические милливольтметры и потенциометры. Соединение термоэлектрических преобразователей с вторичными измерительными приборами осуществляют при помощи специальных удлинительных проводов.

Конструктивно термопара мало отличается от термометра сопротивления, за исключением чувствительного элемента.

Устройство чувствительного элемента термопары в защищенном слое показано на рис. 2.14. Чувствительный элемент состоит из фарфоровых бус 1, заключенных в защитный чехол 2, фарфорового наконечника 3 и горячего спая термопары 4.

По ГОСТу 6616-74 термоэлектрические преобразователи изготавливаются следующих типов: ТВР-ТП – вольфрамениевые; ТПР-ТП –

платинородиевые; ТПП-ТП – платинородий-платиновые; ТХА-ТП – хромель-алюмелевые; ТХК-ТП – хромель-копелевые.

§ 5. Оптические (световые) преобразователи

Устройства, в которых энергия света преобразуется в электрическую, называются фотоэлементами, или оптическими преобразователями. Оптические преобразователи применяют в качестве элемента автоматики, реагирующего на появление или исчезновение светового луча, на изменение освещенности светового потока или на количество световых импульсов. Оптические преобразователи используются в установках для сортирования продуктов по цвету и зрелости в приборах, определяющих их качество – в цветомерах для контроля белизны муки, в устройствах автоматического отключения и включения уличного освещения, в регуляторах освещенности и интенсивности облучения в теплицах, в газоанализаторах, в устройствах контроля пламени в топках, работающих на жидком топливе, а также в различных защитных устройствах.

В качестве первичных преобразователей наиболее распространенными являются фоторезисторы, фотодиоды, фотореле и др.

Фоторезистор (рис. 2.15, а) представляет собой стеклянную пластину 5 с нанесенным на нее тончайшим слоем 4 полупроводникового вещества. К противоположным сторонам полупроводникового слоя прикреплены металлические электроды 1, предназначенные для включения фоторезистора в электрическую цепь. Пластинки с нанесенным на них полупроводниковым слоем запрессованы в пластмассовую оправу 2 с отверстием (рабочим окном), через которое проходят световые лучи. Рабочее окно покрывают слоем 3 светопропускаемого лака.

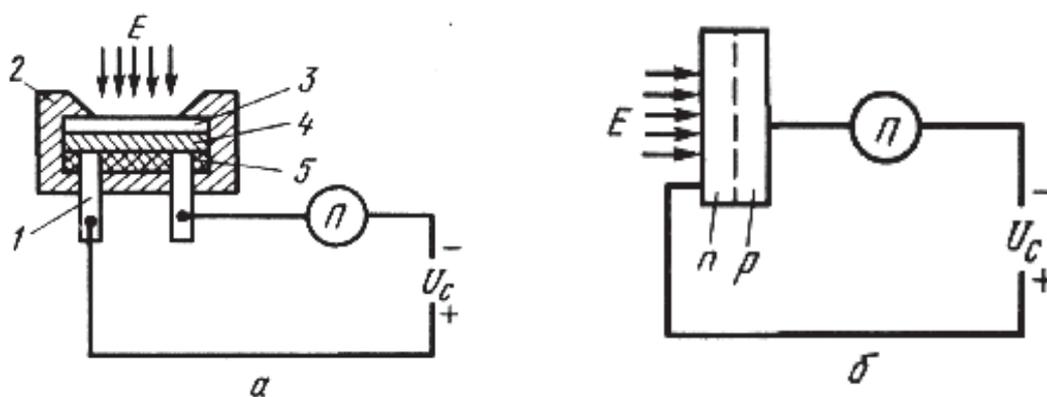


Рис. 2.15. Схемы включения: а – фоторезистора: 1 – металлические электроды; 2 – пластмассовая оправка; 3 – слой светопропускаемого лака; 4 – слой полупроводникового вещества; 5 – стеклянная пластина; б – фотодиода

У фоторезистора под действием света увеличивается количество свободных электронов, а следовательно, и электропроводность. Фоторезисторы имеют значительные преимущества перед другими первичными преобразователями: высокая светочувствительность, простая конструкция, небольшие габаритные размеры, значительная мощность рассеяния, практически неограниченный срок службы, способность работать в цепях постоянного и переменного тока.

Фотодиод – это полупроводниковый приемник лучистой энергии, в котором происходит направленное движение носителей тока при воздействии энергии оптического излучения. Режим работы фотодиода с внешним источником питания называют фотопреобразовательным, а без него – фотогенераторным.

В принципиальной схеме включения фотодиода в фотопреобразовательном режиме (рис. 2.15, б) на его *p-n*-переход подается напряжение запирающей полярности. При освещении происходит генерация носителей электрического заряда, которые под действием электрического поля разделяются и на границе *p-n*-перехода создают разность потенциалов. Фотопреобразовательный режим дает значительное повышение светочувствительности, недоступное для обычных вентильных фотоэлементов.

Фотореле – устройство для автоматического управления осветительными установками, применяется с целью экономии электроэнергии. Его принципиальная схема представлена на рис. 2.16.

В качестве чувствительного элемента, реагирующего на естественную освещенность, в реле ФР-1 используют фотосопротивление ФС-К1Г в герметическом исполнении.

Фотореле работает следующим образом: днем, когда естественная освещенность велика, величина фотосопротивления мала, и по обмотке поляризованного реле *KL1* протекает ток, заведомо больший, чем ток его срабатывания. Контакт этого реле замкнут. Это шунтирует обмотку реле *KL2*, которое сработать не может. В вечернее время при уменьшении естественной освещенности до 5 лк увеличивается величина фотосопротивления, ток, протекающий по обмотке реле *KL1*, уменьшается и при величине порядка 0,1 мА происходит размыкание его контакта, шунтирующего катушку реле *KL2*, затем оно срабатывает и подает импульс во внешние цепи. При достижении освещенности порядка 10 лк величина фотосопротивления уменьшается и снова срабатывает реле *KL2*, что приводит к отключению освещения.

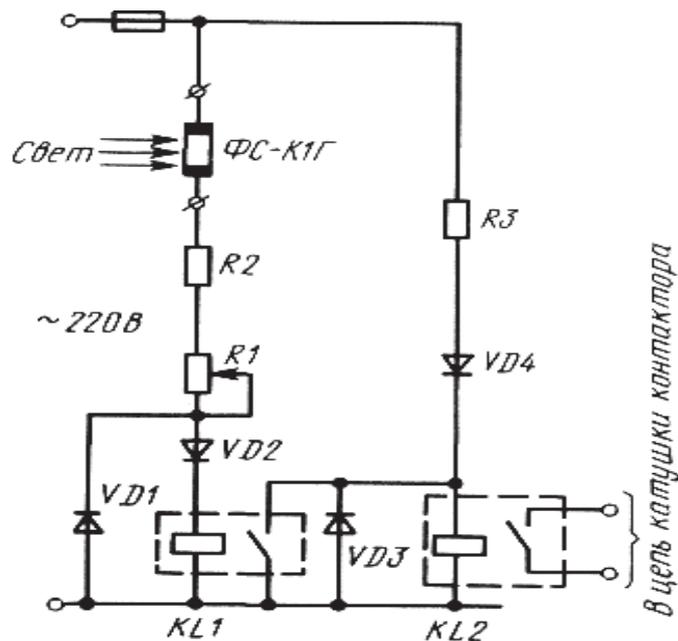


Рис. 2.16. Схема фотореле ФР1

Сопротивление $R2$, включенное последовательно с обмоткой реле $KL1$, служит для ограничения величины тока, протекающего через фотосопротивление. Регулирование тока срабатывания реле осуществляется переменным сопротивлением $R1$. Сопротивление $R3$, включенное последовательно с катушкой реле $KL2$, является делителем напряжения. Для выпрямления переменного тока служат диоды $VD1$, $VD2$, $VD3$ и $VD4$.

Вопросы к главе 2

1. Назначение, конструкция, параметры преобразователей: положения, уровни, частоты, температуры.
2. Оптические преобразователи.
3. Полупроводниковые преобразователи.

Глава 3. Реле

Реле являются наиболее распространенными элементами различных автоматических систем управления. По принципу действия их подразделяют: на электромагнитные, магнитоэлектрические, электродинамические, индукционные, ферромагнитные, электронные, ионные, электротепловые и резонансные.

Электромагнитное реле реагирует на силу тока, проходящего по обмотке, магнитное поле которой вызывает притяжение ферромагнитного якоря или сердечника с контактами.

Магнитоэлектрическое реле по устройству аналогично магнитоэлектрическому измерительному прибору. Обмотка реле выполнена в форме рамки и помещена в поле постоянного магнита. Рамка, когда по ней проходит ток, поворачивается, преодолевая сопротивление пружины, и управляет электрическими контактами. Реле работает на постоянном токе.

Электродинамическое реле по принципу действия подобно магнитоэлектрическому, но в нем магнитное поле создается специальной обмоткой возбуждения, размещенной на магнитопроводе. Реле работает как на постоянном, так и на переменном токе.

Индукционное реле работает по принципу взаимодействия переменного магнитного потока, создаваемого обмоткой реле, и тока, который индуцируется в подвижном диске, цилиндре или короткозамкнутой рамке. Индукционные реле работают только на переменном токе. Они имеют одну или две обмотки, в которые поступают входные сигналы. Реле находят широкое применение в устройствах автоматической защиты электроустановок в качестве реле мощности, фазы, тока и частоты.

Ферромагнитное реле реагирует на изменение магнитных величин (магнитного потока, напряженности магнитного поля) или магнитных характеристик ферромагнитных материалов (магнитной проницаемости, остаточной индукции и т. п.).

Электронные и ионные реле реагируют непосредственно на силу тока или на значение напряжения, под действием которых происходит скачкообразное изменение проводимости электронных или ионных приборов.

Электротепловые реле реагируют на изменение тепловых величин (температуры, теплового потока).

Резонансные реле используют явление резонанса в электрических колебательных системах и применяются в частотных устройствах защиты и телемеханики.

§ 1. Параметры реле и контактов

Несмотря на различия в принципе действия и конструкции, реле характеризуются рядом общих параметров, важнейшие из которых приведены ниже.

Параметр срабатывания – минимальное значение входного сигнала, при котором происходит срабатывание реле, т. е. переключение его контактов. Электрические реле выпускают на токи срабатывания от десятков микроампер (электронные реле) до десятков ампер (электромагнитные реле).

Параметр отпускания – максимальное значение входного сигнала, при котором происходит возврат реле в исходное состояние. Параметры срабатывания и отпускания реле связаны между собой коэффициентом возврата, который равен отношению параметра отпускания к параметру срабатывания. Коэффициент возврата электромагнитных реле находится в пределах 0,4–0,9, а электронных может достигать 0,99.

Время срабатывания и отпускания реле – важнейшие параметры реле. При подаче напряжения на обмотку реле оно срабатывает не мгновенно, а через некоторый промежуток времени $t_{ср}$ (рис. 3.1), который называется временем срабатывания реле. Отпускание реле после снятия напряжения или снижения его до значения параметра отпускания происходит не сразу, а через промежуток времени $t_{отп}$, который называется временем отпускания реле. Эти замедления объясняются тем, что вследствие большой индуктивности обмоток реле ток возрастает и падает не мгновенно, а постепенно.

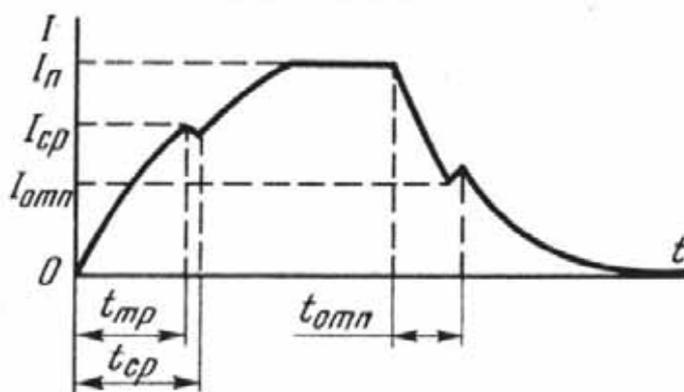


Рис. 3.1. Диаграмма изменения тока в обмотке реле при срабатывании и отпускании

Время трогания $t_{тр}$ – это время, в течение которого подвижные части реле находятся в покое, а ток возрастает до тока $I_{ср}$ срабатывания реле. В промежуток времени $t_{ср} - t_{тр}$ подвижные части реле переходят из одного устойчивого положения в другое, т. е. реле срабатывает. Затем

ток возрастает до номинального значения. При снятии напряжения ток реле постепенно уменьшается до значения $t_{\text{отп}}$, при котором подвижные части реле возвращаются в исходное состояние. Следовательно, отключение реле занимает период $t_{\text{отп}}$.

По времени срабатывания реле делятся на быстродействующие ($t_{\text{ср}}$ до 50 мс), нормально действующие ($t_{\text{ср}} = 50\text{--}150$ мс) и медленно действующие ($t_{\text{ср}} = 0,15\text{--}1$ с). Реле с временем срабатывания менее 1 мс называют безынерционным, а с $t_{\text{ср}} > 1$ с – реле выдержки времени.

Надежность и коммутационная способность реле в основном определяются контактами. Контакты принято характеризовать следующими параметрами: предельными значениями тока, напряжения, мощности и числом включений.

Предельно допустимый ток $I_{\text{п}}$ определяется температурой нагрева контактов, при которой они сохраняют необходимые физико-механические свойства.

Предельно допустимое напряжение $U_{\text{п}}$ определяется напряжением пробоя изоляции контактов и пробоя промежутка между разомкнутыми контактами.

Для увеличения тока следует уменьшать сопротивление контактов и увеличивать их поверхность охлаждения. Сопротивление контактов определяется усилием, с которым контакты прижаты друг к другу. Для слаботочных реле усилие составляет сотые доли ньютона, а для контактов на токи 3–10 А – до одного ньютона. При этом сопротивление контактов равно $10^{-5}\text{--}10^{-3}$ Ом.

Предельно допустимая мощность $P_{\text{п}}$ представляет собой мощность электрической цепи, которую контакты могут разорвать без образования на них устойчивой электрической дуги. Дуга возникает при определенных значениях минимального тока и напряжения в зависимости от материала контактов. Так, для меди и серебра дуговой разряд может возникнуть при токах более 0,4 А и напряжении более 12 В. При меньших значениях тока наблюдается только искрение при разрыве контактов, когда напряжение на них более 300 В.

Для облегчения работы (уменьшения искрообразования) контактов применяют дополнительные элементы (резисторы и конденсаторы), которые включают параллельно контактам K (рис. 3.2, а, б) или параллельно обмотке реле P (рис. 3.2, в, г, д). Магнитная энергия, накопленная в индуктивности обмотки P , расходуется не в зазоре между контактами, а в дополнительном элементе – в резисторе R и конденсаторе C или в самой обмотке реле через диод VD (рис. 3.2, д). Сопротивление гасительного резистора R принимают в 5–10 раз большим активного сопротивления обмотки, а емкость конденсатора $C = 0,5\text{--}2$ мкФ.

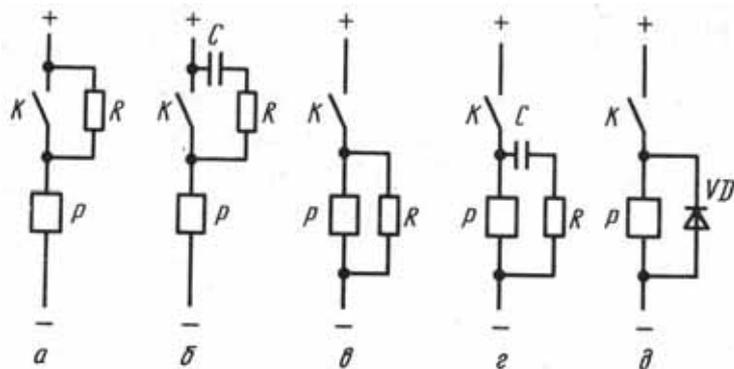


Рис. 3.2. Схемы шунтирования для уменьшения искрения контактов: а, б – контактов; в, г, д – обмоток реле

При автоматизации технологических процессов хлебоприемных и зерноперерабатывающих предприятий наибольшее применение нашли электромагнитные реле, устройство и принцип действия которых рассмотрены ниже.

§ 2. Электромагнитные реле

Электромагнитное реле постоянного тока. Реле (рис. 3.3, а) состоит из магнитопровода 3, сердечника 1, обмотки 2, якоря 5, контактов б и противодействующей пружины 4. Для электромагнитных реле постоянного тока в качестве магнитопроводов и сердечников применяют мягкую электрическую сталь, т. е. материал с большой магнитной проницаемостью.

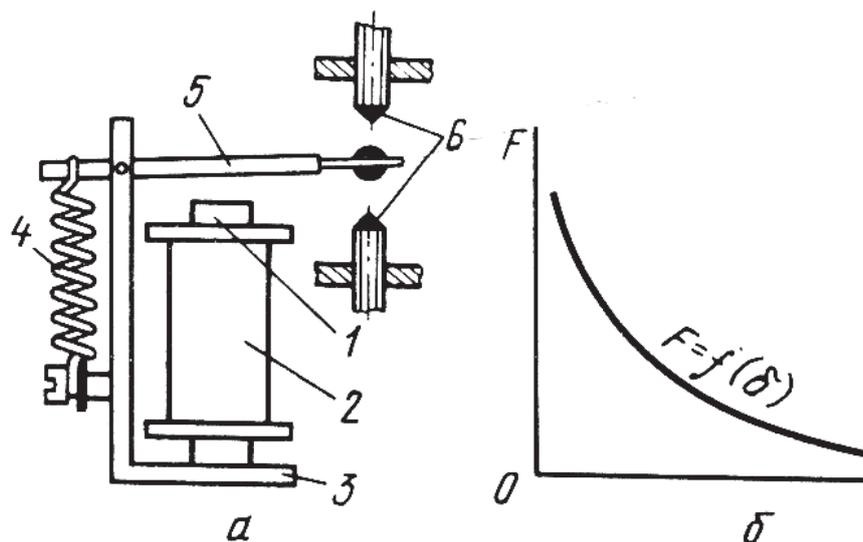


Рис. 3.3. Электромагнитное реле постоянного тока: а – конструкция; б – электромеханическая характеристика: 1 – сердечник; 2 – обмотка; 3 – магнитопровод; 4 – пружина; 5 – якорь; б – контакты

Тяговой характеристикой реле является электромеханическая характеристика

$$F = f(\delta),$$

где F – сила притяжения якоря; δ – величина воздушного зазора между якорем и сердечником.

На рис. 3.3, б представлена электромеханическая характеристика реле, из которой следует, что чем меньше воздушный зазор δ , тем больше сила притяжения якоря F к сердечнику реле.

Электромагнитное реле переменного тока. По принципу действия реле аналогично реле постоянного тока. Однако ярмо, якорь и сердечник изготавливают только из листовой электромеханической стали для того, чтобы уменьшить вихревые токи и потери на гистерезис (перемагничивание стали). Характерная особенность реле переменного тока – независимость электромеханической характеристики реле от величины воздушного зазора, т. е. $F = f(\delta) = const$.

Существенным недостатком реле данного типа является вибрация якоря и искрение контактов с двойной частотой изменения силы притяжения F . Это объясняется тем, что при переменном токе сила притяжения F меняется по синусоидальному закону

$$F = F_{\omega} \sin^2 \omega t, \quad (3.1)$$

где F_{ω} – амплитуда силы притяжения; ωt – угловая частота ($\omega t = 2\pi ft$, здесь f – частота переменного тока).

Для борьбы с явлениями вибрации якоря 4 применяют такую конструкцию реле переменного тока (рис. 3.4), при которой полюсный наконечник 6 раздвоен и на нем установлен короткозамкнутый медный виток 5. При подаче напряжения на катушку 1 реле часть возникающего в магнитопроводе 2 магнитного потока Φ_1 наводит ЭДС в короткозамкнутом витке, что приводит к возникновению в нем тока и соответственно своего магнитного потока Φ_2 . Этот поток способствует устранению вибрации якоря 4 и искрения контактов 3.

Поляризованное реле. Реле (рис. 3.5) постоянного тока с поворотным якорем 7 отличается от электромагнитного наличием постоянного магнита 3 вместо ярма, что существенно повышает чувствительность, а также позволяет изменять направление срабатывания реле в зависимости от полярности приложенного к обмотке напряжения.

Магнитный поток постоянного магнита Φ_0 , проходя через магнитопровод 1 по якорю 7, разделяется на два потока Φ_1 и Φ_2 . Если напряжение в катушках 2 и 4 отсутствует, то якорь устанавливается в среднее

(нейтральное) положение, в этом случае потоки Φ_1 и Φ_2 равны по величине и противоположны по направлению. Если полярность приложенного напряжения к одной из катушек 2, 4 такова, что создаётся магнитный поток Φ_3 , совпадающий по направлению с потоком Φ_2 , то эти потоки складываются, сила притяжения, действующая на якорь, увеличивается, и якорь притягивается вправо, замыкая контакты 6. При изменении полярности питающего напряжения якорь будет притягиваться влево, замыкая контакты 5.

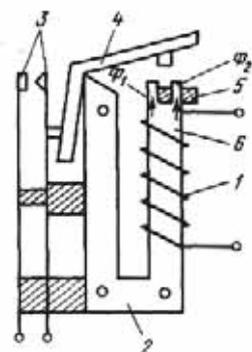


Рис. 3.4. Электромагнитное реле переменного тока: 1 – обмотка; 2 – магнитопровод; 3 – контакты; 4 – якорь; 5 – короткозамкнутый медный виток; 6 – полюсный наконечник

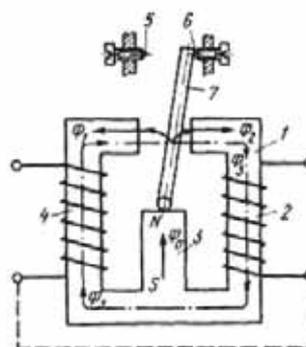


Рис. 3.5. Поляризованное реле: 1 – магнитопровод; 2, 4 – катушки; 3 – постоянный магнит; 5, 6 – контакты; 7 – якорь

Электромеханическое реле времени. Реле времени служат для создания выдержки времени при автоматическом регулировании, управлении и сигнализации. Интервал времени от момента подачи напряжения на обмотку реле до момента изменения положения его контактов называется выдержкой времени.

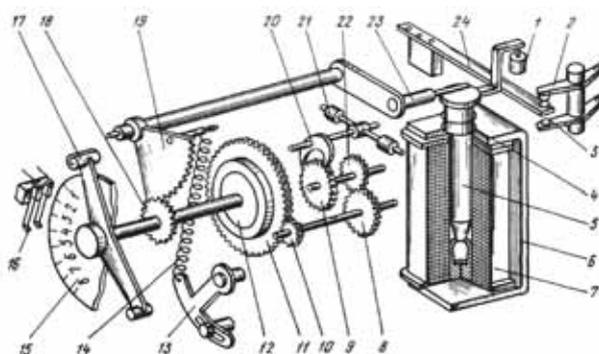


Рис. 3.6. Электромеханическое реле времени ЭВ-132: 1 – поводок; 2, 3, 16, 17, 24 – контакты; 4 – возвратная пружина; 5 – якорь; 6 – магнитопровод; 7 – обмотка; 8, 18, 22 – зубчатые колеса; 9 – анкерное колесо; 10 – трубка; 11 – ведущее колесо; 12 – сцепление; 13 – скоба; 14 – ведущая пружина; 15 – шкала; 19 – сектор; 20 – анкерная скоба; 21 – противовес; 23 – палец

В электромеханическом реле времени ЭВ-132 (рис. 3.6) при подаче напряжения на обмотку 7 якорь 5 через магнитопровод 6 практически мгновенно, преодолевая усилие пружины 4, втягивается и поводком 1 переключает контакты 2, 3, 24 и освобождает палец 23 зубчатого сектора 19 устройства выдержки времени, выполненного в виде часового механизма. Основными элементами часового механизма являются анкерное зубчатое колесо 9 с анкерной скобой 20 и противовесом 21, ведущее колесо 11, сцепление 12, скоба 13, зубчатые колеса 8, 18, 22.

Выдержку времени устанавливают перемещением контакта 16 относительно шкалы 15. Часовой механизм приводится в движение ведущей пружиной 14, усилие которой передается через трубку 10 часовому механизму. Анкерное колесо 9, взаимодействуя с анкерной скобой 20, ступенчато, прерывисто производит отсчет времени, при этом подвижный контакт 17 перемещается к контакту 16, а по истечении выбранной выдержки времени контакты 16, 17 замыкаются.

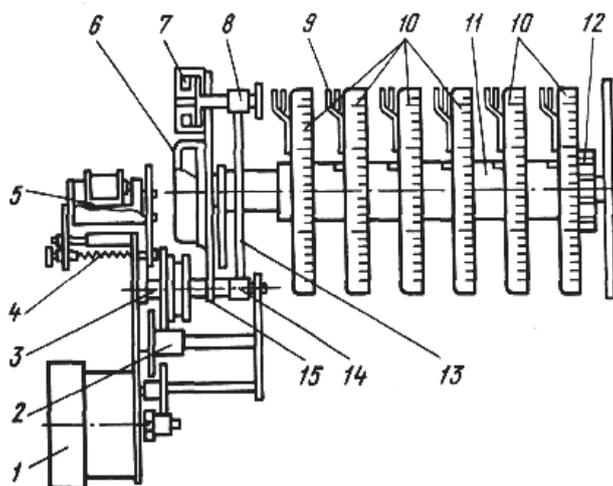


Рис. 3.7. Кинематическая схема программного реле времени ВС-10:
 1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – сцепление; 4, 6 – возвратная пружина;
 5 – электромагнит; 7 – тормоз; 8, 14 – трибки; 9 – упор; 10 – диски со шкалой;
 11 – втулка; 12 – зажимная гайка; 13 – шестерня; 15 – диск сцепления

Программное реле времени ВС-10 представляет собой электромеханическое устройство с приводом от синхронного электродвигателя 1 (рис. 3.7). Вращение двигателя передается кинематическому узлу, который состоит из редуктора 2, сцепления 3 и системы шестеренок. Трибка 14 вращает при помощи шестерни 13 одновременно все диски 10 со шкалой, одновременно входя в зацепление с трибкой 8. Через установленные интервалы времени упор 9 шкалы переключает электрические контакты реле. В зависимости от модификации реле может иметь от

трех до шести барабанов выдержек времени и такое же количество независимых контактных групп.

Реле также состоит из электромагнита 5, возвратной пружины 6, тормоза 7, втулки 11 и диска сцепления 15.

Установка времени срабатывания контактных групп производится перемещением барабанов выдержки времени при отпущенном положении зажимной гайки 12. При отключении напряжения диски 10 под действием возвратной пружины 4 возвращаются в исходное положение.

Вопросы к главе 3

1. Типы реле, параметры реле и их контактов.
2. Реле времени.
3. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока.

Глава 4. Коммутационные переключающие устройства

Коммутационные переключающие устройства предназначены для пуска, переключения, отключения и управления цепей автоматики и силовых цепей электроустановок.

В схемах автоматизации производственных процессов на предприятиях по хранению и переработке зерна для управления технологическим оборудованием и пускорегулирующей аппаратурой применяют разнообразные устройства для ручного или автоматического включения и выключения электрических цепей.

К ручным коммутационным переключающим устройствам относятся ключи, ползунковые и галетные переключатели, кнопки и кнопочные станции, рубильники, к автоматическим – контакторы, магнитные пускатели, командоаппараты, шаговые искатели.

Надежность работы автоматических устройств во многом зависит от качества коммутационной аппаратуры, поэтому к коммутационным устройствам предъявляются следующие требования: малые переходные сопротивления в местах соединения, быстродействие, отсутствие дуги при разрыве электрических цепей, достаточное число пар контактов и малые габаритные размеры.

§ 1. Ключи и переключатели

Ключи и переключатели представляют собой устройства, позволяющие включать одну или несколько электрических цепей. К ним относят роликовые и кнопочные ключи и переключатели для слаботочной аппаратуры и телефонии, щеточные, универсальные и ползунковые переключатели, рубильники, контакторы и магнитные пускатели.

Роликовый ключ. Состоит (рис. 4.1, *а*) из контактной группы, укрепленной на корпусе 1, рычага 3, пластмассовой рукоятки 2 и ролика 4. При переводе рукоятки рычага 3 из одного положения в другое ролик 4 нажимает на соответствующие контактные пружины и производит замыкание подвижных контактов 5, 6 и размыкание неподвижных 9. Пружины с контактами закреплены стяжными винтами 7 и изолированы друг от друга прокладками 8.

Кнопочный переключатель. В отличие от роликового ключа вместо рычажного устройства кнопочный переключатель снабжен кнопкой 10 (рис. 4.1, *б*), замыкающей при нажатии контактные пружины, расположенные на корпусе 1. Кнопочные переключатели имеют два рабочих положения кнопки, роликовые ключи – три.

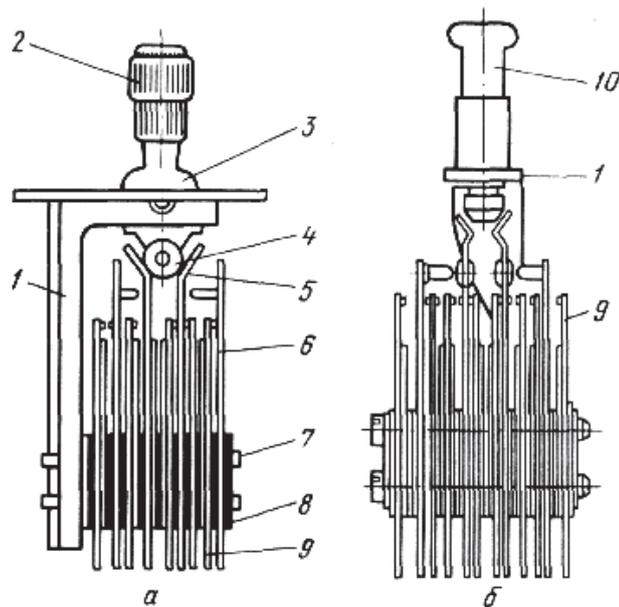


Рис. 4.1. Слаботочные ключи и переключатели: а – роликовый ключ; б – кнопочный переключатель: 1 – корпус; 2 – рукоятка; 3 – рычаг; 4 – ролик; 5, 6 – подвижные контакты; 7 – стяжной винт; 8 – прокладка; 9 – неподвижные контакты; 10 – кнопка

Ключи и переключатели изготавливают двух видов: с самовозвратом рукоятки в исходное положение и без самовозврата.

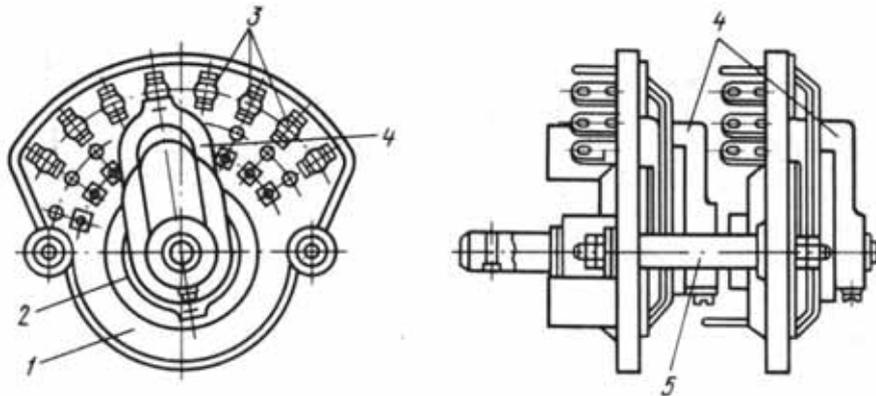


Рис. 4.2. Щеточный переключатель серии ПР: 1 – плата; 2 – токосъемное кольцо; 3 – неподвижный контакт; 4 – ползунок; 5 – ось

Щеточный переключатель ПР. Состоит (рис. 4.2) из платы 1 с токосъёмным кольцом 2 и неподвижными контактами 3, ползунка 4 и оси 5. Переключатели изготавливают на различное число контактов в секции (пять, восемь, пятнадцать, двадцать четыре). Число секций (плат) может быть от одной до шести. В каждой секции переключателей напротив неподвижных контактов сделаны углубления, в которые попадает шарик. Он под действием пружины фиксирует ползунок с контактом в определенном положении.

В качестве ключей управления используют также галетные переключатели П2Г-3, пакетные выключатели и переключатели серии ПВ, ПКП, ПКВ, ПМО, ПВМ, ППМ и др.

Универсальный переключатель серии УП используют для выборочного замыкания или размыкания цепей управления и сигнализации. Переключатели этой серии выпускают в открытом, защищенном, герметическом и взрывобезопасном исполнениях. Наибольшее применение получили переключатели УП-5360 (открытого) и УП-5400 (пылеводонепроницаемого исполнения). Контакты универсальных переключателей допускают длительную нагрузку 20 А постоянного тока, а кратковременную (до 10 с) – 75 А.

Переключатели серии УП изготавливают с числом секций от 2 до 16. При вращении рукоятки переключателя кулачки, закрепленные на центральной оси, обеспечивают замыкание или размыкание контактов в соответствии с диаграммой переключения (до 70 различных вариантов, которым соответствуют определенные заводские шифры).

Ползунковый переключатель серии ПП. Он относится к многоцепным переключателям. Контакты переключателя рассчитаны на напряжение до 250 В и ток до 1 А. Переключатель изготавливают в двух модификациях: одно- и двух- платные на 36 либо 60 контактов и применяют в системах ДАУ для переключения технологических маршрутов.

Рубильники. Это простейшие выключатели, предназначенные для ручного включения и отключения цепей постоянного и переменного тока напряжением до 500 В на номинальные токи до 1000 А. По конструктивному исполнению рубильники делятся на одно-, двух- и трех- полюсные, с передним или задним присоединением проводов. Каждый полюс рубильника состоит (рис. 4.3, а) из двух неподвижных пружинящихся контактов 1 и 3, укрепленных на изоляционной плите 2, и ножа 5, перемещающегося относительно оси 4.

Контакты рубильников на напряжение свыше 220 В постоянного тока и свыше 380 В переменного тока снабжают дугогасительными устройствами и всю конструкцию рубильника, кроме ручки 6, закрывают защитным кожухом.

Контакторы. Они служат для частого дистанционного и автоматического управления электрическими цепями до 1000 В. На рис. 4.3, б показана схема однополюсного контактора. При подаче тока в катушку контактора якорь 9 притягивается к сердечнику электромагнита 8 и замыкает контакты 7. Ток подают нажатием специальной кнопки или при помощи контактов реле автоматики. Ток коммутируемой цепи подводится к неподвижному контакту 7, а затем через замкнутые контакты и

пружинящие токопроводы 10 направляется к потребителю. Контакты снабжают дугогасительными устройствами.

Магнитный пускатель используется для дистанционного и автоматического включения и отключения электрических цепей. Он состоит из силовых контактов 12 (рис. 4.3, в), двух тепловых реле 14 и блок-контактов 11, встроенных в общий корпус. Для управления магнитный пускатель *МП* дополняют кнопочной станцией, которая состоит из кнопок пуска *SBC* и стоп – *SBT*.

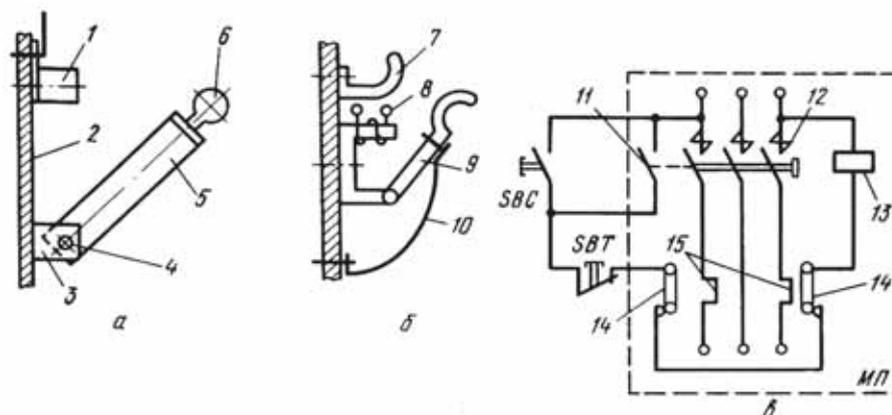


Рис. 4.3. Схемы: а – рубильника; б – контактора; в – магнитного пускателя: 1,3 – неподвижные пружинящие контакты; 2 – изоляционная плита; 4 – ось; 5 – нож; 6 – ручка; 7 – контакты; 8 – сердечник электромагнита; 9 – якорь; 10 – пружинящие токопроводы; 11 – блок-контакты; 12 – силовые контакты; 13 – электромагнит; 14 – тепловые реле; 15 – элементы тепловых реле

При нажатии кнопки *SBC* электромагнит 13 включает силовые контакты 12, закрепленные на оси, и блок-контакты 11, шунтирующие пусковую кнопку. Благодаря этому электромагнит остается включенным при отпускании кнопки *SBC*. Дистанционное отключение выполняют кнопкой *SBT*, которая разрывает цепь удерживающего электромагнита 13.

При токовых перегрузках элементы 15 биметаллических пластинок тепловых реле 14 нагреваются и размыкают контакты, отключая удерживающий электромагнит 13 и пускатель.

§ 2. Кнопки и кнопочные станции

Кнопки служат для замыкания и размыкания цепей управления. На предприятиях по хранению и переработке зерна применяют кнопки

Типов: КУВ, ПКЕ, КМЕ, КЕ-081 и др. Кнопки управления характеризуются: числом кнопочных штифтов (1, 2 и 3), которые соответственно называются «Стоп», «Пуск–Стоп» или «Вперед–Назад–Стоп»; наличием одной или двух пар контактов в каждом кнопочном штифте; нали-

чием устройства, запирающего кнопку «Стоп» после ее нажатия; конструктивным исполнением по степени защиты (закрытые, пыле-, взрывозащищенные и т. п.); номинальным напряжением (24, 110, 220, 380 В); допустимым номинальным током коммутации (до 10 А); числом коммутаций (до 10 000 включений – отключений).

На рис. 4.4, *а* изображен общий вид кнопок типов КУВ и ПКЕ, где 1 – корпус; 2 – штифт; 3 – фиксатор кнопки «Стоп». На рис. 4.4, *б* – устройство одноштифтовой кнопки, где 1, 2 – корпус и штифт соответственно; 3 – возвратная пружина. На рис. 4.4, *в*, *г*, *д* – монтажные схемы одно-, двух- и трех-штифтовых кнопок управления.

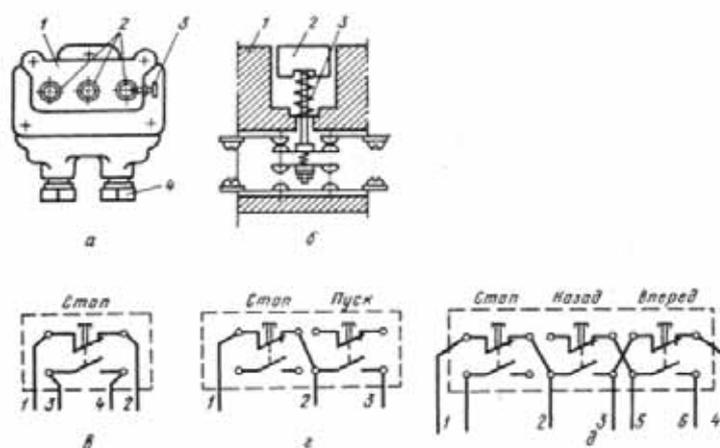


Рис. 4.4. Кнопки управления: *а* – общий вид кнопок КУВ и ПКЕ: 1 – корпус; 2 – штифт; 3 – устройство фиксации кнопки "Стоп"; 4 – вводное устройство; *б* – устройство одноштифтовой кнопки:

Как правило, кнопку «Стоп» с фиксирующим устройством монтируют непосредственно около машины или механизма. Кнопки "Стоп" устанавливают также вдоль ленточных и цепных конвейеров, по высоте нории (у головки, башмака).

Кнопочные станции. Они представляют собой набор определенного числа кнопок, которые предназначены для пуска и останова электродвигателей. Кнопочные станции используются для дистанционного управления машинами и механизмами. Они могут быть составной частью пультов в сочетании с сигнальными и контрольными устройствами. В настоящее время промышленность выпускает кнопочные станции типов ЯУ-6К, ЯУЗКС и др.

§ 3. Командоаппараты и шаговые искатели

Командоаппараты применяют для включения машин или механизмов по определенной программе. На предприятиях по хранению и

переработке зерна наибольшее распространение получили командоаппараты МКП, КЭП-12У и др. Принцип действия, например, многоцепного командного прибора МКП (рис. 4.5) состоит в том, что вращение синхронного двигателя 3 передается оси программного барабана 5 через встроенный 2 и внешний 1 редукторы.

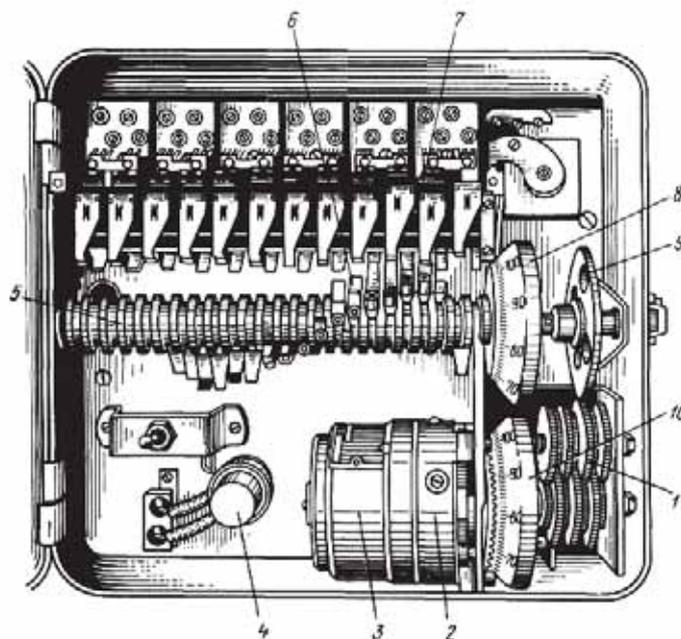


Рис. 4.5. Многоцепной командный прибор типа МКП: 1 – внешний редуктор; 2 – встроенный редуктор; 3 – синхронный двигатель; 4 – сигнальная лампа; 5 – программный барабан; 6 – кулачки; 7 – контактные пары; 8 – верхний колокол; 9 – скользящая шестерня; 10 – нижний колокол

Скользящая шестерня 9 может придавать верхнему 8 и нижнему 10 колоколам четыре положения, благодаря которым продолжительность времени выдержки изменяется в широких пределах – от 30 с до 24 ч. Программу работы задают, придавая кулачкам 6 на оси барабана 5 определенные положения. Кулачки 6 работают попарно: одни замыкают, другие размыкают контакты путевых выключателей, которые осуществляют программное управление машинами и механизмами через контактные пары 7. Сигнализация о работе прибора осуществляется лампочкой 4.

Шаговый искатель. Он представляет собой электромагнитный многопозиционный и многорядный переключатель. По принципу действия шаговые искатели делятся на вращательные (типа ШИ) и подъемно-вращательные (типа ДШИ), называемые также декадно-шаговыми.

Шаговый искатель (рис. 4.6) состоит из трех основных частей: ротора, статора и электромагнитного приводного механизма. Ротор пред-

ставляет собой подвижную часть, на которой укреплены щетки, охватывающие неподвижные контакты *1* с двух сторон. Статор состоит из неподвижных изолированных друг от друга контактных элементов, которые образуют контактные поля и называются пластинами, ламелями или штифтами. Через контакт *2* подводится ток к щеткам. Приводной электромагнит *б* приводит в движение ротор через якорь *4*, собачку *7* и храповое колесо *8*, насаженное на ось ротора. Возврат якоря происходит под усилием пружины *5*. Щетки замыкают электрическую цепь между скользящим контактом *3* и соответствующим штифтом.

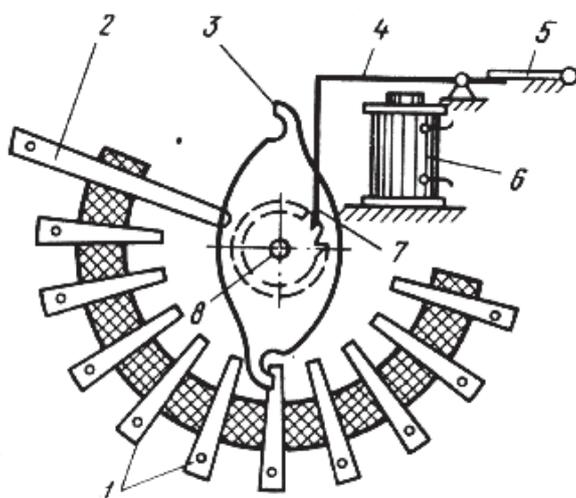


Рис. 4.6. Принципиальная схема шагового искателя с приводом прямого действия: 1 – неподвижные контакты; 2 – контакт для подвода тока к щеткам; 3 – пружины; 4 – якорь; 5 – пружина для возврата якоря; 6 – приводной электромагнит; 7 – собачка; 8 – храповое колесо

Вращательные шаговые искатели выпускаются в нескольких вариантах и отличаются друг от друга емкостью контактного поля (числом пластин в ряду и числом рядов), а также типом привода, который может быть прямого и обратного действия. Привод прямого действия перемещает ротор в процессе притяжения электромагнитного якоря, а привод обратного действия – во время отпускания якоря. При поступлении импульса тока в обмотку электромагнита шагового искателя *б* с приводом прямого действия якорь *4* притягивается к электромагниту и собачкой *7* толкает зуб храпового колеса *8*. В результате весь ротор поворачивается на один шаг, а щетки переходят на следующие соседние контакты. По окончании импульса пружина *5* возвращает якорь в исходное положение.

По числу пластин в ряду искателям присваивают тот или иной номер, например, марка ШИ-17 означает, что у искателя в ряду 17 пластин. В декадно-шаговом искателе два привода: один – для поступа-

тельного движения (подъема), другой – для вращательного. Работа ДШИ делится на два этапа: сначала механизм подъема поднимает щетки до требуемого ряда, а затем механизм вращения поворачивает щетки в ряду до требуемой пластины.

Вопросы к главе 4

1. Назначение коммутационных устройств. Их виды.
2. Кнопки и кнопочные станции, назначение, конструкция.
3. Командоаппараты и шаговые искатели – назначение, конструкция.

Глава 5. Логические элементы

В современных системах промышленной автоматики все большее применение находят устройства, построенные на бесконтактных логических элементах.

В схемах автоматического управления логические элементы выполняют роль промежуточных аппаратов. В общем случае (рис. 5.1) схема автоматического управления состоит из измерительных преобразователей (ИП), фиксирующих какое-либо положение или состояние объекта управления; логической части (ЛЧ), воспринимающей сигналы от измерительных преобразователей и в зависимости от сочетаний этих сигналов, выдающей определенные команды на исполнительные устройства (ИМ + ИО), изменяющие положение или состояние управляемого объекта (УО). Логическая часть схемы состоит из отдельных аппаратов. Аппараты, разделяемые по выполняемым функциям, называются логическими элементами.

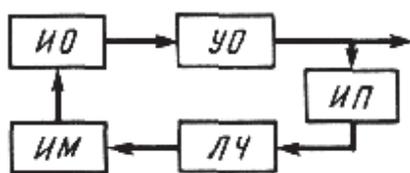


Рис. 5.1. Схема автоматического управления

По местонахождению логической части в общей схеме автоматического управления (между измерительными преобразователями и исполнительными устройствами) – промежуточными; по принципу действия – контактными или бесконтактными.

Логические элементы относят к элементам дискретного действия, которые характеризуются двумя или несколькими устойчивыми состояниями. В частности – реле (контактные и бесконтактные), импульсные усилители и пр.

В простейшем случае на выходе дискретного элемента сигнал либо есть, либо нет, а переход элемента из одного состояния в другое происходит скачком. Например, контакты реле либо замкнуты, либо разомкнуты; выходной сигнал бесконтактного элемента равен номинальной либо минимальной величине напряжения постоянного тока. Состояние выхода в первом случае («выход есть») условно обозначают как сигнал логической единицы – 1 ; во втором случае («выхода нет») – как сигнал логического нуля – 0 . Аналогично через 0 и 1 обозначают сигналы на входе элемента. Изменение входного сигнала (напряжение постоянного тока) от 0 до 1 или, наоборот, достаточно при определенных условиях для перехода дискретного элемента из одного крайнего состояния (0 или 1) в другое (1 или 0). Логическим называют такой элемент дискретного действия, сигналы которого на выходе возникают лишь при определенном сочетании сигналов на входе.

Зависимость выходного сигнала от сочетания входных сигналов называют логической функцией.

Каждая, даже самая сложная последовательность действий, выполняемая логической частью системы автоматического управления, может быть представлена в виде последовательности выполнения элементарных логических функций. Элементарными являются функции ИЛИ, И, НЕ. Различные сочетания элементарных логических функций используются для построения более сложных функций: ИЛИ–НЕ, И–НЕ и др.

Функция ИЛИ: сигнал I на выходе появляется тогда, когда возникает сигнал I хотя бы на одном из входов.

Функция И: сигнал I на выходе появляется тогда, когда есть сигналы I на всех входах.

Функция НЕ: при наличии на входе сигнала I на выходе будет сигнал 0 и наоборот.

Функция ИЛИ–НЕ: сигнал I на выходе отсутствует только тогда, когда есть сигнал I хотя бы на одном из входов.

Функция И–НЕ: сигнал I на выходе отсутствует тогда, когда есть сигналы I на всех входах.

§ 1. Элементы управления серии «Логика-Т»

Элементы управления серии «Логика-Т» позволяют во многих случаях отказаться от релейно-контактной аппаратуры, особенно в устройствах логического управления с алгоритмами обработки информации достаточной сложности, а также в устройствах, работающих в условиях повышенной запыленности, влажности и вибрации.

Достаточно широкий набор логических, временных, функциональных и усилительных элементов и удобство конструирования, наладки и обслуживания комплектных устройств на их основе по сравнению с релейно-контактной аппаратурой обеспечили возможность широкого использования этой серии в системах автоматического управления производственными процессами во многих отраслях народного хозяйства.

Основные технические решения, заложенные в проектах бесконтактных систем управления и регулирования производственными процессами с применением элементов серии «Логика-Т», прошли проверку в ходе длительной эксплуатации на передовых предприятиях по хранению и переработке зерна и показали высокую эксплуатационную надежность в работе.

Элементы серии «Логика-Т» предназначены для работы от дискретных сигналов с двумя уровнями напряжений – малым уровнем (сигнал должен быть не более 0,9 В) и большим уровнем (сигнал – не

менее 4 В напряжения постоянного тока). Полярность сигналов отрицательная.

Элементы могут работать как с контактными, так и с бесконтактными измерительными преобразователями или органами управления, которые подают на их входы сигналы указанного уровня.

Напряжение питания элементов составляет минус 12 и минус 24 В. Напряжение смещения +6 В. Номинальное напряжение исполнительных устройств, включаемых на выходе усилителей, минус 24 В.

По назначению полупроводниковые логические элементы «Логика-Т» разделяют на следующие группы: логические, функциональные, элементы времени и выходные усилители. Питание элементов осуществляется от специальных блоков питания. Ниже приводятся принципы работы и назначение основных элементов серии «Логика-Т».

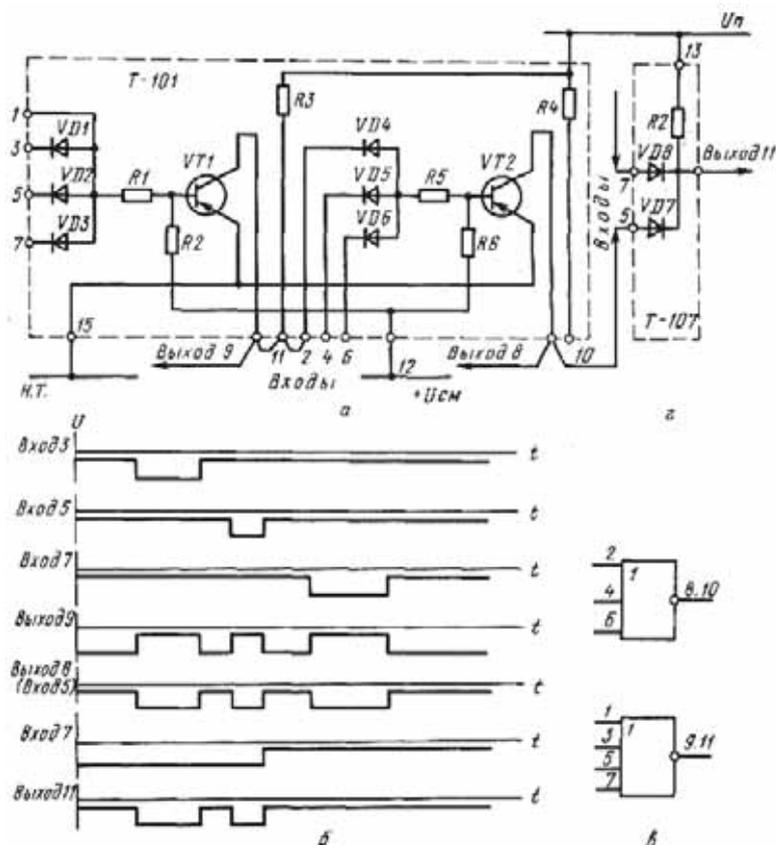


Рис. 5.2. Элемент Т-101: а – принципиальная схема; б – диаграмма работы; в – условное обозначение; г – работа на последовательную нагрузку

Элементы логических функций. Основным элементом системы, с помощью которого можно практически реализовать любую логическую задачу, является элемент Т-101. Элемент Т-101 (рис. 5.2) включает в себя две независимые схемы ИЛИ–НЕ, каждая из которых представляет собой инвертор НЕ с тремя диодными входами ИЛИ.

При отсутствии сигнала на всех входах транзистор закрыт и на его выходе возникает отрицательный потенциал, принятый в системе за 1. При подаче хотя бы на один из входов сигнала, равного 1, транзистор открывается, и сигнал на выходе исчезает.

Входами первой схемы являются выводы 1, 3, 5, 7, выходом – вывод 9, входами второй схемы – выводы 2, 4, 6, выходом – вывод 8.

При работе элемента на вход других элементов необходимо соединить выводы 9 и 11, 8 и 10, при этом к выходу элемента Т-101 можно подключать не более трех схем ИЛИ–НЕ.

Элемент Т-102 (рис. 5.3) представляет собой переключающее устройство (триггер), имеющее два устойчивых состояния. В схемах применяется в качестве счетчика импульсов. Для организации счетного входа выводы 1 и 2 объединяются между собой.

Для ориентации триггера в исходное состояние подается кратковременно нулевой потенциал на клемму 11.

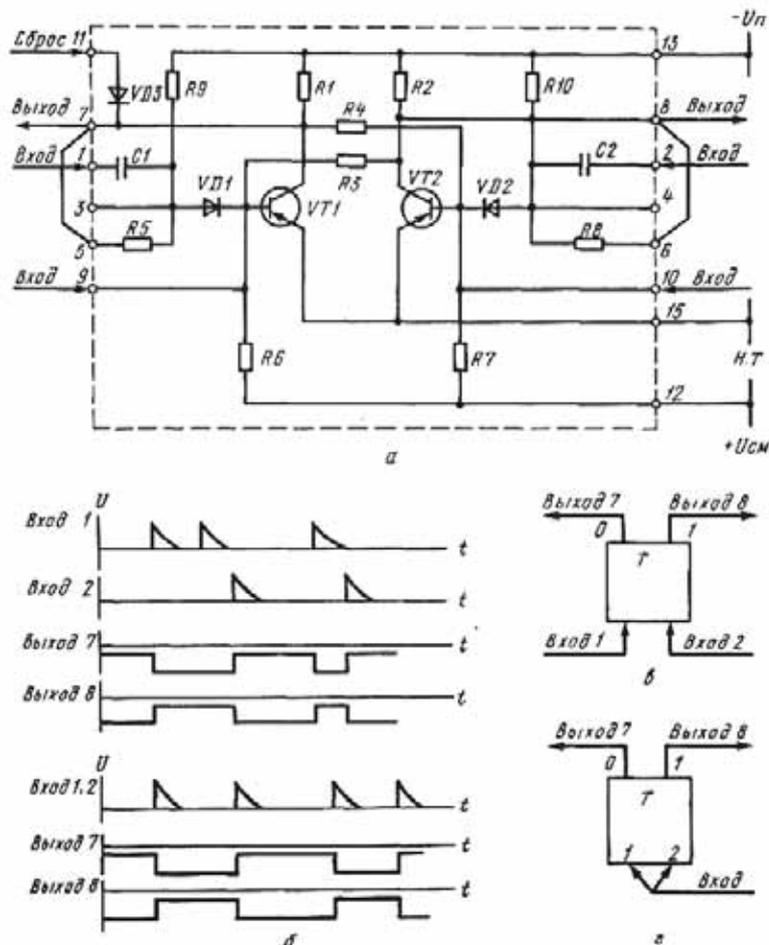


Рис. 5.3. Элемент Т-102: а – принципиальная схема; б – диаграмма работы; в – условное обозначение с отдельным входом; г – условное обозначение со счетным входом

Через диод $VD3$ потенциал коллектора транзистора $VT1$ принимает нулевое значение. При этом потенциал базы $VT2$ от $U_{см} = 6$ В через $R7$ получает положительное, близкое к нулевому значение, и $VT2$ запирается. Через $R3$ $VT1$ удерживается в открытом состоянии при снятии нулевого потенциала с вывода 11 . На коллекторе закрытого $VT2$ имеется отрицательный потенциал

$$U_{к} = \frac{U_n R3}{R2 + R3} = \frac{U_n}{2}, \quad (5.1)$$

а на базе – положительный потенциал, близкий к нулю. Эта разность потенциалов прикладывается к диоду $VD2$ (по цепи коллектор – вывод 8 – вывод 6 – $R8$) и запирает его. Закрытый диод $VD2$ не пропускает положительные сигналы, величина которых ниже $U_{к}$. Диод $VD1$, связанный с базой и коллектором насыщенного $VT1$, открыт, так как с обеих сторон приложен почти одинаковый потенциал. Поэтому диод $VD1$ легко пропускает к базе насыщенного транзистора $VT1$ положительные сигналы. Следовательно, рассмотренный диодный ключ направляет положительный сигнал только на базу насыщенного транзистора и не пропускает его к базе закрытого.

При подаче на счетный вход элемента сигнала отрицательной полярности емкость $C1$ заряжается по цепи: шина «0» – эмиттер – коллектор $VT1$ – вывод 7 – вывод 5 – $R5$ – $C1$. При этом положительный заряд накапливается на обкладке со стороны вывода 3 , а отрицательный – на обкладке $C1$ со стороны вывода 1 . Емкость $C2$ не заряжается, так как $VT2$ закрыт и с обеих сторон ёмкости $C2$ приложены одинаковые отрицательные потенциалы. Таким образом, заряжается только ёмкость, которая связана с насыщенным транзистором.

При подаче на счетный вход элемента сигнала 0 потенциалы обкладок $C1$ и $C2$ со стороны выводов 1 и 2 принимают нулевое значение, ёмкость $C1$ подключается через диод $VD1$ к переходу база – эмиттер транзистора $VT1$ положительным потенциалом на базу, рассасываются неосновные носители, накопленные в области базы, запирается транзистор $VT1$ и открывается транзистор $VT2$, т.е. триггер опрокидывается.

После опрокидывания триггера с подачей на выход элемента сигнала отрицательной полярности заряжается емкость $C2$. Емкость $C1$ при этом почти не заряжается. Подача на вход сигнала 0 вызывает разряд емкости $C2$, и триггер возвращается в исходное состояние.

В связи с относительно невысоким выходным потенциалом к выходу триггера можно подключать не более одной параллельной нагрузки.

Элемент Т-107 (рис. 5.4) реализует операцию И в следующих сочетаниях: две схемы И на четыре входа или одну схему И на шесть входов, и одну схему И на два выхода.

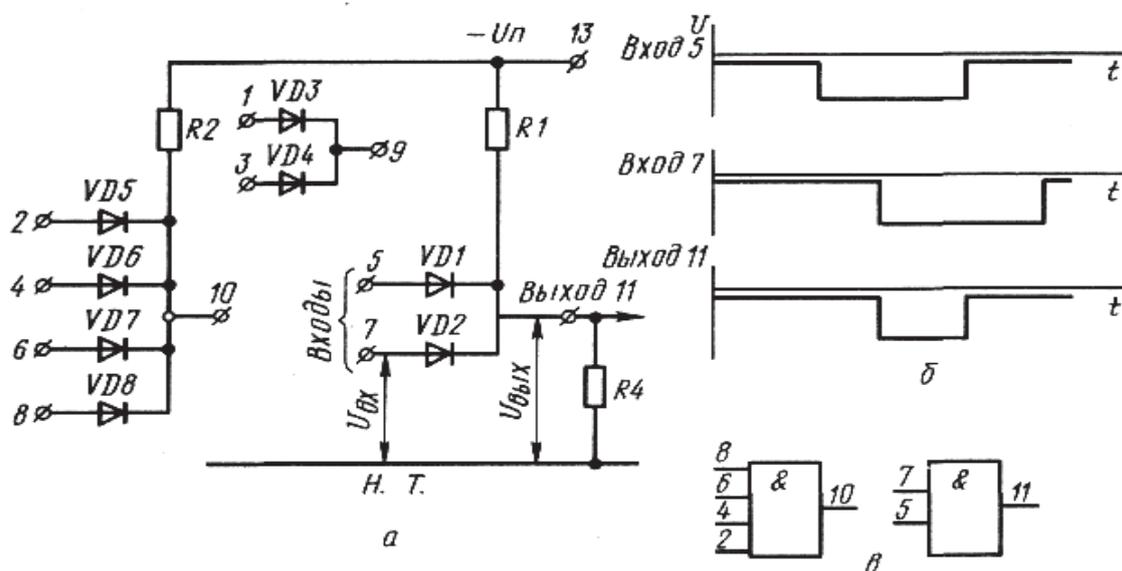


Рис. 5.4. Элемент Т-107: а – принципиальная схема; б – диаграмма работы; в – условное обозначение

Выходы анодов диодов являются входами схемы. Катоды диодов соединяются между собой и служат выходом элемента.

При наличии на одном из входов сигнала логического нуля обеспечивается открывание соответствующего диода $VD1$. По цепи, состоящей из диода $VD1$ и резистора $R1$, проходит ток I_d , падение напряжения на диоде $VD1$ составляет не более 0,5 В, и на выходе 11 элемента Т-107 устанавливается логический нуль. Такое же положение сохраняется, если нулевые сигналы поданы на два и более входа.

Сигнал 1 на выходе схемы И формируется только при наличии отрицательных потенциалов – сигналов 1 на всех его входах. Полупроводниковые диоды $VD1-VD4$ в этом случае закрыты, так как к ним приложено обратное напряжение. Выходное напряжение элемента определяется величинами резисторов $R1$ и $R4$.

В элементе Т-107 с помощью внешних подсоединений осуществляется увеличение числа входов схем совпадения. Используя эти схемы, необходимо помнить, что подача на вход элемента логического нуля и разрыв входной цепи не являются эквивалентными величинами.

Обрыв в цепи диода или неиспользование входа равносильны подаче сигнала 1 на вход.

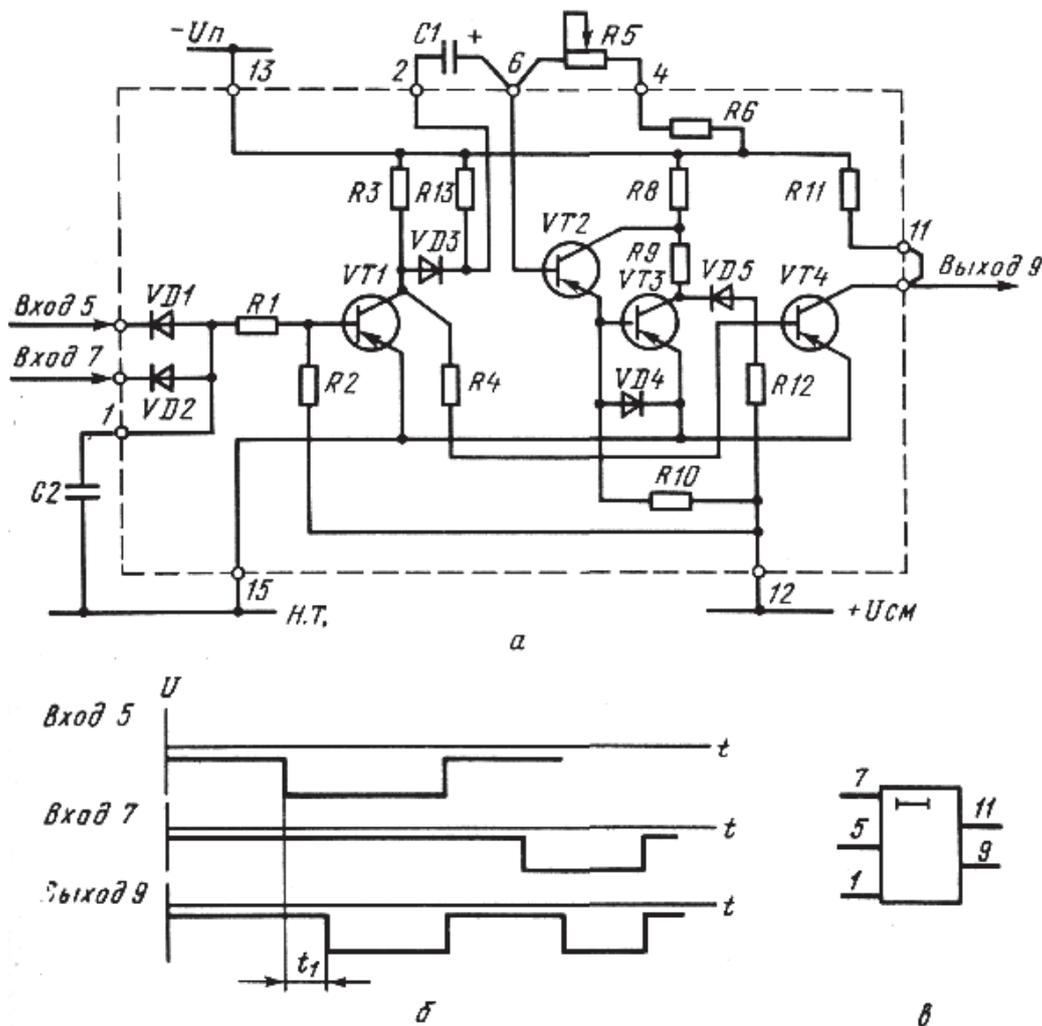


Рис. 5.5. Элемент Т-303: а – принципиальная схема; б – диаграмма работы; в – условное обозначение.

Для обеспечения надежной работы бесконтактных схем число входов элемента И ограничивается десятью. Кроме того, допускается последовательное соединение только двух диодных ячеек совпадения.

Элементы времени обеспечивают появление выходного сигнала с задержкой на время t после поступления входного сигнала на один из входов. Примером данных элементов является элемент Т-303 (рис. 5.5).

Сигнал на выходе пропадает одновременно с исчезновением входного сигнала.

При подаче сигнала на один из входов схемы (выводы 7, 5) транзистор $VT1$ переходит в режим насыщения. При этом потенциал вывода 2 принимает нулевое значение, потенциал вывода 6 – положительное значение, а транзисторы $VT2$ и $VT3$ закрываются.

Потенциал коллектора транзистора $T3$ принимает отрицательное значение и через диод $VD5$ транзистор $VT4$ поддерживается в насыщен-

ном состоянии после снятия отрицательного потенциала по цепи коллектор транзистора $VT1$ – резистор $R4$ – база транзистора $VT4$.

Режим отсечки транзисторов $VT2$ и $VT3$ обеспечивается до тех пор, пока конденсатор $C1$ не разрядится до нуля через резисторы $R5$ и $R6$ на источник питания. Затем конденсатор $C1$ начинает заряжаться напряжением обратной полярности. При нарастании напряжения на конденсаторе до 0,1 В происходит насыщение транзисторов $VT2$ и $VT3$. С насыщением транзистора $VT3$ снимается отрицательный сигнал с базы транзистора $VT4$, который запирается, так как на обоих его входах присутствуют положительные потенциалы: на выходе появляется сигнал, задержанный на время

$$t_1 = 0,7(R6 + R5)C1. \quad (5.2)$$

При снятии входного сигнала транзистор $VT1$ запирается, отрицательный потенциал с коллектора $VT1$ поступает через резистор $R4$ на базу транзистора $VT4$ и открывает его, сигнал на выходе исчезает. Так как транзистор $VT1$ закрыт, то потенциал вывода 2 принимает отрицательное значение, вывод 6 – положительное.

Конденсатор $C1$ заряжается через резистор $R12$ за время, меньшее 0,5 с, и транзисторы $VT2$ и $VT3$ запираются. Время заряда конденсатора равно

$$\Delta t = 0,7R12 \cdot C1. \quad (5.3)$$

После заряда конденсатора $C1$ элемент готов к новому действию. Для правильной работы элемента повторный сигнал на вход может быть подан не ранее чем через 0,5 с.

В противном случае выдержка времени окажется меньше заданной. Если входной сигнал исчезнет до того, как истекла выдержка времени, то сигнал на выходе не появится.

На выходе элемента в момент подачи сигнала на его вход возможно появление кратковременного импульса, который следует погасить, включив конденсатор емкостью 0,05 мкФ между выходом элемента и нулевой шиной (между выводами 9, 15).

Выдержка времени может регулироваться в пределах от 1 до 10 с путем изменения постоянной времени разряда цепочки $R_p - C1$ при помощи резистора $R6$, где $R_p = R6 + R5$.

Функциональные элементы предназначены для преобразования плавно изменяющегося напряжения измерительного преобразователя в дискретный выходной сигнал. Примером таких элементов является элемент Т-202 (рис. 5.6), который представляет собой двухкаскадный уси-

литер постоянного тока на транзисторах $VT1$ и $VT2$ с положительной обратной связью, обеспечивающей лавинообразное увеличение выходного напряжения при достижении входным напряжением заданного уровня и такое же снижение выходного напряжения при уменьшении входного сигнала (рис. 5.6).

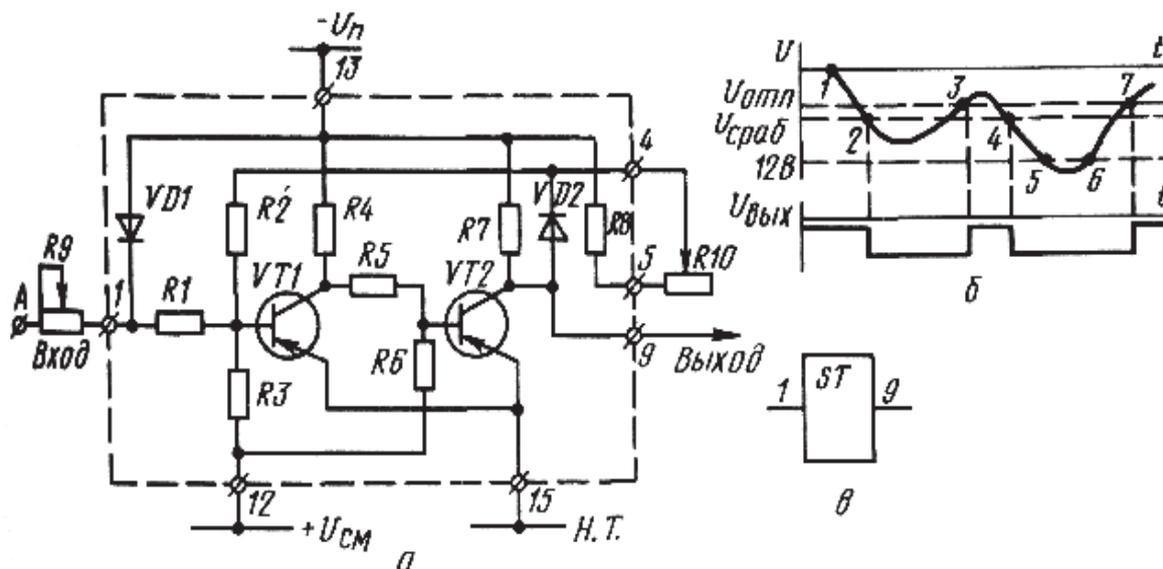


Рис. 5.6. Элемент Т-202:

Цепь положительной обратной связи (вывод 4) подключается к резисторам $R10$ и $R8$, которые при срабатывании элемента отделяются от выхода элемента обратным смещенным диодом $VD1$. Ток обратной связи не зависит от величины нагрузки. Регулирование величины тока обратной связи и, следовательно, коэффициента возврата элемента производится резистором $R10$, а напряжение срабатывания – резистором $R9$. При кратковременном или длительном повышении входного напряжения амплитуда его ограничивается диодом $VD2$.

Рассмотрим работу элемента. При небольшом входном потенциале $VT1$ закрыт, а $VT2$ открыт, на выходе 9 сигнал равен 0. Когда входной сигнал достигает величины срабатывания, $VT1$ открывается, а $VT2$ закрывается, на выходе 9 сигнал примет значение 1.

В дальнейшем сигнал 0 на выходе элемента появится при снижении входного напряжения. Если напряжение недопустимо возрастет, то на входе 1 оно не превысит $U_{п}$, так как в этом случае диод $VD1$ включен в проводящем направлении, сопротивление его мало, и вход 1 соединится как бы накоротко с шиной питания. Напряжение срабатывания элемента от 5 до 20 В постоянного тока. Нагрузочная способность элемента – три параллельных нагрузки и один счетный вход триггера.

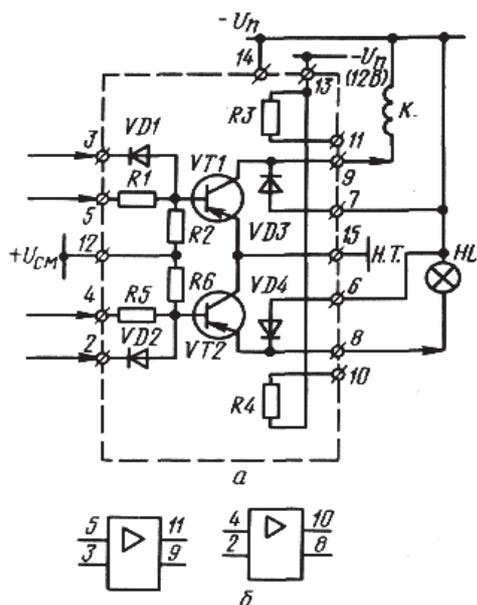


Рис. 5.7. Элемент Т-402:
 а – принципиальная схема;
 б – условное обозначение

При работе с реостатным входом усилитель используется в номинальном режиме (до 70 мА). Входное сопротивление реостатного входа вдвое меньше входного сопротивления обычного логического элемента и равно 680 Ом. Следовательно, с точки зрения нагрузки для предыдущего элемента усилитель Т402 с реостатным входом эквивалентен двум параллельно включенным элементам. Если используется диодный вход, усилитель работает в форсированном режиме, т.е. в режиме повышенной мощности. В этом случае сопротивление равно примерно 100 Ом. Выходное напряжение управляющего элемента падает до 1,5 В, и в связи с этим подключение к нему других элементов, кроме диодного входа усилителя, не допускается. Диодный вход используют для увеличения тока нагрузки до 125 мА. Нагрузка включается между выходами 8 и 9 и шиной питания ($U_{\text{п}} = -24 \text{ В}$). Параллельно нагрузке присоединяются диоды $VD3$ или $VD4$, которые обеспечивают при отключении тока нагрузки защиту выходных транзисторов $VT1$ и $VT2$ от перенапряжений.

§ 2. Элементы управления серии «Логика-И»

Серия элементов «Логика-И» построена на базе цифровых высокопомехозащищенных интегральных микросхем (ИС) К511, герконовых реле и других малогабаритных компонентов (оптопар, тиристоров, симисторов). В этой серии по сравнению с «Логикой-Т» значительно расширена номенклатура логических и других групп, введена подгруппа

Элементы-усилители. Используются при работе с большим числом бесконтактных устройств. Примером усилителей является элемент Т-402 (рис. 5.7). В режиме согласования работа элемента допускается при напряжении питания -12 В , причем выходы 9, 11 или 8, 10 объединяют.

Усилитель Т-402 может быть использован в качестве выходного усилителя для сравнительно маломощных нагрузок. В усилителе Т-402 размещено независимо друг от друга два усилителя, каждый из которых представляет собой инвертор на одном транзисторе и имеет два входа: реостатный (выводы 4, 5) и диодный (выводы 2, 3).

логики-цифровых узлов, увеличено среднее число функций, реализуемых одним элементом. Серия «Логика-И» имеет более высокие показатели надежности, помехозащищенности, нагрузочной способности, чем «Логика-Т».

Все ИС выполнены на базе биполярных $n-p-n$ и $p-n-p$ транзисторов. Основной логической схемой серии К511 является схема И–НЕ, тогда как в серии «Логика-Т» основной логической схемой является ИЛИ–НЕ.

На рис. 5.8, а, б показаны электрические схемы, реализующие функцию 4 И–НЕ с расширением по И. На рисунке видно, что элементарные логические функции реализуются различными частями схемы: функция И – при помощи входных $p-n-p$ транзисторов $V1-V4$ с заземленными коллекторами (вход Vx_p обеспечивает возможность расширения входной логики И), функция НЕ – при помощи простого или сложного инвертора на базе $n-p-n$ транзисторов $V8$ (рис. 5.8, а) и $V8, V10$ (рис. 5.8, б).

Схемы, представленные на рис. 5.8, а, б, различаются между собой выходными каскадами. Схема на рис. 5.8, а имеет на выходе простой инвертор (транзистор $V8$) и носит название схемы с пассивным выходом, имеет сравнительно небольшую нагрузочную способность (коэффициент разветвления по выходу K_p). В серии К511 пассивный выход имеют ИС ЛА3 и ЛА5; для них $K_p < 10$.

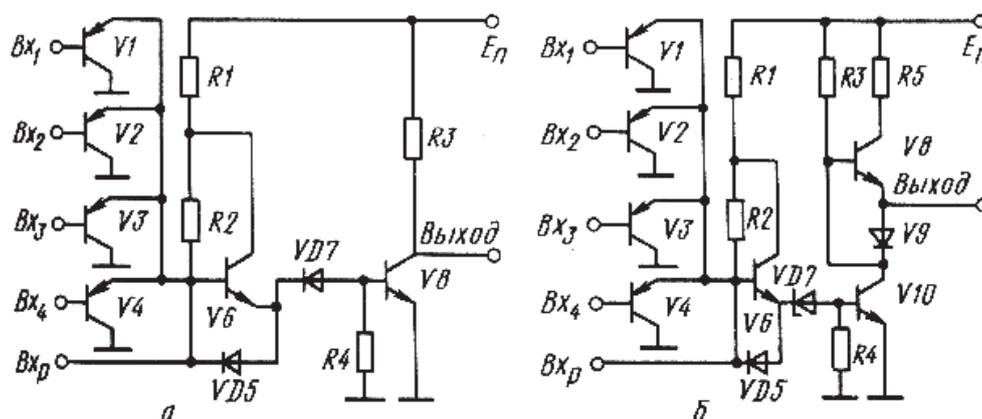


Рис. 5.8. Электрическая схема реализации функции 4 И–НЕ с расширением по И: а – с пассивным выходом; б – с активным

Схема на рис. 5.8, б имеет на выходе сложный инвертор (транзисторы $V8$ и $V10$) и носит название схемы с активным выходом. Такая схема имеет коэффициент разветвления $K_p = 25$.

К числу основных параметров ИС серии К511 относится помехоустойчивость. Высокая помехоустойчивость ИС серии К511 достигается

включением порогового диода $VD7$ (рис. 5.8), имеющего напряжение пробоя 6,3–6,5 В.

Микросхемы серии К511 потребляют сравнительно большую мощность, что обусловлено повышенным напряжением питания (15 В). Средняя потребляемая мощность для ИС серии К511 составляет от 165 до 594 мВт.

По своему назначению элементы серии «Логика-И» делятся на четыре группы:

логические, состоящие из двух подгрупп (элементов логических функций и логико-цифровых узлов);

функциональные, выполняющие прием и первичную обработку входной информации от объекта управления;

времени, реализующие временные функции: задержки, выдержки, серии импульсов определенной частоты и скважности;

выходные, выполняющие выдачу командной информации на исполнительные органы объекта управления.

Номинальное значение напряжения питания всех элементов, за исключением И-201...И-204, И-206, И-208, И-406, составляет 15 В. Элементы сохраняют работоспособность при отклонении питающего напряжения от номинального на $\pm 10\%$. Уровень пульсации напряжения питания всех логических элементов допускается не более 2 %, для всех релейных – не более 6 %, для элемента И-205 – до 0,5 %, И-301 – до 1 %. Элементы этой серии предназначены для работы в климатических условиях по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543-70. При этом высота над уровнем моря должна быть не более 2000 м, верхнее предельное значение температуры окружающего воздуха 55 °С, нижнее предельное значение температуры окружающего воздуха 10 °С, рабочее положение – любое.

Входные и выходные сигналы логических элементов – положительные относительно общей нулевой шины (НШ). Напряжение выходного сигнала для всех элементов при номинальном напряжении питания составляет: сигнала 0 – не более 1,5 В; сигнала 1 – не менее 12В.

Исключение составляет элемент И-112, у которого уровень сигнала 0...0,45 В, а также элементы И-122, И-123, у которых выход контактный. Статическая помехоустойчивость элементов по постоянному току $\Delta U_{\text{п}} \geq 4,5$ В.

Пороговое напряжение сигнала 0 составляет 6 В, т.е. сигнал на входе элемента воспринимается как 0, если его уровень не превышает 6 В; пороговое напряжение сигнала 1 составляет 8 В, т.е. сигнал на входе элемента воспринимается как 1, если его уровень не ниже 8 В. Указан-

ные пороговые напряжения характеризуют достаточно высокую помехоустойчивость логических элементов серии «Логика-И».

При использовании логических элементов серии «Логика-И» необходимо выполнять следующее правило, обусловленное особенностями ИС серии К511: незадействованные входы, кроме входов расширения, подключаются к общей шине питания 15В или объединяются с использованными входами данной схемы. Кроме того, для уменьшения потребления мощности следует все входы, не используемые в элементе ИС, или отдельных логических схем подключать к общей шине питания. Выводы *I*, *I6* элементов предназначены для подключения питания (причём, вывод *I* – положительный).

Элементы логических функций предназначены для реализации функций алгебры логики (Булевой алгебры) и хранения информации.

Набор элементов данной подгруппы обеспечивает:

реализацию одноступенчатой логики НЕ (элемент И-101), И (элемент И-102), ИЛИ (элемент И-105);

реализацию двухступенчатой логики И–НЕ (элементы И-103, И-104), И–ИЛИ (элемент И-106), ИЛИ–НЕ (элемент И-108);

реализацию трехступенчатой логики И–ИЛИ–НЕ (элемент И-109);

хранение информации как на *RS*-триггерах (элемент И-110), так и на *JK*-триггерах со счетным входом (элемент И-111);

хранение информации с энергонезависимой памятью (элементы И-122, И-123).

Рассмотрим схемные и логические особенности некоторых элементов подгруппы.

Элемент И-101 (рис. 5.9, *а*) состоит из семи логических инверторов, т.е. реализует семь логических функций НЕ в соответствии с уравнением

$$X = \overline{X} , \quad (5.4)$$

где *X* – сигнал на входе одного из инверторов; \overline{X} – сигнал на выходе того же инвертора.

Элемент выполнен на базе двух ИС ЛА1 (*D1D2*). Элемент И-102 (рис. 5.9, *б*) реализует две функции 4 И в соответствии с уравнением

$$y = X1 \cdot X2 \cdot X3 \cdot X4 , \quad (5.5)$$

где *X1* – *X4* – входные сигналы одной из схем И;

y – выходной сигнал этой же схемы.

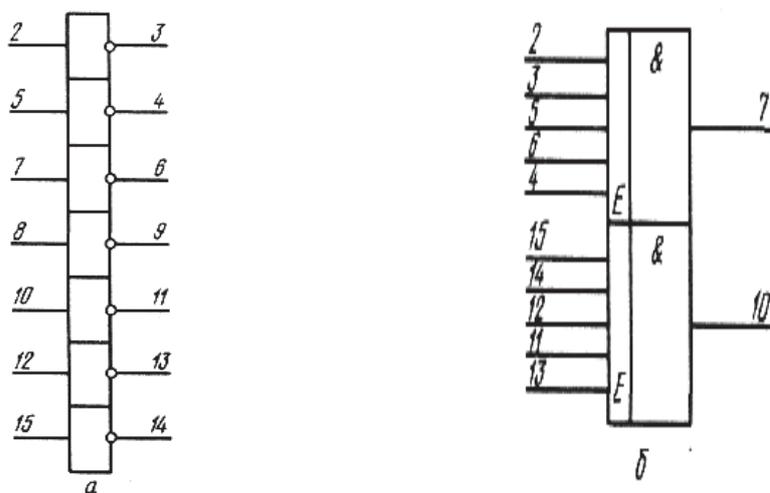


Рис. 5.9. Условные обозначения элементов:
a – И-101; *б* – И-102

В связи с тем, что элемент имеет открытый коллекторный выход, для реализации указанного уравнения требуется внешним монтажом подключить резистор с сопротивлением 10–12 кОм между соответствующим выходом элемента и шиной питания 15В. Элемент имеет два расширительных входа с обозначением *E* (выводы 4 и 13), которые могут использоваться для увеличения входов И. При объединении выводов 4 и 13 элемент реализует функцию 8 И с выходом 7 или 10.

Для увеличения числа входов схем И объединяются выводы 4 и 13 нескольких элементов И-102. К расширительным входам элемента можно подключать также *p-n-p* транзисторы по схеме с общим коллектором (например, П416), диоды (например, Д220), диодные матрицы.

Благодаря большой нагрузочной способности в открытом состоянии (100 мА) элемент И-102 можно использовать с непосредственным подключением к соответствующим реле или лампам, а также для передачи сигналов на длинную линию без значительного искажения фронтов. Элемент выполнен на базе одной ИС типа ЛИ1 (*D*).

Элемент И-105 (рис. 5.10, *a*, *б*) реализует две функции 4 ИЛИ в соответствии с уравнением

$$y = X_1 + X_2 + X_3 + X_4, \tag{5.6}$$

где X_1-X_4 – входные сигналы одной из схем ИЛИ; y – выходной сигнал той же схемы.

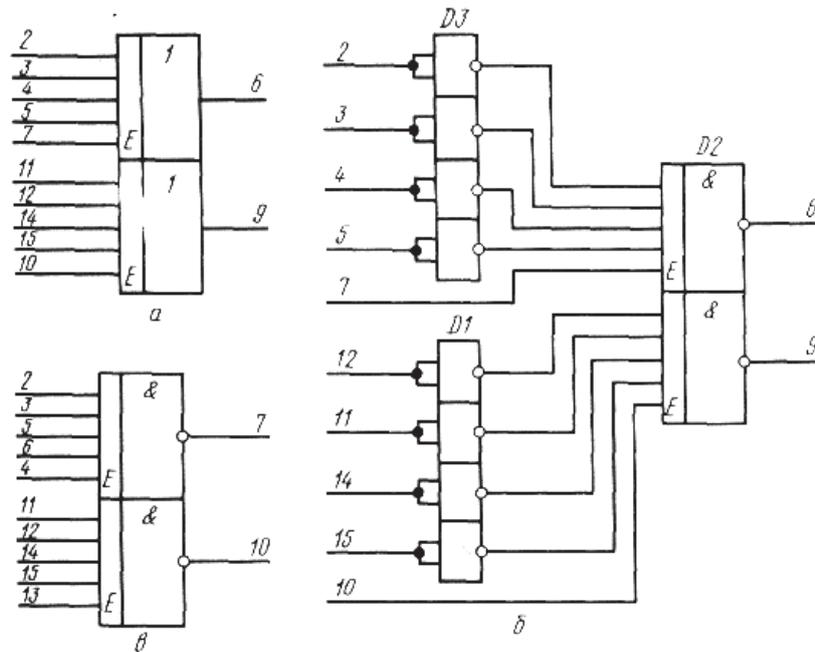


Рис. 5.10. Условное обозначение (а) и функциональная схема (б) элемента И-105, условное обозначение элемента И-104 (в)

В связи с тем, что в наборе ИС серии К511 отсутствует «готовая» функция ИЛИ, схема элемента И-105 построена в соответствии с теоремой де Моргана на базе схем НЕ и И–НЕ

$$X1 + X2 + X3 + X4 = \overline{\overline{X1} \cdot \overline{X2} \cdot \overline{X3} \cdot \overline{X4}}, \quad (5.7)$$

Для увеличения числа входов ИЛИ элемент имеет два расширительных входа (выводы 7 и 10). При объединении выводов 7 и 10 элемент реализует функцию 8 ИЛИ с выходом 6 или 9.

Для увеличения входов схем ИЛИ объединяются выводы 7 и 10 нескольких элементов И-105. К расширительным входам элемента запрещается подключать транзисторы, диоды, матрицы, а также объединять их с расширительными входами других типов элементов. Элемент выполнен на базе двух ИС ЛА5 (D1, D3) и одной ИС ЛА4 (D2).

Элемент И-104 (рис. 5.10, в) реализует две функции 4 И–НЕ в соответствии с уравнением

$$y = X1 \cdot X2 \cdot X3 \cdot X4, \quad (5.8)$$

где $X1-X4$ – входные сигналы одной из схем И–НЕ; y – выходной сигнал той же схемы.

Как уже было показано, функция И–НЕ является универсальной, поэтому элементы И-104 так же, как И-103, являются базовыми. Для увеличения числа входов И элемент имеет два расширительных

входа Е (выводы 4 и 13). При объединении выводов 4 и 13 элемент реализует функцию 8И–НЕ с выходом 7 или 10 по уравнению

$$y = \overline{X1 \cdot X2 \cdot X3 \cdot X4 \cdot X5 \cdot X6 \cdot X7 \cdot X8}. \quad (5.9)$$

Для увеличения числа входов схем И–НЕ объединяются выводы 4 и 13 нескольких элементов И-104. К расширительным входам элемента можно подключать также *p-n-p* транзисторы типа П416, диоды типа Д220, диодные матрицы. Элемент выполнен на базе одной ИС ЛА-4.

Элемент И-108 реализует четыре функции 2 ИЛИ–НЕ в соответствии с уравнением

$$y = \overline{X1 + X2},$$

где $X1, X2$ – входные сигналы одной из схем ИЛИ–НЕ; y – выходной сигнал той же схемы.

Элемент И-109 реализует функцию 4 И-2 ИЛИ–НЕ в соответствии с уравнением

$$y = \overline{X1 \cdot X2 \cdot X3 \cdot X4 + X5 \cdot X6 \cdot X7 \cdot X8}. \quad (5.10)$$

Схема, реализующая данную функцию, – трехступенчатая, у которой первая ступень – две схемы 4 И, вторая – схема 2 ИЛИ, третья – схема НЕ. Выходной сигнал $y = 0$ в тех случаях, когда любая конъюнкция дает 1 либо обе конъюнкции дают 1.

Элемент И-110 содержит два *RS*-триггера с асинхронным и синхронным управлением, выполненных на базе И–НЕ. Основное назначение элемента – хранение и накопление информации.

Элемент И-111 содержит два *JK*-триггера, монолитно выполненных на одной ИС типа ТВ 1. Элемент предназначен для хранения и накопления информации, построения делителей частоты и двоичных счетчиков с произвольным коэффициентом деления.

Элемент И-122 (рис. 5.11) представляет собой схему с энергонезависимой памятью, обладающей свойством сохранять информацию и при выключенном напряжении питания. Элемент выполнен на основе герконового реле типа РПГ-12 с магнитной памятью, которое и обеспечивает способность устойчиво сохранять замкнутое состояние герконов при снятии напряжения за счет остаточной намагниченности постоянного магнита и сердечника, входящих в магнитопровод реле.

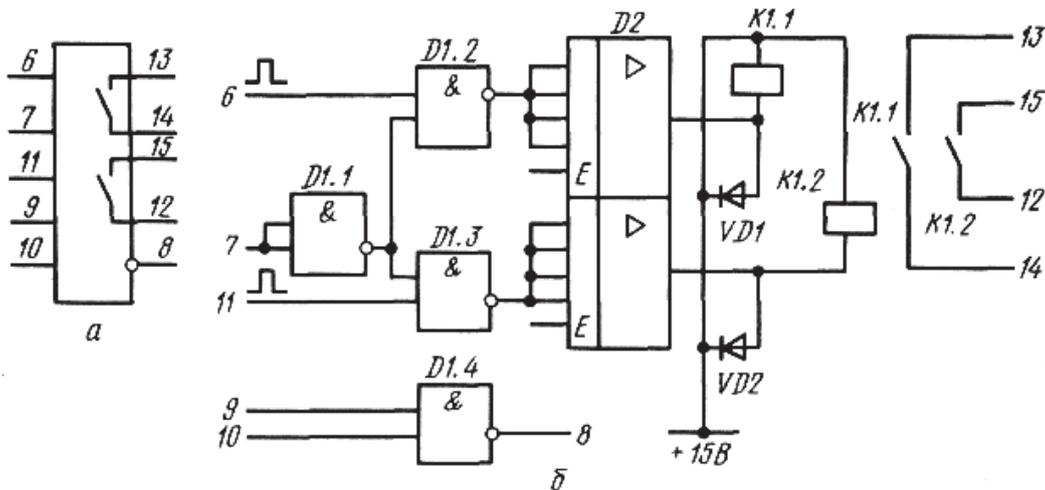


Рис. 5.11. Условное обозначение (а) и функциональная схема (б) элемента И-122

Схема элемента памяти состоит из реле $K1$ с магнитной памятью, ключевого усилителя на ИС $D2$ и логической схемы управления на ИС $D1$. Условно принято считать замкнутое состояние контактов реле выходной цепи за 1, разомкнутое – за 0. Реле элемента имеет две обмотки управления:

- для записи сигнала 1 (запись информации) необходимо по одной (включающей) обмотке реле пропустить ток или импульс тока, который создаст магнитное поле, достаточное для замыкания контактов с последующим удержанием их полем постоянного магнита;
- для записи сигнала 0 (стирание информации) необходимо пропустить ток по другой (отключающей) обмотке, который создаст поле противоположной направленности полю постоянного магнита и обеспечит тем самым размыкание контактов.

Необходимый ток через обмотки реле элемента обеспечивается усилителями $D2$ с открытым коллекторным выходом и допустимым током 0,1 А.

Управление записью информации в элемент памяти производится подачей сигнала 1 на вход 6, связанный с одним входом схемы 2 И–НЕ $D1.2$. При наличии на ее втором входе сигнала 1, на выходе И–НЕ появляется сигнал 0, который, поступая на вход усилителя, обеспечивает открывание его выходного транзистора и протекание тока через включающую обмотку реле $K1.1$. Контакты замыкаются, обеспечивая запись сигнала 1, и остаются в этом состоянии при установлении на входе 6 сигнала 0.

Стирание записанной информации производится подачей сигнала 1 на вход 11, который переключает схему 2 И–НЕ $D1.3$ и усилитель $D2$.

Ток, поступающий при этом в отключающую обмотку реле $K1.2$, отключает реле $K1$, которое обеспечивает размыкание контактов и тем самым состояние 0 на выходе элемента.

По входу 7 при подаче на него сигнала 1 осуществляется запрет для прохождения сигналов записи и стирания информации на входы усилителей. Сигнал запрета, проходя через инвертор $D1.1$, устанавливает на объединенных входах схем 2 И–НЕ $D1.2, D1.3$ сигнал 0 , препятствующий их переключению от управляющих сигналов.

Как указывалось выше, отличительной особенностью элемента является сохранение информации при выключении напряжения питания. Информация сохраняется и при последующем включении питания при условии подачи сигнала запрета на вход 7 . В качестве такого сигнала можно использовать установочный сигнал (сигнал «Сброс»), например, элемента-формирователя типа И-113.

Пример организации записи информации и её сохранения при выключении и последующем включении напряжения питания приведен на рис. 5.12. В данном случае запись информации осуществляется с выхода 5 импульсом элемента И-113, включенного по схеме формирования укороченного импульса. Запрет при включении питания вырабатывается также элементом $D1$ на вход 7 элемента $D2$: в момент включения питания подается импульс с уровнем 1 длительностью 1 с.

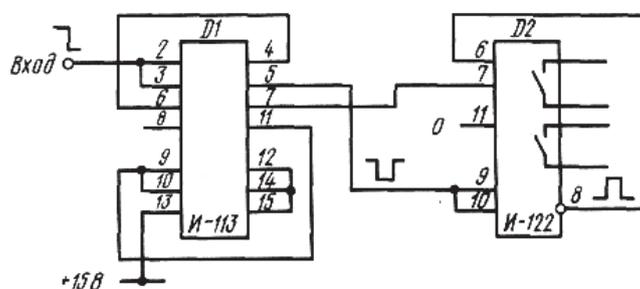


Рис. 5.12. Пример организации записи информации и её сохранения при выключении и последующем включении напряжения питания на элементах И-112 и И-113

Элемент может найти применение при построении постоянных запоминающих устройств (ЗУ) с возможностью перепрограммирования для хранения фиксированных программ, таблиц различных функций и т.д., а также для оперативных ЗУ с низким быстродействием, малой емкостью.

Использование в элементе герконового реле обеспечивает гальваническую развязку выходной цепи от цепи управления, повышающую помехозащищенность схемы элемента и позволяющую непосредственно

управлять цепями сигнальных и маломощных исполнительных устройств с напряжениями питания, отличающимися от напряжения питания элемента.

Элементы логико-цифровых узлов предназначены для реализации различных логико-цифровых алгоритмов управления, используемых в системах промышленной автоматики, устройствах регулирования и программного управления электроприводами и другими технологическими механизмами.

Под логико-цифровыми узлами понимают схемы, которые выполняют логико-цифровую обработку информации, такую, например, как подсчет импульсов, преобразование и сравнение кодов, сложение двоичных чисел и т.п.

Набор элементов данной подгруппы обеспечивает:

сложение, вычитание и сдвиг импульсов (элементы И-114, И-115, И-121);

преобразование кодов (элементы И-116 – И-118);

сравнение и сложение чисел, представленных в двоичном коде (элементы И-119, И-120).

Несколько условно к данной подгруппе отнесен элемент И-113 – преобразователь длительности импульсов.

Элемент И-113 (рис. 5.13) предназначен для формирования: импульсов заданной длительности и разового установочного импульса для ориентирования триггерных схем при включении питания.

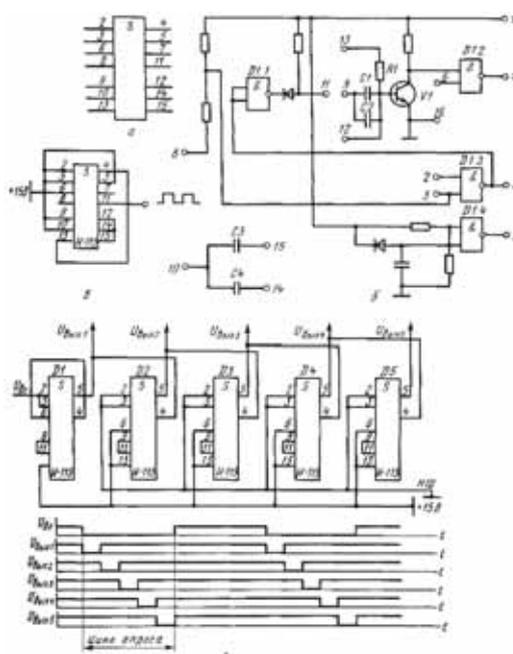


Рис. 5.13. Элемент И-113: а – условное обозначение; б – функциональная схема; в – генератор импульсов; г – распределитель импульсов

Рассмотрим выполнение элементов первой функции.

Формирование импульсов заданной длительности выполняется ИС *D 1.1*, *D 1.2*, *D 1.3*, транзистором *VI*, конденсаторами *C1–C4* и резистором *R1*. Формирующая цепь собирается с помощью перемычек на выводах элемента. При этом входом цепи являются выводы *2*, *3*, выходом – выводы *4*, *5*. Элемент формирует импульсы уровня *0*, длительность которых определяется параметрами используемых компонентов *RC*-цепи.

Для получения выдержки времени используется принцип перезаряда конденсатора, исключаяющий зависимость выдержки от плавных изменений напряжения питания. Достоинствами схемы формирователя элемента И-113 являются стабильность длительности, высокая крутизна фронтов выходных импульсов, отсутствие ограничений на длительность фронта запускающего сигнала. Использование транзистора *VI* в схеме позволяет уменьшить емкость вреязадающего конденсатора для получения заданных длительностей выходных импульсов.

Коэффициент использования емкости конденсатора K_c для данного элемента при нормальном напряжении питания 15 В примерно равен 20 мкФ/с. Емкость каждого конденсатора *C1–C4* составляет 0,05 мкФ; таким образом, максимальная длительность импульса, формируемого элементом, может быть порядка 10 мс, минимальная – 1,25 мс. Требуемая длительность импульса достигается установкой перемычек на выводах *9–12*, *14*, *15*. Например, для получения максимальной длительности надо соединить между собой выводы *12,14, 15* в одну группу, а выводы *9, 10, 11* в другую группу, а для получения минимальной длительности следует соединить выводы *9, 14* в одну группу, а выводы *10, 11* – в другую.

Путем переключения контактных выводов некоторых точек схемы формирователя на элементе И-113 возможно выполнение следующих импульсных схем:

- формирования укороченных импульсов;
- формирования расширенных импульсов;
- генерирования прямоугольных импульсов;
- задержки отрицательного фронта импульса.

На рис. 5.14 показана схема формирования укороченных импульсов, из которой видно, что для получения укороченных импульсов вреязадающие конденсаторы *C1, C2* подключаются к выходу ИС *D1.1* (соединение выводов *9* и *12*), сигнал требуемой длительности снимается с вывода *5*. В исходном состоянии конденсаторы *C1, C2* заряжены до напряжения, близкого к напряжению питания. Транзистор *VI* открыт,

вследствие чего ИС $D1.2$ выдает исходный сигнал I . Фронт формируемого импульса на выходе (вывод 5) появляется в момент подачи на вход элемента (выводы 2 или 3) фронта входного сигнала (с 1 на 0), а спад – после разряда конденсаторов, т.е. после возвращения транзистора в исходное (открытое) состояние. Длительность входного сигнала 0 при этом должна превышать длительность выходного импульса.

Рассмотрим выполнение второй функции элементом И-113. Формирование разового установочного импульса выполняется ИС $D1.4$. В момент питающего напряжения на выводе 7 элемента появляется сигнал I длительностью 1 с.

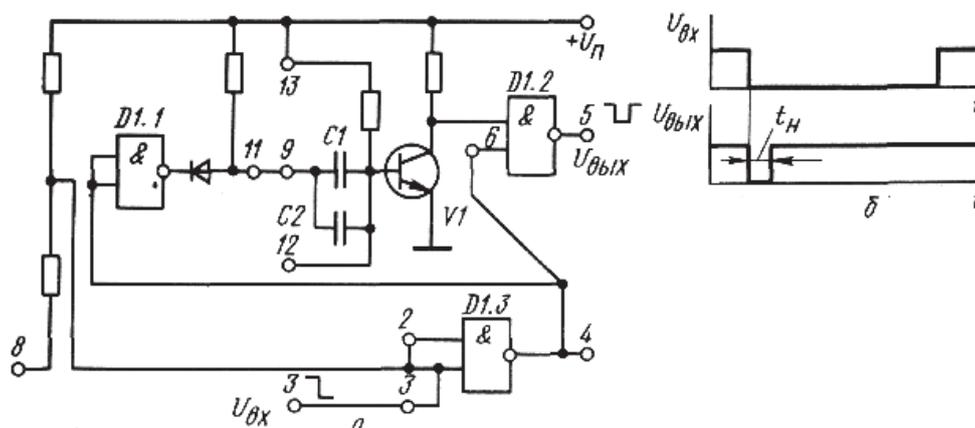


Рис. 5.14. Схема формирования укороченных импульсов (а) и временная диаграмма (б)

Установочный импульс предназначен для принудительной установки триггерных схем в требуемое исходное положение в момент включения питания, не допуская неопределенности состояния в этих ситуациях. Это особенно важно в тех случаях, когда возможно кратковременное пропадание напряжения питания. Отсутствие принудительной установки триггерных схем в этом случае может вызвать аварийные ситуации из-за произвольной ориентации триггеров. В связи с этим при проектировании систем автоматизации с применением триггерных схем (элементы И-110, И-111, И-114, И-115, И-121) следует:

- определить триггерные схемы, для которых недопустимо произвольное состояние при включении питания;
- определить их исходное состояние (нулевое или единичное) и выделить соответствующий вход для установочного импульса;
- вывод 7 элемента И-113 соединить с этими входами триггерных схем с учетом требуемой фазы установочного сигнала.

Генератор прямоугольных импульсов (рис. 5.13, в) выполнен на трех последовательно включенных ИС $D1.1$ – $D1.3$ элемента И-113.

Распределитель импульсов на пять каналов и его временные диаграммы представлен на рис. 5.13, з. Для запуска каждого цикла опроса достаточно на вход элемента *DI* подавать сигнал 0. Подготовка к новому циклу опроса, т.е. подача на вход *DI* сигнала 1, может выполняться практически в любой момент времени отработки текущего цикла.

Элементы И-114, И-115 представляют собой счетчики, предназначенные для подсчета импульсов (И-114 – простой, И-115 – реверсивный). Счетчики элементов И-114, И-115 построены на основе *JK*-триггеров и являются поэтому одноканальными: при наличии на счетном входе сигнала 1 происходит подготовка счетчика к изменению состояния, а при отрицательном перепаде входного сигнала счетчик изменяет свое состояние.

Элемент И-114 показан на рис. 5.15. Элемент И-114 представляет собой простой четырехразрядный суммирующий счетчик с параллельным переносом. Он имеет коэффициент пересчета $K_{сч} = 10$, т.е. является двоично-десятичным счетчиком или счетной декадой. Счетчик выполнен в виде одной ИС (ИЕ1), установленной на плате элемента. Первые три разряда счетчика имеют только прямой выход *Q1*, *Q2*, *Q3* (*Q1* – младший разряд), а четвертый разряд – прямой *Q4* и инверсный *Q4* выходы.

Счетчик имеет входы как для синхронного, так и для асинхронного управления. Для синхронного управления предназначены входы *C1*, *C2*

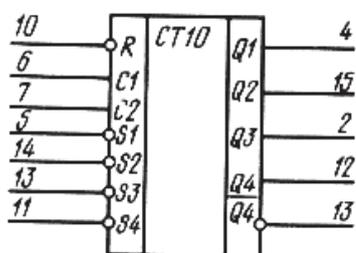


Рис. 5.15. Элемент И-114

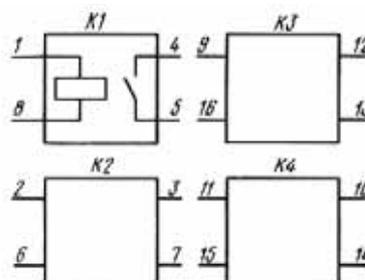


Рис. 5.16 Функциональный элемент И-201

(выводы 6, 7), на один из которых (например, *C1*) подаются счетные импульсы, а на второй (*C2*) – сигнал 1, разрешающий прием счетных импульсов. Если разрешение приема имеется постоянно, то этот вход подключается к шине 15В.

Для асинхронного управления счетчик имеет установочные выходы *R*, *S1-S4*. Активное значение сигнала на перечисленных входах – логический нуль. Вход *R* предназначен для установки счетчика в исходное (нулевое) состояние. Установочные входы *S1-S4* позволяют установить на счетчике любые числа (от 0 до 9) путем параллельного вво-

да указанных чисел в инверсном двоичном коде, уменьшая тем самым номинальный коэффициент пересчета $K_{сч}$ (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Работа счетной декады

Вход							Выход				Единица счета
<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>R</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>	<i>S4</i>	<i>Q1</i>	<i>Q2</i>	<i>Q3</i>	<i>Q4</i>	
<i>При асинхронной работе</i>											
1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	2
1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	2
0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	3
0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	4
1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	4
0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	5
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	5
0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	6
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	6
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	7
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	7
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	8
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	8
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	9
<i>При синхронной работе</i>											
<i>X</i>	<i>X</i>	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>X</i>	<i>X</i>	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1
<i>X</i>	<i>X</i>	1	1	0	1	1	0	1	0	0	2
<i>X</i>	<i>X</i>	1	0	0	1	1	1	1	0	0	3
<i>X</i>	<i>X</i>	1	1	1	0	1	0	0	1	0	4
<i>X</i>	<i>X</i>	1	0	1	0	1	1	0	1	0	5
<i>X</i>	<i>X</i>	1	1	0	0	1	0	1	1	0	6
<i>X</i>	<i>X</i>	1	0	0	0	1	1	1	1	0	7
<i>X</i>	<i>X</i>	1	1	1	1	0	0	0	0	1	8
<i>X</i>	<i>X</i>	1	0	1	1	0	1	0	0	1	9

Примечание. X - безразличное состояние.

Элементы И-116, И-117 представляют собой дешифраторы, предназначенные для преобразования цифровой информации из двоичной системы счисления в десятичную. В этих устройствах дешифраторы

могут использоваться в пересчетных и обегаяющих схемах, в распределителях импульсов, в схемах цифровой индикации положений (состояний) исполнительных органов и т.п.

Элемент И-118 представляет собой шифратор и предназначен для преобразования цифровой информации из десятичной системы счисления в двоичную. Шифратор обеспечивает возможность ввода числовой информации в цифровые системы в виде десятичных чисел без их предварительного преобразования эксплуатационным персоналом объекта управления.

Элемент И-119 представляет собой цифровой нуль-орган, предназначенный для сравнения по модулю двух двухразрядных двоичных чисел, представленных в параллельном коде в цифровых системах автоматики.

Элемент И-120 состоит из двух независимых полных одноразрядных сумматоров комбинационного типа.

При соединении одноразрядных сумматоров элемента между собой соответствующим образом образуется двухразрядный сумматор с параллельным вводом чисел и последовательным переносом, предназначенный для поразрядного сложения двоичных чисел без запоминания.

Сумматор может использоваться в арифметических блоках систем цифровой автоматики.

Функциональные элементы обеспечивают прием и преобразование сигналов от внешних источников информации и передачу их на логические элементы.

К функциональным элементам относят входные согласующие элементы И-201-И-204, И-206, И-208, оптронные входные элементы И-207, И-209 и аналоговый компаратор напряжения И-205.

Элемент И-201 (рис. 5.16) включает четыре электрически несвязанных миниатюрных герконовых реле *K1-K4* типа РПГ-6, имеющих по одному замыкающему контакту. Входное постоянное напряжение 24 В. Эти реле способны коммутировать цепи с низкими уровнями токов, что позволяет простым способом осуществлять гальваническое разделение и согласование параметров цепей источников информации и входных цепей логических элементов. При необходимости с помощью элемента можно осуществить гальваническую развязку и в логических цепях. Элемент имеет сравнительно малую мощность управления, допускает большую перегрузку на входе.

Элементы И-202-И-204 по назначению аналогичны элементу И-201, но имеют в отличие от последнего по две электрически несвязанных схемы, а элемент И-204 – одну, каждая из которых состоит из герконовых реле *K1, K2* типа РПГ-6 с последовательно включенным с каж-

дой катушкой реле дополнительным резистором $R1$, $R2$. Этот резистор позволяет повысить верхний уровень напряжения входных сигналов и использовать элементы для непосредственного соединения с источниками информации на напряжение 48 В (И-202), 60 В (И-203), 110 В (И-204).

Элемент И-208 также предназначен для передачи сигналов от источников информации постоянного тока напряжением 15 и 24 В. Он содержит три независимые схемы, состоящие из герконовых реле $K1$ – $K3$ типа РПГ-3 с одним переключающим контактом.

Элемент И-206 (рис. 5.17) обеспечивает гальваническое разделение и преобразование дискретных сигналов, поступающих от различных источников переменного тока напряжением 220 В в логические схемы, источников построенные на элементах серии «Логика–И».

Для гальванического разделения цепей в элементе использовано электромагнитное герконовое реле K типа РПГ-6 с одним замыкающим контактом.

Входные сигналы в виде напряжения переменного тока поступают на вход элемента (выводы 3, 9). Выпрямленное мостовой схемой $V1$ и сглаженное RC -фильтром ($C1$, $C2$, $R1$) напряжение переменного тока преобразуется в напряжение постоянного тока, верхний уровень которого ограничивается стабилитронами $V2$, $V3$ до значения, допустимого для подачи на обмотку реле. Реле при наличии сигнала на входе элемента включается, замыкая контакт (выводы 12, 14), воздействует на входные цепи логических элементов.

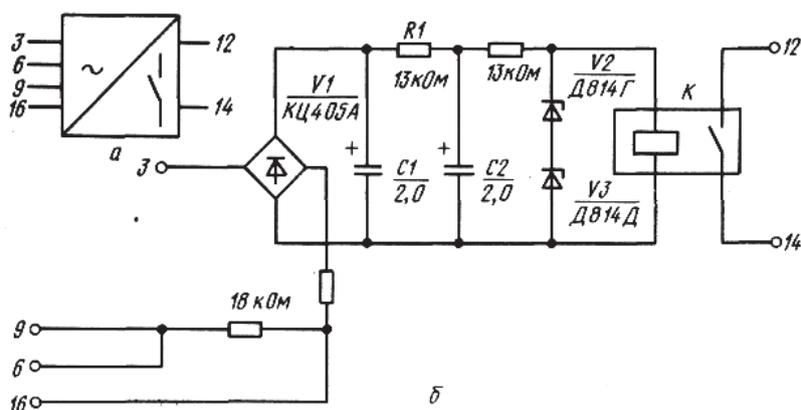


Рис. 5.17. Элемент И-206: а – условное обозначение; б – функциональная схема

Элемент И-207 с оптронным разделением входной и выходной цепей предназначен для приема дискретных информационных сигналов, поступающих от различных контактных элементов и измерительных преобразователей, реле, кнопок, переключателей, а также от бесконтактных элементов.

Элемент И-209 с оптопарным разделением входной и выходной цепей предназначен для управления от бесконтактных элементов или измерительных преобразователей с бесконтактным выходом и положительными сигналами потенциального типа. Кроме передачи информационных сигналов от различных преобразователей в логические цепи, элемент с оптопарным разделением дает возможность получить хорошую гальваническую развязку, позволяющую исключить различные сигналы помех в логических цепях, обусловленные общими цепями питания.

На рис. 5.18, а показана схема управления элемента И-207 контактными переключателями, на рис. 5.18, б – схема управления элементами И-207 и И-209 бесконтактными переключателями.

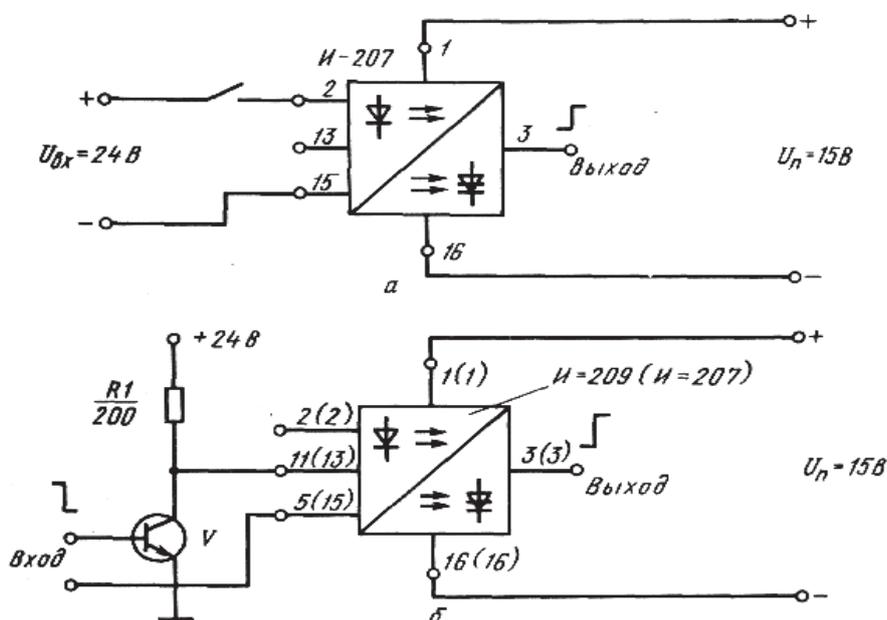


Рис. 5.18. Схема управления элементами И-207 контактными (а) переключателями и элементами И-207 и И-209 бесконтактными (б) переключателями

Элемент И-205 является аналоговым компаратором напряжения и предназначен для реализации операции сравнения двух аналоговых напряжений, формирует на выходе сигналы соответственно низкого (логический 0) и высокого (логическая 1) уровней в зависимости от знака разности сравниваемых напряжений. Элемент позволяет связывать между собой аналоговые схемы источников информации (преобразователи различных физических и электрических сигналов в напряжение и т.п.) с логическими схемами при необходимости ввода аналоговых сигналов.

Схема элемента (рис. 5.19) состоит из схемы сравнения, выполненной на базе операционного усилителя (ОУ) $A2$, выходного транзисторного каскада $V4$, источника опорного напряжения, содержащего параметрический стабилизатор напряжения на стабилитроне $V1$, регулируемый делитель напряжения ($R2$, $R5$) и операционный усилитель $A1$, и узла обеспечения регулирования коэффициента возврата ($V2$, $R3$, $R4$, $R6$, $R7$).

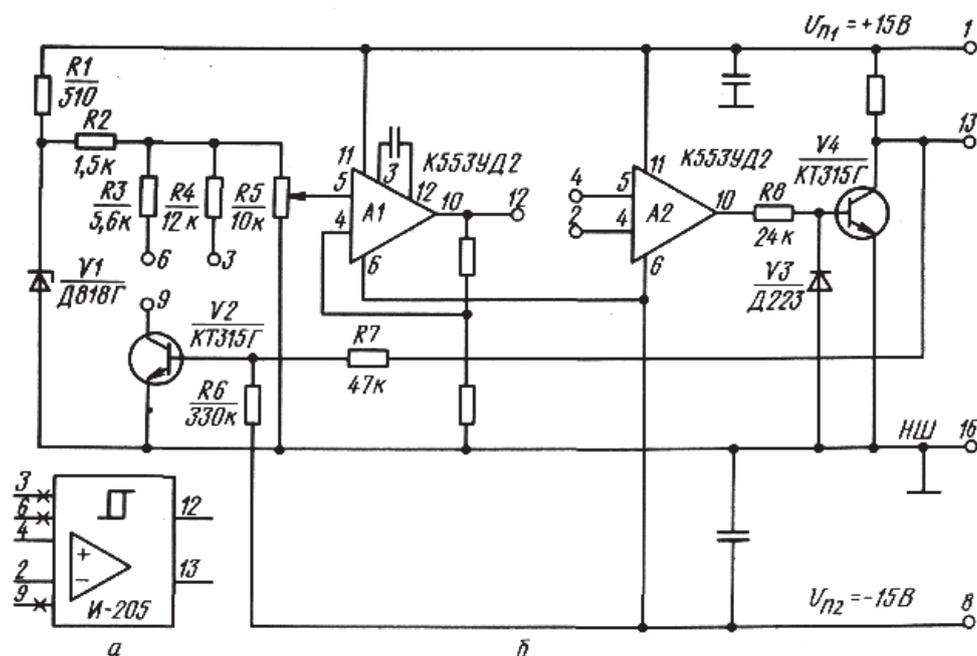


Рис. 5.19. Элемент И-205: а – условное обозначение; б – функциональная схема

Входы элемента – пороговый (вывод 4) и сигнальный (вывод 2), являющиеся входами ОУ $A2$ схемы сравнения, равноценны и позволяют производить сравнение двух внешних аналоговых сигналов в заданном диапазоне, что определяет работу компаратора в качестве нуля-органа.

При использовании компаратора для сравнения текущего значения одного входного напряжения, поданного на сигнальный вход, с некоторым заданным постоянным значением напряжения (последнее поступает на пороговый вход, например, от внутреннего источника опорного напряжения, выводы 4 и 12 соединены) и выдачи управляющего сигнала, зависящего от результата сравнения, часто называют пороговым устройством.

Компаратор работает следующим образом. Если напряжение на сигнальном входе (вывод 2) $U_{вх}$ меньше напряжения на пороговом входе (вывод 4) ($U_{оп}$) схемы сравнения $A2$, то на ее выходе напряжение положительно и поступает на базу транзистора $V4$ выходного каскада через резистор $R8$. Транзистор в этом случае открыт, и на его выходе на-

пряжение соответствует уровню сигнала 0 . При превышении входным напряжением $U_{вх}$ значения, установленного на пороговом входе $U_{оп}$, напряжение на выходе схемы сравнения меняет полярность с положительной на отрицательную. Транзистор выходного каскада запирается этим отрицательным напряжением, и на его выходе появляется напряжение, уровень которого соответствует сигналу 1 . Диод $V3$ ограничивает обратное напряжение на переходе база–эмиттер транзистора $V4$ до значения прямого падения напряжения на открытом диоде ($\approx 0,7$ В), которое является допустимым для перехода база–эмиттер.

В описанном режиме работы компаратор представляет собой схему сравнения непосредственного действия.

Для обеспечения регенеративной работы элемента в качестве порогового устройства с гистерезисной (релейной) характеристикой его схема имеет узел регулирования ширины петли гистерезиса характеристики «вход–выход» (или коэффициента возврата), выполненный в виде цепи положительной обратной связи по напряжению на резисторах $R3$, $R4$, $R6$, $R7$ и транзисторе $V2$. Действие схемы узла основано на скачкообразном изменении уровня опорного напряжения на пороговом входе схемы сравнения при срабатывании компаратора. Выходное напряжение компаратора, изменяясь при этом с уровня 0 до уровня 1 , имеющего более высокое значение положительного напряжения, через резистор $R7$ открывает транзисторный ключ $V2$, который подключает параллельно резистору $R5$ резисторы $R3$ или $R4$ в зависимости от требуемого коэффициента возврата (или ширины петли гистерезиса) при предварительном соединении выводов 9–6 или 9–3. При этом на потенциометре $R5$, а также на его движке падает напряжение, которое определяет значение установленного опорного напряжения на пороговом входе схемы.

При последующем снижении входного напряжения переключение (возврат) компаратора в состояние логического 0 на выходе произойдет при значении напряжения $U_{вх}$, равного напряжению возврата $U_{взв}$, но меньшего напряжения срабатывания $U_{срб}$. Это позволяет изменять коэффициент возврата компаратора $K_{в} = U_{взв}/U_{срб}$.

Подключение резистора $R3$ транзистором $V2$ параллельно потенциометру $R5$ обеспечивает $K_{в} = 0,8$, резистора $R4$ – $K_{в} = 0,9$. Если коллектор транзистора $V2$ не соединен перемычкой и резисторами $R3$ и $R4$, то коэффициент $K_{в} \approx 1$.

Диапазон сравниваемых напряжений составляет $0,5$ – 10 В. Диапазон регулирования опорного напряжения $0,5$ – 10 В.

Элементы времени. При построении систем автоматики на логических элементах потенциального типа для согласования работы цифровых устройств и их отдельных частей часто возникает необходимость

в элементах временной задержки и формирователях импульсов различной длительности и частоты повторения. Для решения этих задач в серии «Логика-И» предусмотрены элементы времени И-301 и И-302.

Элемент И-301 предназначен для обеспечения временной задержки сигналов потенциального типа или генерирования импульсов прямоугольной формы. Схема элемента (рис. 5.20) состоит из следующих функциональных частей: релаксационного генератора прямоугольных импульсов, формирователя выходных импульсов и ключа управления.

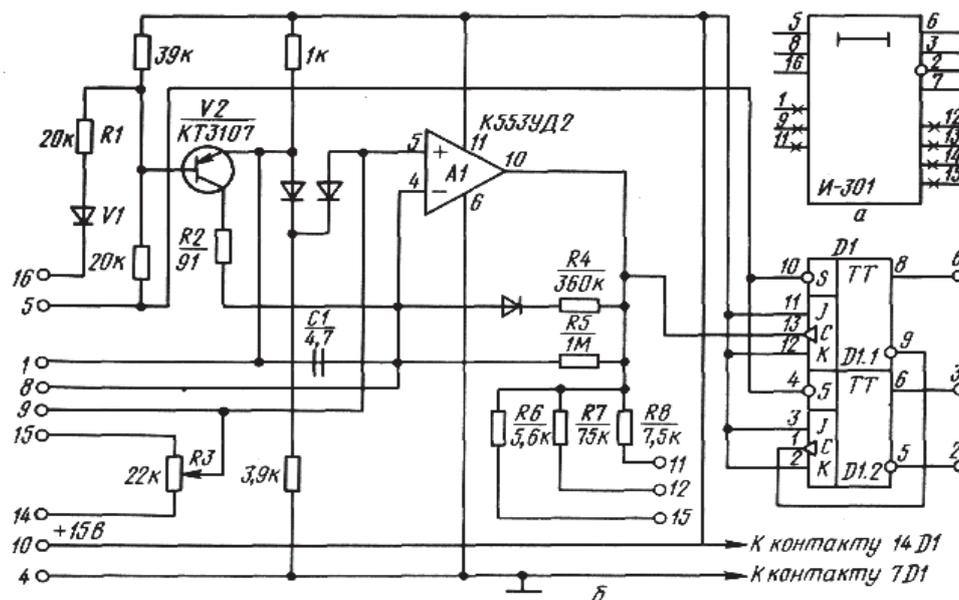


Рис. 5.20. Элемент И-301: а – условное обозначение; б – функциональная схема

Релаксационный генератор импульсов выполнен на основе операционного усилителя $A1$, использующегося в качестве порогового элемента. В качестве времязадающего элемента в генераторе используется RC -цепь ($C1$, $R4$, $R5$). Для плавного и ступенчатого регулирования временной задержки (или частоты импульсов) изменением порога срабатывания усилителя $A1$ в схеме используются резисторный делитель напряжения ($R3$, $R8$) и дополнительные резисторы $R6$, $R7$.

Для формирования фронтов и амплитуды выходных сигналов в элементе применяют два последовательно включенных JK -триггера ($D1.1$, $D1.2$). Управление работой релаксационного генератора (запуск и останов) в схеме осуществляется с помощью транзисторного ключа управления $V2$ с коллекторным резистором $R2$, подключенным параллельно времязадающему конденсатору $C1$.

При использовании элемента И-301 в качестве временной задержки база транзисторного ключа управления $V2$ через цепь останова из рези-

стора $R1$ и диода VI (вывод 16) предварительно соединяется с прямым выходом одного из JK -триггеров.

В исходном состоянии элемента на входе ключа управления (вывод 5) должен быть установлен сигнал 0 . Этот сигнал может быть обеспечен при замыкании входа (вывод 5) с общим проводом источника питания (вывод 4) с помощью внешнего транзисторного или контактного ключа. В качестве транзисторного ключа может быть использован выход любого элемента логической группы серии «Логика-И». Входной сигнал логического 0 устанавливает оба JK -триггера по входу 5 в состояние 1 .

Сигнал на выходе элемента И-301 (выводы 2, 3, 6) появится в виде переключения с высокого уровня (выводы 3, 6) на низкий и, наоборот (вывод 2), с временной задержкой относительно входного сигнала, если он будет подан в виде перепада напряжения с низкого уровня на высокий (размыканием внешнего ключа на входе 5).

Работа схемы в этом случае будет осуществляться в следующем порядке. При переключении входного сигнала транзисторный ключ элемента $V2$ закроется, времязадающий конденсатор $C1$ начнет заряжаться. При достижении на нем напряжения установленного порогового уровня усилитель $A1$ переключится, после чего начнется перезарядка конденсатора $C1$ до другого порогового уровня, при котором усилитель $A1$ вновь переключится, подготавливая цепи для повторного заряда $C1$, и т.д. При переключении сигнала выхода усилителя из состояния 1 в состояние 0 через время задержки $t_{зд1}$ триггер $D1.1$ изменит свое состояние и сформирует на одном выходе элемента (вывод 6) перепад напряжения с высокого уровня на низкий.

При предварительном соединении цепи останова (вывод 16) с прямым выходом триггера $D1.2$ (вывод 3) генератор будет продолжать работу и по истечении времени задержки $t_{зд2}$ через триггер $D1.1$ переключит триггер $D1.2$, на прямом выходе (вывод 3) которого появится сигнал 0 , останавливающий при этом генератор, а на инверсном (вывод 2) – сигнал 1 . Временная задержка $t_{зд2} = 2t_{зд1}$ соответствует заданной для элемента И-301.

Повторный входной сигнал для формирования временной задержки может подаваться на вход 5 элемента только после предварительной установки на нем сигнала 0 .

Если цепь останова не подключится к выходам триггеров, то при поступлении входного сигнала обеспечивается непрерывная работа релаксационного генератора элемента И-301 и на выходах элемента (выводы 2, 3, 6) возникает непрерывная последовательность прямоугольных импульсов. Триггеры при этом работают в режиме пересчета (дели-

теля частоты). Частота импульсов на выходе первого триггера (вывод 6) в два раза больше частоты на выходе второго триггера (выводы 2, 3).

Выполнение схем временной задержки или генератора прямоугольных импульсов и изменение диапазонов временных задержек сменной времязадающих резисторов осуществляются внешним монтажом на контактных выводах элемента. Поддиапазон временных задержек 0,01–0,1с обеспечивается соединением выводов 8 и 15, поддиапазон 0,1–1с – выводов 8 и 12, поддиапазон 1–10 с – без внешних соединений времязадающих резисторов. Для плавного регулирования задержки (или частоты) в пределах каждого из поддиапазонов в элементе предусмотрен переменный резистор $R3$, для подключения которого к схеме необходимо соединить между собой выводы 11 с 13 и 1 с 14. Увеличение диапазонов временных задержек (уменьшение частоты) может быть достигнуто подключением к выходу 2 элемента дополнительного пересчетного устройства в виде двоичного (элемента И-115) или десятичного (элемента И-114) счетчиков. Необходимая временная задержка устанавливается в этом случае соединением цепи останова (вывод 16) элемента И-301 с инверсным выходом определенного разряда счетчика.

Элемент И-302 преобразует синусоидальное напряжение в прямоугольные импульсы. Он может использоваться в качестве генератора импульсов опорной частоты для формирования выдержек времени путем пересчета импульсов, в качестве генератора синхроимпульсов и для других нужд, связанных с временным согласованием работы элементов различных цифровых схем.

На базе элементов И-301, И-302 можно создать схемы выдержки времени на появление сигнала, а также на исчезновение сигнала. При необходимости выдержки времени более 10 с, а в отдельных случаях и менее, следует построить пересчетную схему, в которой источником входных импульсов будет элемент И-301, а счетчиком импульсов – элемент И-114 или И-115. Так, если настроить элемент И-301 на период следования импульсов $T_{\text{пер}} = 5$ с и с помощью счетчика отсчитать 50 импульсов ($n = 50$), то выходной сигнал такой схемы сформируется через $n = 250$ с после запуска элемента И-301, т. е. с выдержкой времени $t_{\text{выд}} = 250$ с.

Схема выдержки времени на появление сигнала на базе элемента И-301 представлена на рис. 5.21, там же показана временная диаграмма.

Схема работает следующим образом. Входным сигналом схемы является сигнал на входе 5 элемента И-301 ($D1$), выходным – сигнал на выходе 7 элемента ($D4$). В качестве счетчика импульсов взяты два элемента И-114 ($D2, D3$), соединенные между собой для получения двух-

декадного счетчика. Если входной сигнал 0 , то генератор в элементе И-301 не генерирует, этим же сигналом 0 сброшены триггеры в И-301 и счетчик. При этом на выходе 2 элемента И-301 сигнал 0 , на выходе 4 элемента $D4$ сигнал 1 , а на выходе 7–0; поскольку на входе 16 элемента И-301 сигнал 1 , то схема подготовлена к пуску.

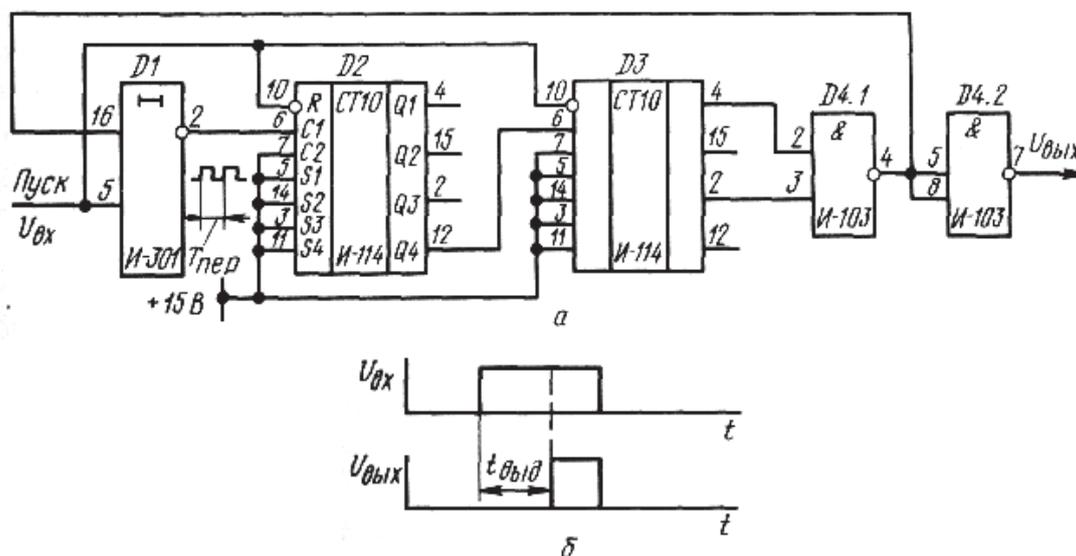


Рис. 5.21. Схема выдержки времени на появление сигнала на базе элемента И-301: а – схема соединений; б – временная диаграмма

Если же на вход схемы подать сигнал 1 (например, от триггерного элемента), то элемент И-301 начнет генерировать импульсы с заданным периодом следования и после отсчета требуемого числа импульсов (в нашем примере – 50) на выходе 7 элемента $D4$ появится сигнал 1 , что и будет соответствовать заданной выдержке времени. При этом сигнал 0 на выходе 4 элемента $D4$ через вход 16 элемента И-301 остановит генератор.

Из временной диаграммы видно, что выходной сигнал 1 сохраняется до тех пор, пока на входе схемы устанавливается также сигнал 1 ; после снятия входного сигнала счетчики сбрасываются, на входе 16 элемента И-301 вновь появляется сигнал 1 , и схема готова к новому циклу работы.

На рис. 5.22 показана организация выдержки времени на исчезновение сигнала с использованием элемента И-301, при котором обеспечивается t_1 до 10с. При появлении $U_{вх} = 1$ триггер элемента И-110 перебрасывается в состояние 1 , и на выходе 4 схемы также появляется сигнал 1 . Когда входной сигнал исчезнет, триггер сохранит свое состояние и включится выдержка времени в элементе И-301. Через время t , на которое настроен элемент, на его выходе 2 появляется сигнал 1 , кото-

рый сбросит триггер, и на выходе схемы появится сигнал 0 . Выводы $\overline{S1}$, $\overline{R1}$ элемента И-110 условно показаны незадействованными, так как их использование описывалось ранее.

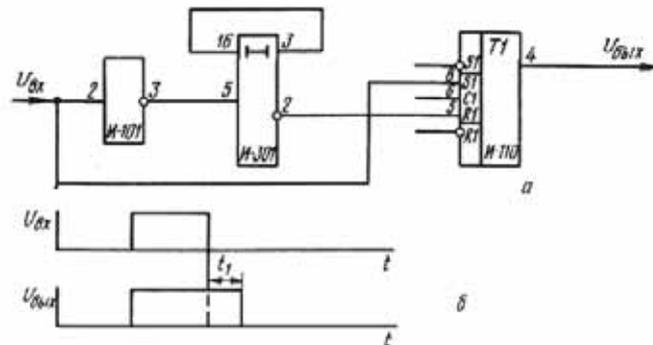


Рис. 5.22. Схема выдержки времени на исчезновение сигнала на базе элемента И-301: а – схема соединений при t_1 до 10с; б – временная диаграмма

Элементы-усилители подразделяются на усилители согласования и выходные. Все эти элементы работают в ключевом (релейном) режиме. В качестве усилителей согласования используются элементы И-405, И-102. В качестве выходных усилителей используются элементы, выполненные на базе герконовых реле с различной коммутационной способностью, а также бесконтактные – на базе мощных оптопар и тиристоров. К контактным выходным усилителям относятся элементы И-401...И-404. При необходимости их можно использовать и в качестве усилителей согласования.

Для управления цепями переменного тока используется бесконтактный выходной элемент – усилитель типа И-406, использующий оптопару.

Группу выходных усилителей дополняют бесконтактные элементы УВБ11, серия которых разработана в дополнение к серии «Логика-И».

Усилитель согласования И-405 (рис. 5.23) выполнен на базе трех ИС $D1-D3$ К511ЛИ1 с открытым коллекторным выходом, размещенных в корпусе элемента. Схема элемента представляет собой шесть ключевых усилителей, объединенных шиной источника питания с положительным потенциалом и способных реализовать логическую функцию «Повторение». Каждый усилитель управляется по одному входу стандартными сигналами 0 и 1 , принятыми в серии «Логика-И». Вывод питания каждой из трех ИС, предназначенный для соединения с отрицательным полюсом источника питания, имеет отдельный наружный контактный лепесток, который соединяется с полюсом наружным монтажом только при использовании определенной ИС.

Усилитель согласования типа И-102 содержит одну ИС с двумя усилителями, реализующими функцию 4И. Описание схемы и работы элемента И-102 было приведено ранее.

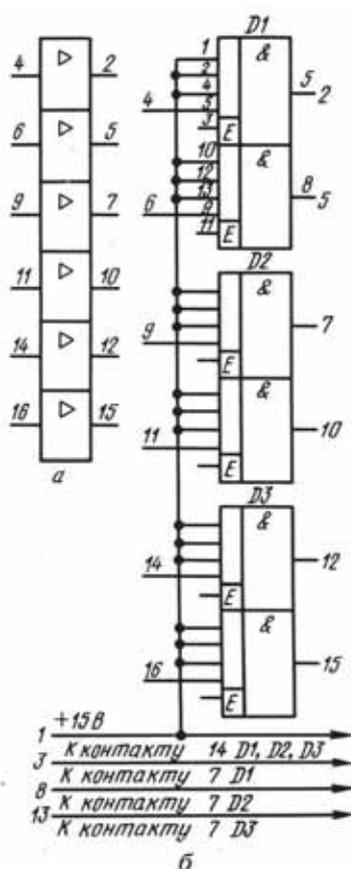


Рис. 5.23. Элемент И-405:
а – условное обозначение,
б – функциональная схема

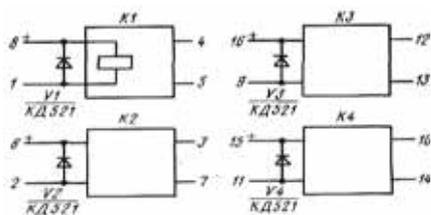


Рис. 5.24. Элемент И-401

Усилитель И-401 объединяет в одном корпусе четыре герконовых одноконтактных реле $K1-K4$ типа РПГ-6, электрически не связанных между собой (рис. 5.24).

Катушки всех реле элемента рассчитаны на управление напряжением 15 В постоянного тока.

При необходимости управления ими от выходных сигналов логических и функциональных элементов серии катушки реле усилителя И401 предварительно включаются на выход согласующего усилительного элемента И-405 или И-102. Для устранения перенапряжений, возникающих при выключении цепей катушек реле, все катушки реле элемента зашунтированы диодами.

При необходимости обеспечения гальванического разделения цепей элемент И-401 целесообразно использовать в качестве усилителя согласования. Кроме того, элемент И-401 можно использовать в качестве входного согласования при управлении напряжением 15В. Усилитель И-406 обеспечивает управление нагрузкой переменного тока напряжением до 220 В. Он представляет собой оптроэлектронный ключ, в котором активным элементом, обеспечивающим усилительные свойства и гальваническую развязку, является оптронный тиристор. Схема элемента (рис. 5.25) содержит две оптопары $V1, V2$, фототиристоры которых соединены встречно-параллельно, обеспечивая протекание через них и нагрузку переменного тока с частотой 50 или 60 Гц.

Светоизлучающие диоды оптопар включены последовательно друг с другом и с токоограничивающим резистором $R1$, что позволяет осуществлять управление сигналом напряжения постоянного тока. Парал-

тельно фототиристорам оптопар подключена $R2$ – С-цепь, ограничивающая до допустимого уровня перенапряжения, возникающие при переключении индуктивных нагрузок и проникающие из силовой цепи питания.

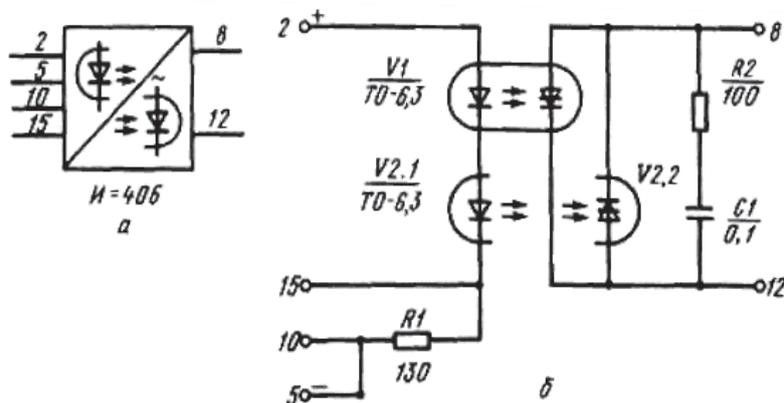


Рис. 5.25. Элемент И-406:

а – условное обозначение, б – функциональная схема

Элемент-усилитель предназначен для переключения нагрузок как активного, так и индуктивного характера (обмоток реле, пускателей, электромагнитов и т.п.). Он допускает следующие режимы работы: продолжительный, прерывисто-продолжительный и повторно-кратковременный.

Цепь управления элемента рассчитана на подачу напряжения постоянного тока 15 В. Для сопряжения входной цепи элемента с выходами логических элементов серии используются согласующие элементы-усилители И-405, И-102. Пример такого управления элементом И-406 и подключение к нему нагрузки Z_H показаны на рис. 5.26.

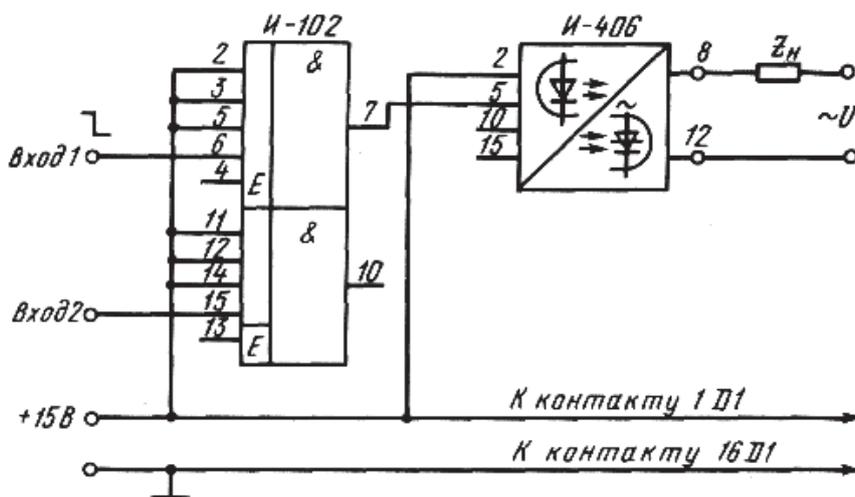


Рис. 5.26. Схема управления элементом И-406

Выходные усилители серии УВБ11 представляют собой набор выходных бесконтактных коммутационных устройств, предназначенных для усиления выходных командных сигналов логических устройств и коммутации цепей нагрузок переменного и постоянного тока.

Схема усилителей для нагрузки переменного тока показана на рис. 5.27, где в качестве коммутирующего элемента использован симистор V . Для защиты симистора от воздействия перенапряжений при переключении цепей индуктивных нагрузок он шунтируется в схеме варистором R .

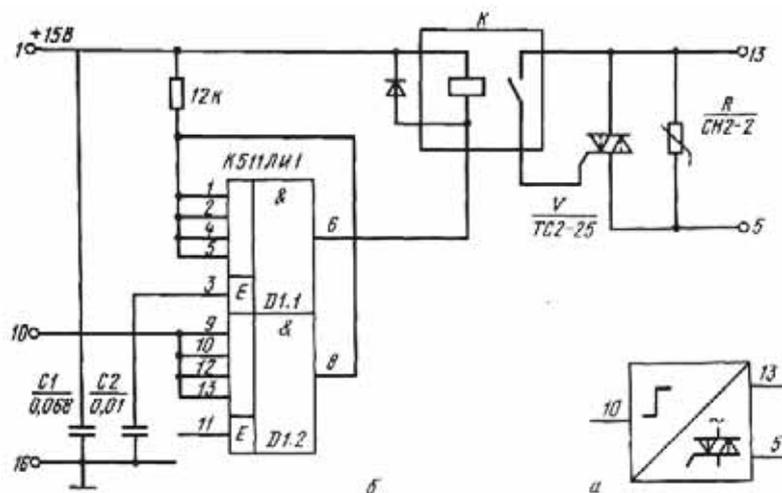


Рис. 5.27. Усилитель серии УВБ11:
 а – условное обозначения; б – функциональная схема

Для управления логическими сигналами схема усилителя (рис. 5.27) имеет согласующий каскад усиления на ИС $D1$ типа К511ЛИ1 с герконовым реле K на выходе, обеспечивающим гальваническую развязку входной цепи от выходной. Конденсаторы $C1$, $C2$ в схеме устраняют влияние на работу усилителя различных помех, проникающих по цепям питания.

Схемы разных типов усилителей, выполненных по одному рисунку (рис. 5.27), отличаются только параметрами некоторых компонентов (симистор, варистор, реле и др.) и видом охладителя, обеспечивающих возможность работы усилителя при различных напряжениях или токах нагрузки (110, 220, 380 В).

Схемы других типов усилителей серии УВБ11 в данном пособии не рассматриваются.

§ 3. Организация связей логических устройств управления

Логическое устройство управления удобно рассматривать как логический автомат, который должен выполнять следующие функции:

воспринимать входную информацию от объекта управления, проводить алгоритмическую обработку принятой информации с логическими и математическими преобразованиями и формировать, и выдавать командную информацию на объект управления.

Выдача контрольной информации о состоянии объекта выполняется измерительными преобразователями, прием командной информации от логического автомата осуществляется исполнительными органами.

На рис. 5.28 показаны общие принципы организации связи логического автомата с объектом управления ОУ. Логический автомат показан как устройство, состоящее из трех функциональных блоков: блока сбора информации БСИ, блока алгоритмической обработки информации БАОИ и блока исполнительных команд и сигнализации БИКС.

В блоке БСИ в качестве примера показаны четыре входных элемента: два релейных (И-201, И-208) и два оптронных (И-207, И-209). Контактные датчики $SQ1$, $SQ2$, $SQ3$ ОУ коммутируют напряжение $+24В$ и посылают сигналы на свои элементы. При разомкнутом датчике элемент $D1.1$ выдает в логику сигнал 1, а $D3$ – сигнал 0. В элементе И-208 перекидной контакт позволяет устранить «дребезг» сигнала. Для этого он воздействует на элемент И-103 в блоке БАОИ, включенный по схеме RS -триггера. На рис. 5.28 показан также измерительный преобразователь ДБ с бесконтактным выходом, сигнал которого с уровнем $+24 В$ принимает элемент И-209.

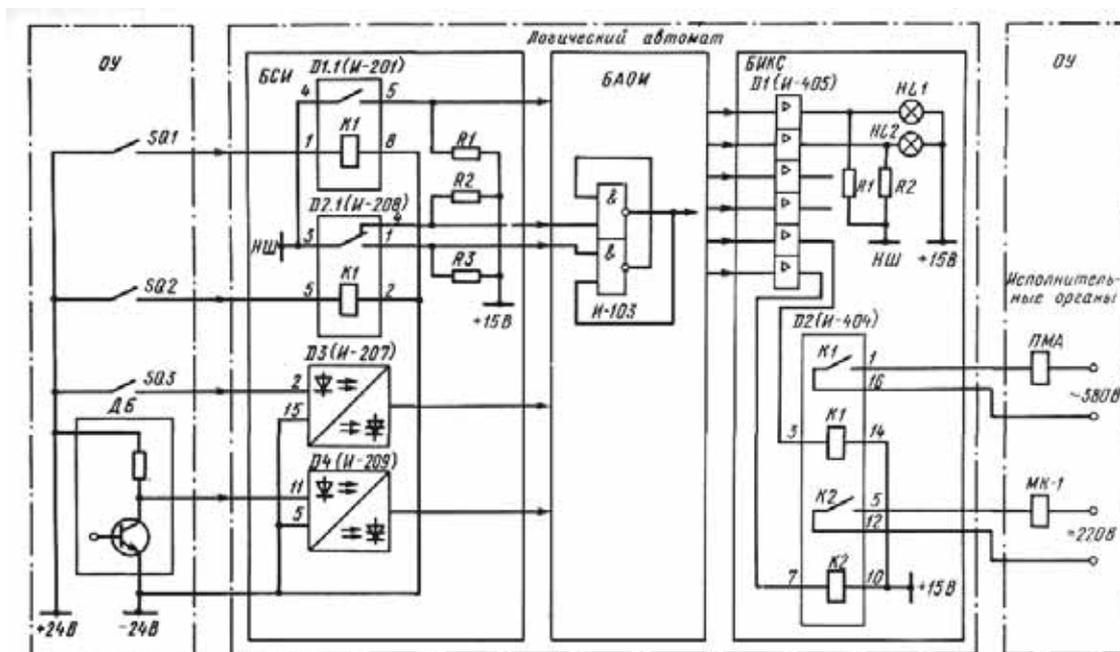


Рис. 5.28. Общие принципы организации связи логического автомата с объектом управления

Блок БАОИ на рис. 5.28 не раскрыт, так как он с ОУ непосредственно не связан, а прием сигналов от БСИ и выдача их на БИКС могут выполняться любыми элементами логической группы. При создании логического автомата разработка БАОИ является наиболее трудоемкой, так как на этот блок возлагается непосредственная реализация всех заданных алгоритмов управления конкретным объектом. В состав данного блока могут войти схемы, выполненные на базе элементов логической группы и времени.

На рис. 5.28 блок БИКС состоит из двух усилителей: И-405 и И-404. Элемент И-405 использован для включения световой сигнализации (лампы *HL1*, *HL2*) и для выхода на реле РПГ-8 элемента И404. Реле *K1* этого элемента управляет магнитным пускателем ПМА с напряжением 380 В переменного тока, а реле *K2* управляет малогабаритным контактором МК-1 с напряжением 220 В постоянного тока. Резисторы *R1* и *R2* в цепи ламп *HL1* и *HL2* не допускают броска тока в момент включения еще холодной лампы.

Рассмотренный пример организации связей логического автомата на базе элементов управления серии «Логика-И» с объектом управления является типовым с точки зрения структурного построения системы и принципов обмена информацией между автоматом и объектом.

Вопросы к главе 5

1. Элементы управления серии «Логика-Т» (рабочие напряжения, функциональные группы).
2. Элементы логических функций «ИЛИ–НЕ» типа «Т-101», «Т-202», «Т-107».
3. Элементы серии «Логика-И» (группы).
4. Компаратор И-205, элементы времени И-301.

Глава 6. Автоматические регуляторы

Совокупность средств автоматики, подключаемых к объекту управления и предназначенных для поддержания регулируемого параметра на заданном уровне или изменения его по заданному алгоритму управления, называют автоматическим регулятором. Алгоритм управления представляет собой совокупность предписаний, необходимых для правильного выполнения технологического процесса в управляемом объекте.

Независимо от назначения и устройства регулятор можно представить общей функционально-структурной схемой (рис. 6.1). Регулятор состоит из измерительного устройства – первичного преобразователя (ПП), задающего устройства (З), элемента сравнения (ЭС), управляющего элемента (УЭ), исполнительного механизма (ИМ) и внутренней обратной связи (ВОС).

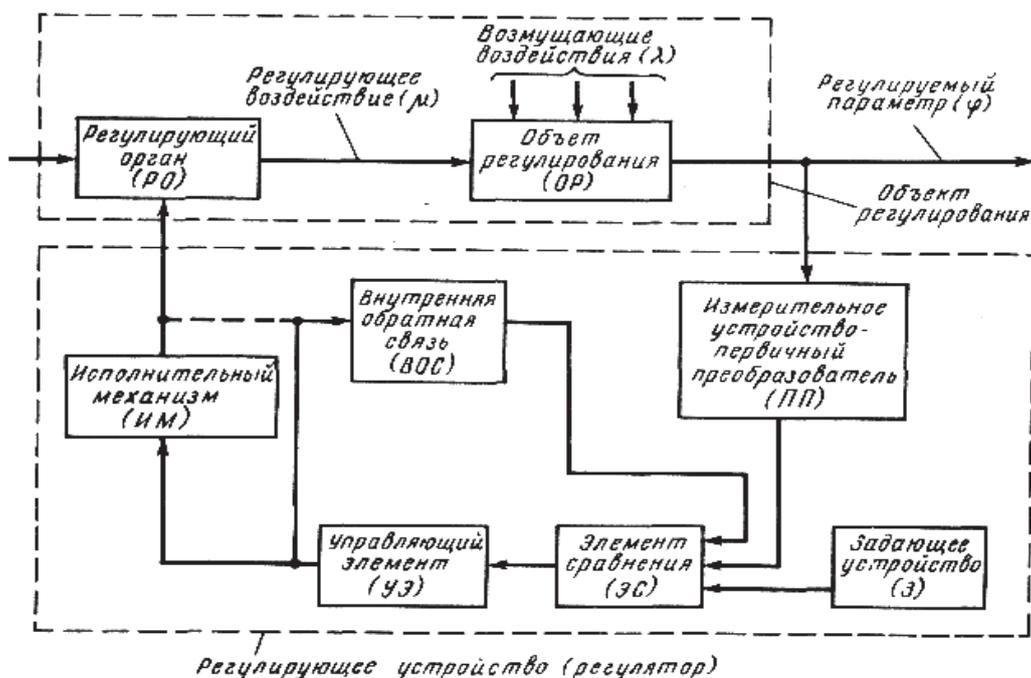


Рис. 6.1. Функционально-структурная схема системы автоматического регулирования (САР)

Первичный преобразователь (ПП), являясь измерительным органом, предназначен для измерения фактического значения регулируемой величины и ее преобразования в сигнал управления. Задающее устройство (З) представляет собой элемент, с помощью которого задается требуемое значение регулируемой величины. Элемент сравнения (ЭС) позволяет сравнивать фактическое и заданное значение регулируемой величины. Управляющий элемент (УЭ) предназначен для усиления мощ-

ности сигнала с выхода элемента сравнения. Исполнительный механизм (ИМ) является устройством, при помощи которого регулятор воздействует на регулируемый орган для поддержания заданного значения регулируемого параметра.

Внутренняя обратная связь (ВОС) применяется для формирования закона регулирования. Регулятор совместно с объектом регулирования (ОР) образует автоматическую систему регулирования (АСР).

§ 1. Классификация автоматических регуляторов

Основными признаками, по которым классифицируют регуляторы, являются: вид регулируемой величины, вид используемой энергии, конструктивное исполнение, принцип регулирования, алгоритм управления, способ воздействия на объект, закон регулирования.

Вид регулируемой величины. Регуляторы этого типа подразделяются на регуляторы расхода, загрузки, температуры, влажности, скорости, мощности и др.

Вид используемой энергии. Регуляторы этого типа подразделяются на регуляторы прямого и непрямого действия. В регуляторах прямого действия нет блоков питания, а для работы исполнительных органов достаточно энергии, получаемой от управляемой среды. Например, подачу жидкости по трубопроводу регулируют перестановкой клапана, перемещаемого поплавком при изменении уровня жидкости. В регуляторах непрямого действия отдельные узлы питаются от дополнительных источников энергии. Такие регуляторы подразделяют: на электрические, механические, гидравлические, пневматические и комбинированные.

Конструктивное исполнение. Регуляторы могут быть приборные, аппаратные и агрегатные. В регуляторах приборного типа устройство, формирующее выходной сигнал управления, встраивают в измерительный прибор, например электронный потенциометр, автоматический мост, измерительный логометр и др. Одновременно с отклонением указательной или контролируемой величины происходит выдача сигнала управления.

Регуляторы аппаратного типа вырабатывают только управляющий сигнал. В их корпус встраивают все узлы, за исключением измерительного преобразователя и регулирующего органа. Они предназначены для измерения различных физических величин и отличаются только измерительными блоками. По этому конструктивному принципу строятся электронные регуляторы.

В регуляторах агрегатного типа усилительно-преобразовательный узел выполнен в виде отдельного блока, который осуществляет функции сравнения сигналов измерительного преобразователя и задатчика, а также формирование выходного сигнала. Сигналы этого блока унифицированы как на входе, так и на выходе. Благодаря этому свойству они универсальны, т.е. позволяют использовать один и тот же усилительно-преобразовательный орган для регулирования самых различных параметров. Пневматические регуляторы выполняют по агрегатному принципу.

Принцип регулирования. Регуляторы этого типа делят на три группы: регулируемые по отклонению, возмущению и комбинированные. Регулятор, действующий по принципу регулирования по отклонению, измеряет отклонение управляемой величины от заданного значения и через исполнительный блок воздействует на объект управления.

Принцип регулирования по возмущению означает, что управление осуществляется по значению возникшего возмущающего воздействия. Преимущество принципа управления по возмущению заключается в том, что вредное влияние возмущающего действия может быть устранено до того, как произойдет отклонение управляемой величины. Данный принцип приводит в основном к построению разомкнутых систем регулирования и поэтому применяется очень редко.

Комбинированный принцип регулирования совмещает принципы управления по отклонению и по возмущению. Цепь воздействия по возмущению обычно используют в качестве дополнительной связи в системах регулирования по отклонению. Дополнительная связь по возмущению обычно предназначается для ускорения процесса регулирования и уменьшения пределов отклонения управляемой величины.

Алгоритм управления. Регуляторы этого типа делят на стабилизирующие, программные, следящие и адаптивные.

В стабилизирующем регуляторе алгоритм управления содержит предписание поддерживать управляемую величину на заданном уровне.

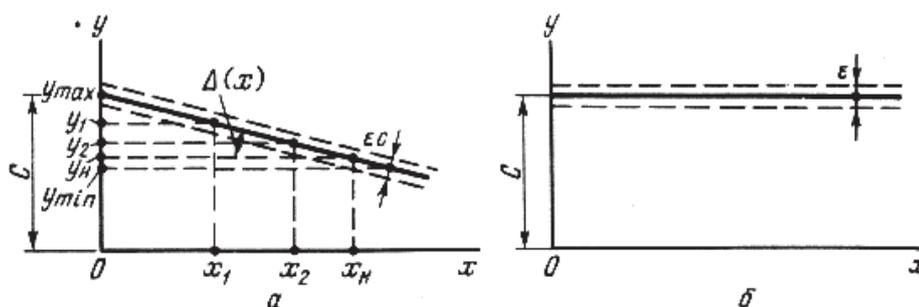


Рис. 6.2. Характеристика регулирования:
а – статического; б – астатического

Стабилизирующий регулятор в статическом режиме (рис. 6.2, а) характеризуется определенной зависимостью выходной величины y от входной x , которая описывается уравнением

$$y = c + \Delta x, \quad (6.1)$$

где c – постоянная, равная предписанному значению; Δx – статическая ошибка, т.е. отклонение управляемой величины, зависящее от входного воздействия x .

Для оценки отклонения служат коэффициент неравномерности регулятора

$$\delta = (y_{\max} + y_{\min}) / y_n \quad (6.2)$$

и коэффициент статизма регулятора

$$K_{ст} = \frac{y_1 - y_2}{y_n} \div \frac{x_1 - x_2}{x_n}, \quad (6.3)$$

где y_1 и y_2 – значения выходных величин, соответствующие входным величинам x_1 и x_2 ; x_n и y_n – номинальные значения входной и выходной величин.

Если коэффициенты $\delta = 0$ и $K_{ст} = 0$ во всей зоне управления, то управление и регулятор называют *астатическими* (рис. 6.2, б). Если $\delta \neq 0$ и $K_{ст} \neq 0$, то управление и регулятор называют *статическими* (рис. 6.2, а).

Характеристики статического и астатического управления графически обычно представляют одной линией. В действительности же имеется определенная зона изменения регулируемой величины, ширина которой иллюстрирует нечувствительность автоматической системы ϵ , вызываемую главным образом нечувствительностью измерительных преобразователей к малым отклонениям y .

С учетом нечувствительности системы характеристику управления выражают уравнением

$$y = c + \Delta(x) \pm \epsilon. \quad (6.4)$$

При астатическом регулировании $\Delta(x) = 0$, т.е. управляемая величина y независимо от режима работы объекта управления сохраняет постоянное значение.

Программным автоматическим регулятором называют регулятор, алгоритм управления которого содержит предписание изменять управляемую величину в соответствии с заранее заданной функцией.

Следящим автоматическим регулятором называют регулятор, алгоритм управления которого содержит предписание изменять управляемую величину в зависимости от изменения заранее неизвестной переменной величины на входе.

Адаптивный регулятор действует не только в соответствии с заданным алгоритмом управления, но и может в зависимости от конкретных условий самостоятельно корректировать этот алгоритм с целью достижения наивыгоднейшего режима.

Характер воздействия на объект управления. Регуляторы этого типа делят на непрерывного, импульсного и релейного действия.

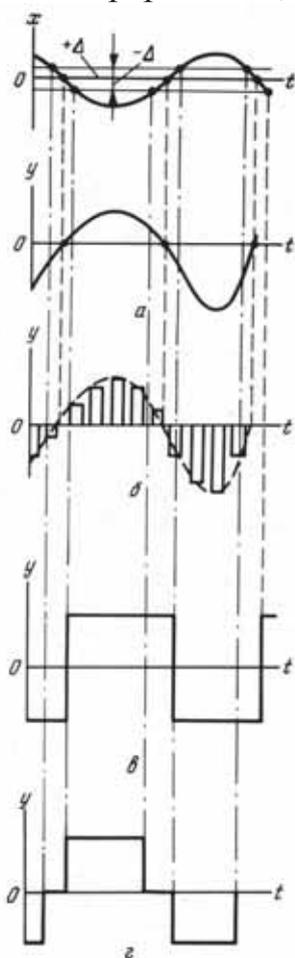


Рис. 6.3. Диаграмма изменения выходной величины y при изменении входной x – различают действия регуляторов: a – непрерывную; b – импульсного; v – двухпозиционного; z – трехпозиционного.

Регулятор *непрерывного* (пропорционального) действия характеризуется тем, что в процессе регулирования сигнал y на его выходе является непрерывной функцией времени и пропорционален воздействующей величине x на входе (рис. 6.3, a).

В регуляторе *импульсного* действия в процессе регулирования выходное управляющее воздействие y представляет собой последовательность импульсов, параметры которых (амплитуда, длительность или частота) определенным образом связаны с входной величиной x (рис. 6.3, b).

Регулятор *релейного* действия характеризуется тем, что в процессе управления сигналы y на его выходе принимают два или три определенных значения в зависимости от входной величины x (рис. 6.3, v , z). К этому виду регуляторов относят регуляторы позиционного управления.

Управляющие воздействия u в обоих состояниях одинаковы по значению, но различны по знаку (рис. 6.3, z). Двухпозиционный регулятор занимает только два устойчивых состояния: одно, когда отклонение управляемой величины превышает положительный предел $+\Delta$, и второе, когда изменится знак отклонения и достигнет отрицательного предела $-\Delta$.

В диапазоне отклонений управляемой величины от $+\Delta$ до $-\Delta$ регулятор находится в так называемом нейтральном положении.

По закону регулирования регуляторы непрерывного действия делятся на пропорциональные, интегральные, пропорционально-интегральные, пропорционально-дифференциальные и пропорционально-интегрально-дифференциальные.

Законы регулирования. Под выбором регулятора обычно понимают определение необходимого закона регулирования. В зависимости от этого закона регуляторы любого конструктивного исполнения позволяют получать аналогичные для данного объекта показатели качества регулирования. Наиболее простыми обычно являются регуляторы пропорционального действия (П-регуляторы).

Пропорциональным П-регулятором называют такой регулятор, у которого изменение выходной величины Δy пропорционально изменению входной Δx , т.е.

$$\Delta y = k_p \Delta x, \quad (6.5)$$

где k_p – передаточный коэффициент (усиления) регулятора, который является его настроечным параметром.

Динамические свойства регуляторов определяются их передаточными функциями. Для П-регулятора

$$W(p) = k_p. \quad (6.6)$$

Часто за настроечный параметр принимают величину (в %), обратную коэффициенту k ,

$$\delta = (1/k_p)100 \quad (6.7)$$

и называют ее пределом пропорциональности (или зоной регулирования). Этот параметр показывает, какому отклонению регулируемой величины (в %) от максимально возможной для данной системы регулирования соответствует перемещение регулирующего органа (заслонки) из одного крайнего положения в другое.

Системе автоматического регулирования с П-регулятором свойственно остаточное отклонение регулируемой величины от заданного значения (статическая ошибка). Однако чем больше предел пропорциональности, тем больше статическая ошибка, следовательно, П-регуляторы как прямого, так и непрямого действия можно применять на тех объектах, на которых по техническим условиям допускают наличие статической ошибки регулирования.

Интегральными (И-регуляторами) называют такие регуляторы, у которых изменение выходной величины Δy пропорционально интегралу отклонения входной величины Δx от заданного значения:

$$\Delta y = \frac{1}{T_p} \int_0^t \Delta x dt, \quad (6.9)$$

где T_p – постоянная времени интегрирования («время изодрома»), являющаяся параметром настройки регулятора.

Передаточная функция И-регулятора равна

$$W(p) = 1/T_p p. \quad (6.9)$$

После дифференцирования выражения (6.8) получим уравнение регулятора

$$T_p \frac{dy}{dt} = \Delta x. \quad (6.10)$$

У интегральных регуляторов воздействие со стороны регулятора на объект происходит до тех пор, пока не устранится отклонение регулируемого параметра от заданного значения, т.е. пока регулятор не обеспечит поддержание управляемого параметра на строго заданном уровне. Следовательно, И-регуляторы имеют астатическую характеристику.

Недостатком интегральных регуляторов является относительно невысокая скорость регулирования, обратно пропорциональная постоянной времени T_p . Эти регуляторы не могут обеспечить устойчивое регулирование параметров объектов, не обладающих так называемым свойством самовыравнивания.

Пропорционально-интегральными (ПИ-регуляторами) называют регуляторы, у которых изменение выходной величины Δy пропорционально изменению входной величины Δx и интегралу ее изменения

$$\Delta y = k_p \Delta x + \frac{1}{T_p} \int_0^t \Delta x dt, \quad (6.11)$$

где k_p и T_p – соответственно коэффициент усиления и постоянная времени интегрирования, являющаяся параметрами настройки ПИ-регулятора.

Передаточная функция ПИ-регулятора равна

$$W(p) = k_p + \frac{1}{T_p p} = \frac{k_p T_p p + 1}{T_p p}. \quad (6.12)$$

Для получения интегральной составляющей в схеме регулятора включают обратную связь, т.е. специальное устройство, передающее воздействие от одного из последующих элементов на какой-либо предыдущий элемент. Благодаря обратной связи изменение одной величины вызывает изменение всех других. По тому, как сказывается действие обратной связи на процесс регулирования, различают отрицательную и положительную обратные связи. Отрицательная – уменьшает, а положительная – увеличивает суммарное воздействие звеньев, охваченных обратной связью, т.е. снижает или увеличивает суммарный коэффициент преобразования.

У ПИ-регулятора в начале процесса регулирования управляющее воздействие, как и в статических системах, осуществляется по отклонению регулируемой величины, а в переходном процессе, особенно к его концу, возрастает воздействие от интеграла по отклонению, сводящему отклонение к нулю. В целом, обратная связь обеспечивает астатическую характеристику регулирования. ПИ-регуляторы объединяют достоинства пропорциональных и интегральных регуляторов, поэтому их широко используют для управления самыми различными технологическими параметрами.

Пропорционально-дифференциальными (ПД-регуляторами) называют регуляторы, у которых изменение выходной величины Δy пропорционально изменению входной величины Δx и скорости ее изменения

$$\Delta y = k_p \Delta x + T_d \frac{dx}{dt}, \quad (6.13)$$

где k_p , T_d – соответственно коэффициент усиления и постоянная времени дифференцирования, являющиеся настроечными параметрами регулятора.

Передаточная функция идеального ПД-регулятора равна

$$W(p) = k_p + T_d p. \quad (6.14)$$

ПД-регуляторы по конструкции сложнее и дороже П-регуляторов, поэтому применяют их очень редко.

Пропорционально-интегрально-дифференциальными (ПИД-регуляторами) называют регуляторы, у которых изменение выходной величины Δy пропорционально изменению входной величины Δx , а также интегралу и скорости изменения этой величины

$$\Delta y = k_p \Delta x + \frac{1}{T_i} \int_0^t \Delta x dt + T_d \frac{dx}{dt}, \quad (6.15)$$

где k_p , T_i , T_d – соответственно коэффициент усиления и постоянные времени интегрирования и дифференцирования, являющиеся параметрами настройки регулятора.

Передаточная функция идеального ПИД-регулятора равна

$$W(p) = k_p + \frac{1}{T_i p} + T_d p = \frac{T_i T_d p^2 + k_p T_i p + 1}{T_i p}. \quad (6.16)$$

ПИД-регуляторы называют также изодромными регуляторами с предварением, так как они благодаря дифференциальной составляющей чувствительны к изменению регулируемой величины. При увеличении входной величины ее производная сильно возрастает и, суммируясь с двумя другими воздействиями, ускоряет действие регулятора на объект, что благоприятно воздействует на снижение отклонений управляемого параметра от заданных значений. С началом уменьшения выходной величины ее производная отрицательна, что способствует уменьшению суммарного воздействия пропорционального и интегрального звеньев и постепенному устранению возникшего отклонения.

Таким образом, дифференцирующее звено уменьшает склонность системы к колебаниям, а интегрирующее – уменьшает статическую ошибку, т.е. производная от отклонения улучшает процесс регулирования в переходном режиме, а интеграл – в статическом.

ПИД-регуляторы предназначены для управления параметрами в объектах, имеющих большую инерционность и не допускающих остаточного отклонения регулируемой величины, а также в объектах,

имеющих транспортное запаздывание и резко переменные воздействия на управляемый параметр.

§ 2. Электрические регуляторы приборного типа

На рис. 6.4 показана схема фотоэлектрического регулирующего устройства трехпозиционного действия, которая встраивается в милливольтметры и логометры. На стрелке измерительного прибора закреплен легкий светонепроницаемый флажок ϕ . По обе стороны флажка расположены соответственно две осветительные лампочки $HL1$ и $HL2$ и фоторезисторы $R1$ и $R2$, закрепленные на специальном кронштейне, которые можно вручную передвигать вдоль шкалы для установки заданного значения управляемой величины.

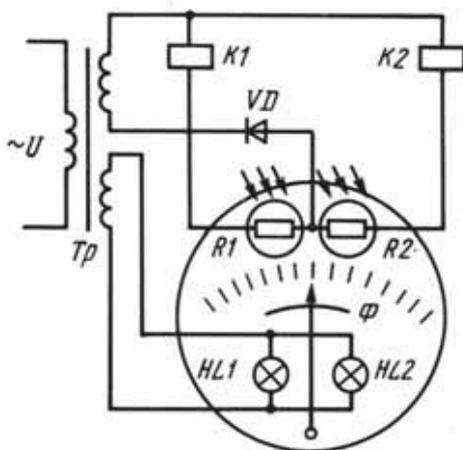


Рис. 6.4. Схема фотоэлектрического регулирующего устройства трехпозиционного действия

Когда фактическое значение этой величины соответствует заданному, то фоторезисторы закрыты от светового потока флажком и реле $K1$ и $K2$ обесточены. При увеличении управляемого параметра стрелка с флажком поворачивается вправо, вследствие чего на фоторезистор $R1$ попадает световой поток и его сопротивление падает, что вызывает срабатывание реле $K1$. При уменьшении указанного параметра стрелка с флажком поворачивается влево и вызывает срабатывание реле $K2$. Реле $K1$ и $K2$ управляют исполнительным механизмом так, что управляемый параметр возвращается к заданному значению, при котором стрелка с флажком снова занимает исходное устойчивое положение.

§ 3. Электрические регуляторы аппаратного типа

На рис. 6.5 показана принципиальная схема полупроводникового терморегулятора типа ПТР-2 двухпозиционного действия, предназна-

ченного для регулирования температуры в пределах от минус 30 до 60 °С. Измерительным органом является полупроводниковый термистор R , включенный в мостовую схему, которая подсоединена в обмотке W_2 питающего трансформатора. Резисторы $R1$ и $R2$ моста переменного сопротивления предназначены для настройки регулятора на заданную температуру управления и для изменения дифференциала между температурами, при которых происходит срабатывание и отпуска состояния равновесия.

Сигнал разбаланса моста подается на базу триода $VT1$ и уже усиленный – на базу триода $VT2$, а затем – на спусковое устройство (триггер – второй двухкаскадный усилитель на триодах $VT3$ и $VT4$). В коллекторной цепи триода $VT4$ включено реле K .

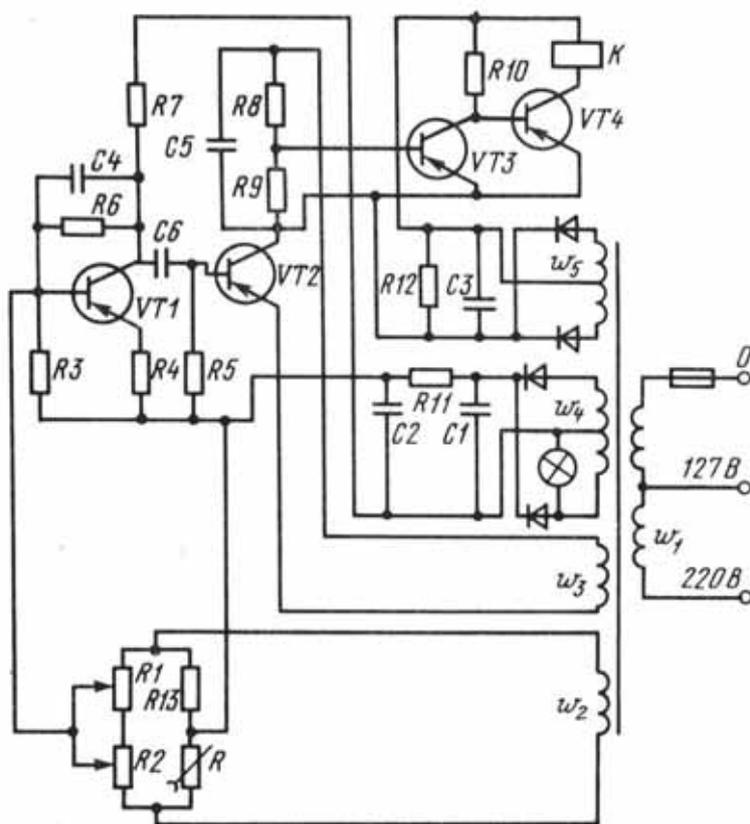


Рис. 6.5. Принципиальная схема полупроводникового терморегулятора ПТР-2 двухпозиционного действия

При отсутствии разбаланса моста триоды $VT1$ и $VT4$ закрыты, а триоды $VT2$ и $VT3$ открыты, реле K обесточено. При подаче на базу $VT1$ отрицательного напряжения разбаланса моста триоды $VT1$ и $VT4$ открываются, а $VT2$ и $VT3$ закрываются; реле K срабатывает и своими контактами включает исполнительные органы системы управления.

§ 4. Комбинированные регуляторы

Для регулирования тепловых процессов используют комбинированный регулятор (например, системы «Кристалл»).

Регулятор состоит (рис. 6.6, а) из измерительных преобразователей Д, задатчика Зд, электронного усилителя ЭУ, электрогидравлического реле ЭГР, пневматического устройства обратной связи УОС и гидравлического исполнительного механизма ГИМ.

Регулятор позволяет осуществлять П-, И, ПИ-законы регулирования. Усилитель ЭУ воспринимает сигнал разбаланса измерительных преобразователей и задатчика. Этот сигнал после усиления поступает к электрогидравлическому реле ЭГР, управляющему механизмом ГИМ, в котором энергоносителем является давление воды.

При отсутствии рассогласования обмотки электромагнитов ЭМ1 и ЭМ2 электрогидравлического реле (рис. 6.6, б) отключены от выходных напряжений электронного усилителя. Связанные с их сердечниками клапаны опущены и перекрывают отверстие С для слива воды. Поршень 1 неподвижен, так как давления с обеих его сторон одинаковы.

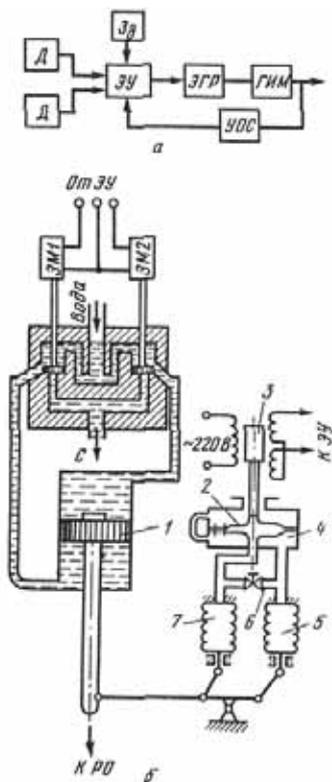


Рис. 6.6. Комбинированный регулятор системы «Кристалл»

При появлении сигнала рассогласования срабатывает один из электромагнитов ЭГР, например ЭМ1, поднимая клапан. Нижняя полость исполнительного механизма соединяется со сливом С, и поршень начинает перемещаться вниз под действием давления воды в верхней полости, воздействуя на регулирующие органы РО. Одновременно перемещаются рычаги обратной связи, сжимая сильфов 5 и растягивая сильфон 7. Вследствие этого давление внутри полости 2 мембранной коробки понижается, а снаружи в полости 4 повышается, в результате чего сердечник дифференциально-трансформаторного преобразователя 3 смещается вниз и к усилителю ЭУ поступает сигнал от гибкой обратной связи. Полости сильфонов 5 и 7 соединены регулируемым дросселем 6.

Благодаря этому давления в полостях 2 и 4 постепенно выравниваются, сердечник 3 возвращается в исходное состояние и интегральная составляющая сигнала исчезает. Таким образом, при открытом дросселе ПИ-регулятор работает по ПИ-закону, а при закрытом – по ПИ-закону.

Пример работы импульсного регулятора рассмотрен в главе 12 (рис. 12.1, а, б). Примеры работы других типов регуляторов из-за ограниченного объема в данном учебном пособии не рассматриваются.

Вопросы к главе 6

1. Классификация автоматических регуляторов.
2. Регуляторы приборного и аппаратного типов.
3. Комбинированные регуляторы.

Глава 7. Специальные отраслевые приборы

Специальные отраслевые приборы применяют для измерения специфических технологических параметров. Они получили развитие как средство контроля количественных (расход зерна) и качественных (влажность зерна, белизна муки) показателей технологических процессов.

§ 1. Приборы для определения белизны муки

Белизна – один из показателей качества муки. Принцип оценки качества муки по цвету строится на том, что спектральные коэффициенты отражения внутренней части зерна (эндосперма) по всему диапазону видимого спектра (длина волны 380-700 нм) значительно превосходят коэффициент отражения отрубянистых частиц зерна, количество которых влияет на сортность муки.

Фотометры. Для определения белизны муки фотометры строят по двухканальной схеме, основанной на методе сравнения двух световых потоков – эталонного и отраженного от контролируемого образца. Пример двухканального фотометра на основе одновременного сопоставления двух световых потоков показан на рис. 7.1.

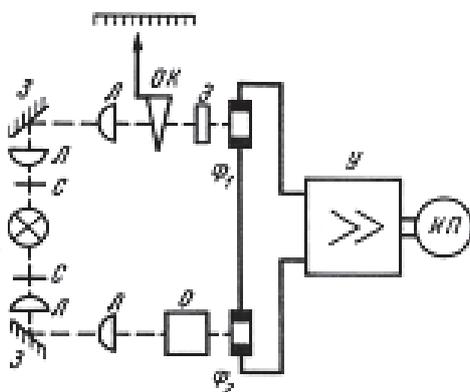


Рис. 7.1. Принципиальная схема двухканального фотометра

Свет от лампы осветителя, отражаясь от зеркал Z , разделяется на два потока. Один из них, пройдя светофильтр, зеркало, линзу L , оптический конденсатор OK (клин), эталонный объект, попадает в фотоприемник Φ_1 . Второй проходит через те же элементы и образец и попадает на фотоприемник Φ_2 .

Фотоприёмники (фоторезисторы) включены в мостовую схему. Электрический сигнал в мостовой схеме, зависящий от соотношения сравниваемых световых потоков, после усиления контролируется измерителем $ИП$. Показания белизны отсчитывают по положению подвиж-

ного элемента компенсатора, которым восстанавливают по измерителю равновесие между световыми потоками.

Прибор РЗ-БПП. Для непрерывного дистанционного контроля белизны муки в потоке используют прибор РЗ-БПП.

Функциональная блок-схема прибора (рис. 7.2, а) состоит из источника светового излучения 1, фотоприемника 2, преобразующего световое излучение в электрический сигнал, усилителя 3, стабилизаторов напряжения 4, осветительной лампы 5, реле времени 6, амперметра 7 для контроля годности осветительной лампы, измерительного прибора 8 для визуального отсчета результатов измерений и автоматического потенциометра 9 для регистрации результатов измерений и включения сигнального устройства при отклонении качества продукта от нормы.

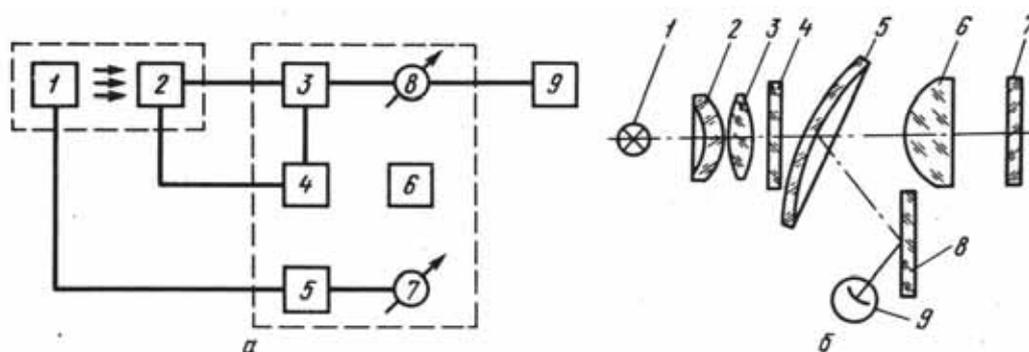


Рис. 7.2. Прибор РЗ-БПП для определения белизны муки в потоке:
 а – функциональная блок-схема: 1 – источник светового излучения;
 2 – фотоприемник; 3 – усилитель; 4 – стабилизатор напряжения; 5 – лампа осветительная; 6 – реле времени; 7 – амперметр; 8 – измерительный прибор;
 9 – потенциометр; б – принципиальная оптическая схема: 1 – источник света;
 2,3 – конденсатор; 4 – светофильтр; 5 – зеркало сферическое; 6 – объектив;
 7 – измеряемый продукт; 8 – зеркало; 9 – фотоприёмник

Принципиальная оптическая схема представлена на рис. 7.2, б. Световой поток от источника света 1 через конденсаторы 2, 3, светофильтр 4, сферическое зеркало 5 попадает на объектив 6, в плоскости которого изображается нить лампы с увеличением 3^x . Отраженный от измеряемого продукта 7 свет объективом 6, сферическим зеркалом 5 и зеркалом 8 направляется на поверхность фотокатода фотоприемника 9.

Принцип действия прибора РЗ-БПП заключается в следующем. Световой поток из измерительной головки направляется на уплотненную поверхность контролируемого продукта. При этом часть света отражается от этой поверхности и поступает на фотоприемник, установленный в измерительной головке. Величина отражаемой световой энергии зависит от белизны, чистоты, грануляции и цвета продукта. Уси-

ленный сигнал с фотоприемника поступает на измерительный прибор, установленный в блоке регистрации и питания, а затем на автоматический самопишущий потенциометр.

Ограничительные контакты автоматического потенциометра устанавливаются на величину сигнала, соответствующую определенной норме контролируемого продукта. В случае изменения сигнала на величину, превышающую установленную норму, срабатывают ограничительные контакты, включающие световой или звуковой сигнал и устройство, автоматически направляющее продукт в отдельный бункер.

§ 2. Влагомеры

Изучение свойств зерновой массы и влияния на нее условий окружающей среды показало, что интенсивность всех протекающих физиологических процессов в основном зависит от влажности и правильного выбора режима хранения,

Влагомер «Колос-1». В настоящее время для экспрессного измерения влажности зерна во время хранения и сушки применяют электронно-цифровой влагомер зерна «Колос-1». Во влагомере используется диэлькометрический метод измерения влажности нормированного количества зерна с цифровым отсчетом измеренной величины. Сущность метода состоит в пропорциональном преобразовании полного сопротивления первичного емкостного преобразователя с определенным количеством зерна, зависящего от влажности зерна в момент измерения, в величину влажности.

Нашли применение также электрические влагомеры ПВЗ-3, ПВЗ-20Д. В основе действия этих влагомеров лежат зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь от влажности зерна.

Электрический влагомер ПВЗ-20Д. Он состоит из преобразователя, установленного в вертикальном материалопроводе, и выносного измерительного блока, который размещается на общем пульте контроля и управления технологическим процессом. Корпус преобразователя оформлен внешне как элемент трубопровода высотой 620 мм и крепится при помощи стандартных соединительных фланцев.

Конструкция преобразователя обеспечивает его полное и равномерное заполнение движущимся зерном, стабильность и воспроизводимость величины рабочей емкости, компенсацию влияния колебаний расхода и кинетической энергии потока зерна, а также защиту от засорения. Высокочастотная часть измерительной схемы смонтирована на внешней стороне корпуса, что позволяет легко удалить измерительный

блок и исключает необходимость учета предельной длины кабеля при монтаже влагомера.

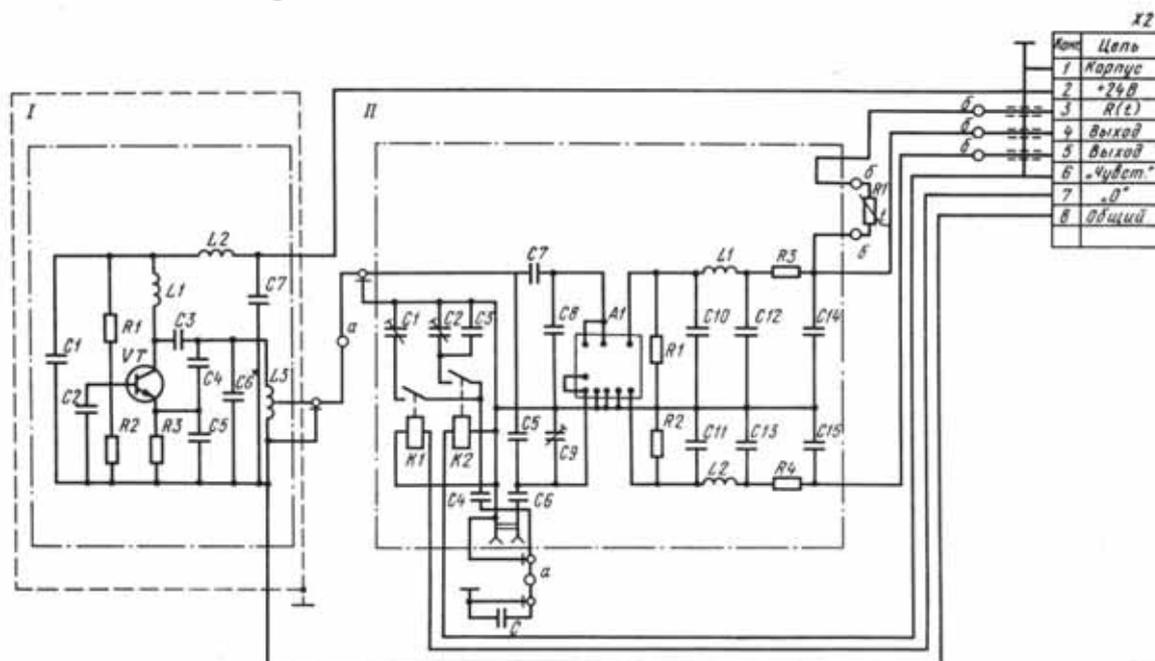


Рис. 7.3. Принципиальная электрическая схема первичного преобразователя влагомера ПВЗ-20Д:
I – плата высокого генератора; II – плата измерительного моста.

Измерительный блок выполнен в виде самостоятельного щитового прибора со всеми необходимыми органами настройки, установки рабочего интервала влажности, визуальной индикации результатов измерения, а также разъемами для подключения внешних исполнительных устройств сигнализации, дистанционного контроля и регулирования.

Электрическая схема первичного преобразователя (рис. 7.3), смонтированного на корпусе, содержит плату высокочастотного генератора I, плату измерительного моста II, рабочую емкость C1 и терморезистор R1, расположенный в преобразователе. Генератор колебаний частотой 11 МГц собран на транзисторе VT и служит для питания мостовой измерительной схемы. Термокомпенсированный измерительный мост содержит два емкостных делителя C7, C8 и C5, емкость преобразователя C1 и две симметричные цепи детектирования, реализованные с помощью микросхемы A1 и фильтров C10, C11, C12, L2, C13. На выходе электрической схемы измерения емкости преобразователя формируется постоянное напряжение, определяемое величиной приращения электрической емкости.

Схема измерительного блока состоит из блока питания, измерительного усилителя и контактного трехпозиционного миллиамперметра

на 5 мА, который подключается на выходе усилителя. Блок питания построен на базе силового трансформатора и шести стабилизаторов напряжения.

Сигнал, сформированный первичным преобразователем, суммируется на входе измерительного блока с напряжением температурной поправки и напряжением смещения нуля, фильтруется, нормализуется в токовый сигнал 0–5 мА, индицируется на шкале прибора в процентах влажности и подается на самопишущий прибор и трехпозиционный регулятор с внутренним сопротивлением до 2,5 кОм для управления процессами увлажнения или сушки зерна. Диапазон измерения влажности электровлагомера ПВЗ-20Д при температуре контролируемого зерна 5–50 °С составляет 10–26 %.

§ 3. Дозаторы зерна и мучнистых продуктов

В системах автоматического контроля и управления технологическими процессами хлебоприемных и зерноперерабатывающих предприятий широкое применение получили дозаторы и стабилизаторы расхода зерна и мучнистых продуктов,

Автоматический дозатор зерна типа УРЗ устанавливаются под силосами и бункерами для неочищенного зерна на мукомольных заводах сортового помола, а также под бункерами отволаживания зерна для подачи его постоянным расходом в размольное отделение.

Чувствительным элементом дозатора служит отклоняемая пластина, на которую с небольшой высоты падает зерно. Усилие, действующее при этом на пластину и вызывающее ее отклонение от исходного положения, пропорционально мгновенному значению массы продукта. Принцип действия дозаторов основан на автоматическом уравнивании заданного момента сил моментом вертикальной составляющей давления потока продукта на пластину.

Принципиальная пневматическая схема дозатора УРЗ-1 показана на рис. 7.4. Электроаппаратура, входящая в состав дозатора, смонтирована в металлической коробке и состоит из электромагнитного преобразователя, понижающего трансформатора напряжения и выпрямителя. Дозатор работает следующим образом. После установки пневмотумблер 10 по линиям связи 8, 9, 12 подает сжатый воздух в пневмоцилиндр 11. Закрытие или открытие сопла 7 осуществляется заслонкой 6. Контроль давления воздуха осуществляется манометром 5. Мембрана пневмоцилиндра преодолевает усилие пружины и начинает открывать секторную заслонку. Зерно из воронки падает на отклоняемую пластину.

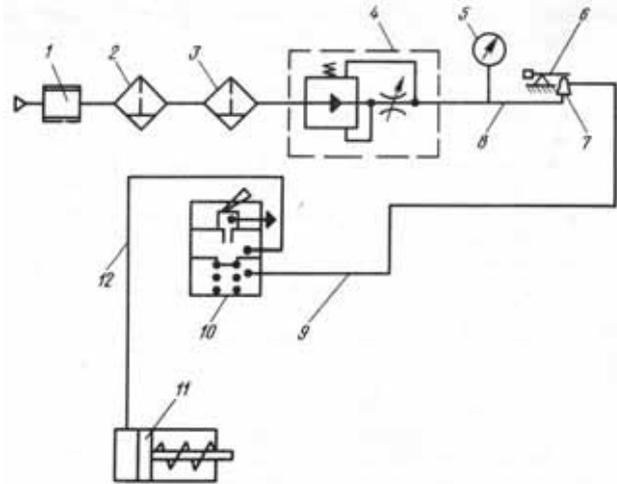


Рис. 7.4. Принципиальная пневматическая схема дозатора УРЗ-1:
 1 – вентиль; 2 – фильтр-влагоотделитель; 3 – фильтр; 4 – стабилизатор давления; 5 – манометр; 6 – заслонка; 7 – сопло; 8, 9 – линии связи; 10 – пневмотумблер; 11 – пневмоцилиндр.

Рычажная система весов находится в положении равновесия в том случае, если сила, действующая на пластину, уравновешивается массой передвижной гири. При наличии разбаланса производится автоматическое открытие или закрытие сопла, в результате чего увеличивается или уменьшается давление воздуха в пневмоцилиндре. Соответственно закрывается или открывается секторная заслонка, которая регулирует расход продукта в направлении восстановления баланса весов.

Диапазон измерения расхода продукта в дозаторе УРЗ-1 составляет 0,2–7,0 т/ч, в УРЗ-2 – 0,2–12,0 т/ч.

Стабилизатор расхода зерна У1-ЕСР. Он предназначен для автоматической стабилизации и контроля массового расхода зерна, подаваемого на вальцовый станок первой драной системы, а также на других этапах переработки зерна, например для дозирования компонентов помольной смеси и стабилизации подачи зерна на оборудование зерноочистительных, отделений мукомольных заводов.

Принцип работы стабилизатора основан на измерении электрическим методом динамического воздействия потока зерна на измерительный лоток и регулирования величины проходного сечения поворотным затвором.

Стабилизатор состоит из преобразующе-регулирующего блока и шкафа управления (рис. 7.5).

Преобразующе-регулирующий блок состоит из следующих основных частей: корпуса 5, патрубку 4, затвора 6, исполнительного механизма 7, направляющего лотка 8, измерительного лотка 9, преобразователя силы 3.

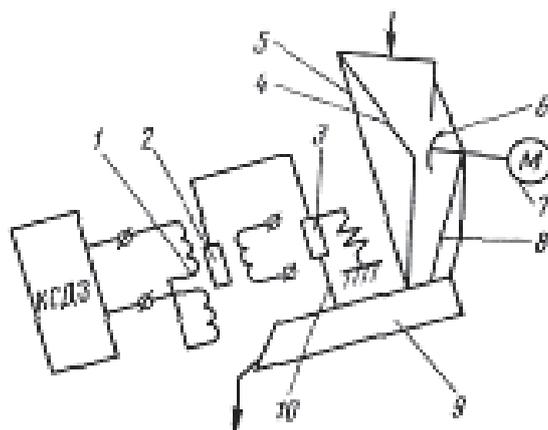


Рис. 7.5. Схема стабилизатора расхода зерна У1-ЕСР: 1 – дифференциально-трансформаторная катушка; 2 – сердечник; 3 – преобразователь силы; 4 – патрубок; 5 – корпус; 6 – затвор; 7 – исполнительный механизм; 8 – направляющий лоток; 9 – измерительный лоток; 10 – шток.

Измерительный лоток преобразует величину массового расхода зерна в силу. Лоток крепится на штоке 10, который передает усилие на втулку преобразователя силы, связанного с сердечником 2 дифференциально-трансформаторной катушки 1.

Преобразователь силы 3 предназначен для преобразования силы в электрическую величину – комплексную взаимную индуктивность. Он работает следующим образом. Под действием силы давления зерна измерительный лоток опускается вниз вместе с сердечником дифференциально-трансформаторной катушки на некоторую величину, пропорциональную массовому расходу зерна. Сигнал, пропорциональный перемещению сердечника, поступает с дифференциально-трансформаторной катушки на прибор КСДЗ, установленный в шкафу управления. Прибор КСДЗ сравнивает измеренное значение расхода с заданным и, если они не равны, включает одно из реле, которое дает импульс исполнительному механизму 7 затвора 6 на открытие или закрытие. Когда измеренное значение расхода равно заданному, прибор КСДЗ отключает соответствующее реле, которое, в свою очередь, выключает исполнительный механизм затвора. Кроме того, прибор КСДЗ записывает расход зерна на диаграммный диск.

Вопросы к главе 7

1. Приборы для определения белизны муки.
2. Влагомеры.
3. Дозаторы зерна и мучнистых продуктов.
4. Стабилизатор расхода зерна.

Глава 8. Исполнительные механизмы

Исполнительные механизмы предназначены для воздействия на исполнительные (регулирующие) органы технологического оборудования (вентили, клапаны, задвижки и т.п.) при получении импульсов непосредственно от измерительных преобразователей или от усилителей. Исполнительные механизмы могут быть предназначены для выполнения простейших операций, например, открыть–закрыть, в этом случае их называют двухпозиционными, и для многопозиционного и плавного регулирования, тогда их называют пропорциональными. По виду потребляемой энергии исполнительные механизмы подразделяют на электрические, гидравлические и пневматические.

Наибольшее распространение получили электрические исполнительные механизмы. Они позволяют получить достаточно большие перестановочные усилия и высокую точность позиционирования. Пневматические исполнительные механизмы имеют более высокие значения быстродействия и точности позиционирования. Гидравлические исполнительные механизмы применяют для обеспечения больших перестановочных усилий.

§ 1. Электрические исполнительные механизмы

Электрические исполнительные механизмы (ЭИМ) состоят из электродвигателя, редуктора, выходного рычага и различных дополнительных устройств. В качестве привода ЭИМ используют асинхронные трехфазные двигатели общепромышленного назначения, специальные асинхронные двухфазные двигатели с полым ротором и двигатели с небольшой частотой вращения. Для увеличения крутящего момента и достижения необходимой скорости перемещения выходного органа применяют цилиндрические и червячные редукторы. Электрические исполнительные механизмы комплектуют измерительными преобразователями положения выходного органа и сигнала обратной связи, пропорционального положению регулирующего органа. ЭИМ выпускаются только постоянной скорости.

Различные по величине перемещения регулирующего органа реализуются вследствие различной продолжительности времени включения двигателя. Требуемый закон перемещения регулирующего органа при автоматическом управлении формируется регулирующим устройством или ЭВМ и реализуется ЭИМ в результате повторнократковременного включения двигателя с соответствующим соотношением между длительностями включенного и выключенного состояний.

В зависимости от характера перемещения выходного рычага ЭИМ подразделяют на три типа: многооборотные электрические механизмы (МЭМ); однооборотные электрические механизмы (МЭО), выходной вал которых совершает поворот в пределах угла меньше 360° ; прямоходные электрические механизмы (МЭП) с поступательным движением выходного рычага.

Основными параметрами, характеризующими ЭИМ, являются: крутящий момент на валу для механизмов типов МЭО и МЭМ или усилие на штоке для механизмов типа МЭП, номинальное время перемещения выходного органа, номинальный угол поворота или путь, величина управляющего сигнала или диапазон его изменения, а также характер изменения величины средней относительной скорости в зависимости от длительности управляющего импульса.

В зависимости от способа усиления управляющего сигнала ЭИМ подразделяют на механизмы с контактным и бесконтактным управлением. В ЭИМ с бесконтактным управлением используют специальные конденсаторные двигатели типа ДАУ и тиристорные усилители.

Все ЭИМ изготавливают для работы в повторно-кратковременном реверсивном режиме с числом включений до 300 в 1 ч и продолжительностью включений до 25 %. Допускается работа в повторно-кратковременном реверсивном режиме с числом включений до 600 в течение 1 ч. ЭИМ с двигателем 4 А питаются от трехфазной сети переменного тока напряжением 380/220 В, ЭИМ с двигателями типа ДАУ – от однофазной сети переменного тока напряжением 220 В.

В механизмах МЭО-1,6 и МЭО4 в качестве привода используют электродвигатель ДАУ-4. Механизмы оснащают блоками сигнализации положения с индуктивным (ЕДИ-6) или реостатным (БДР-П) измерительным преобразователем положения выходного органа.

На рис. 8.1 показана принципиальная электрическая схема механизмов МЭО-1,6 и МЭО-4. Как видно из схемы, однофазный асинхронный электродвигатель имеет две обмотки. В одну из обмоток включен конденсатор С, предназначенный для сдвига фаз на 90° . Для изменения направления вращения достаточно переключить питающие концы на управляющей обмотке, параллельно которой включен тормозной электромагнит ЭМ. Ограничение хода выходного вала осуществляется при помощи конечных выключателей В1 и В2. Выключатели В3 и В4 могут быть использованы для сигнализации. Мощность, потребляемая электродвигателем, составляет 20 Вт.

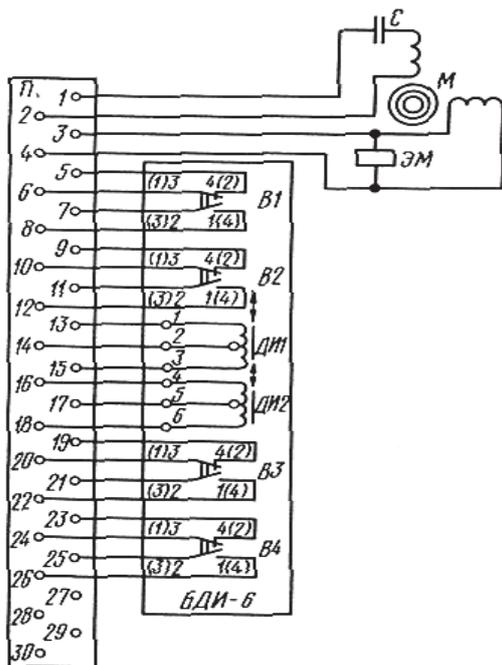


Рис. 8.1. Принципиальная электрическая схема механизмов типов МЭО-1,6 и МЭО-4

Механизмы МЭО-0,63 предназначены для замены механизмов типа ПР. В качестве привода в этих механизмах используется самотормозящийся однофазный электродвигатель с фазосдвигающим конденсатором.

Механизмы могут иметь предельный выключатель, с помощью которого осуществляется ограничение крайних положений выходного органа или блок переключателей, который, кроме ограничения крайних положений, осуществляет сигнализацию промежуточных положений выходного органа. Механизмы оснащены реостатным преобразователем положения выходного органа. На рис. 8.2 показана принципиальная электрическая схема механизмов МЭО-0,63 (с предельным выключателем и с блоком).

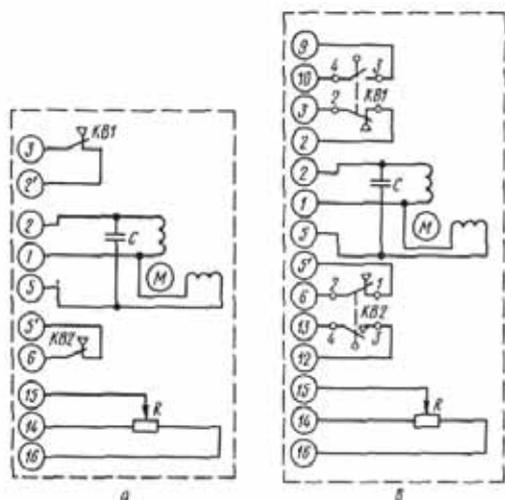


Рис.8.2. Принципиальная электрическая схема механизмов типа МЭО-0,63:
а – с предельным выключателем;
б – с блоком переключателей

На предприятиях хранения и переработки зерна применяются также специализированные электрические исполнительные механизмы типов ТЭА-14М, ТЭА-15, БФ, БТ, ЭПВ-2, РИМЗ. Наибольшее применение из них получил регулируемый исполнительный механизм задвижек (РИМЗ), который предназначен для дистанционного управления задвижками и перекидными клапанами (рис. 8.3).

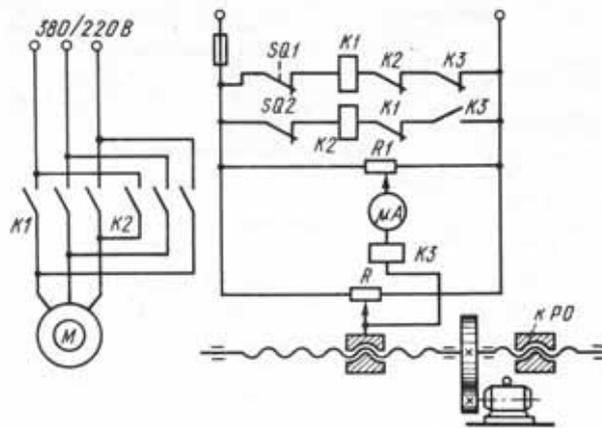


Рис. 8.3. Принципиальная схема автоматического управления РИМЗ с датчиком положения

РИМЗ обеспечивает дистанционное открытие или закрытие задвижек на требуемую величину благодаря наличию в конструкции реостата обратной связи.

§ 2. Гидравлические исполнительные механизмы

Для управления механизмами, требующими больших перестановочных усилий, применяют гидравлические сервоприводы двух видов: поршневые с поступательным движением штока и кривошипные с поворотным рычагом. Промышленность выпускает несколько типов гидравлических исполнительных механизмов. Перемещение поршня в гидроприводах происходит за счет разности давления жидкости, находящейся с обеих сторон поршня. В качестве рабочей жидкости в гидроприводах используется главным образом масло.

На рис. 8.4 показана схема гидравлического сервопривода с поступательным движением штока. При отсутствии нагрузки на шток 1 поршня 2 его перемещению в цилиндре 3 препятствует трение, главным образом, в сальнике 6. Следовательно, разность давления в полостях 4 и 5 определяется усилиями трения. Эту величину называют зоной нечувствительности. Для перемещения нагруженного поршня необходимо создать соответствующую разность давления.

Исполнительные механизмы с поступательным движением поршня способны развивать усилия до 20 кН. Время работы исполнительного механизма возрастает при увеличении нагрузки, так как требуется увеличивать разность давления. Гидропривод является инерционным прибором и применяется в системах, где особого быстродействия не требуется. Нагрузки на гидроприводы выбираются в размере не более 15 % от максимально возможной.

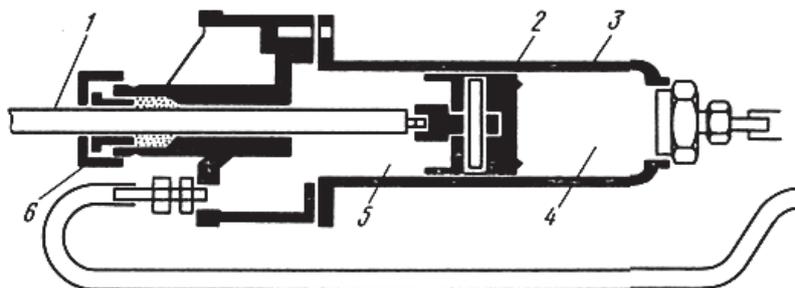


Рис. 8.4. Схема гидравлического сервопривода с поступательным движением штока: 1 – шток; 2 – поршень; 3 – цилиндр; 4, 5 – полости; 6 – сальник

Гидроприводы с шатунно-кривошипной передачей обладают меньшей зоной нечувствительности вследствие меньших усилий трения. Подобные гидроприводы способны развивать вращающий момент до 3000 Нм, однако их также нагружают в размере не более 15 % от максимально возможного момента.

§ 3. Пневматические исполнительные механизмы

В системах пневматической автоматики для управления регулирующими органами (заслонки на воздуховодах вентиляционных систем и установок кондиционирования воздуха) применяются различные пневматические исполнительные механизмы.

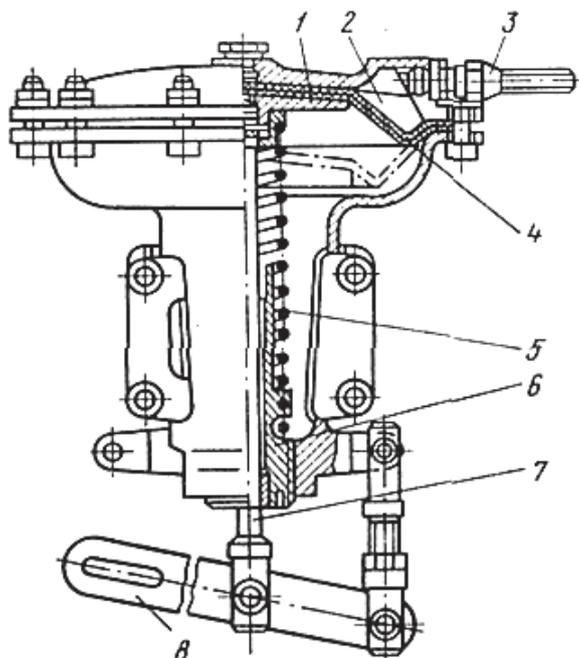


Рис. 8.5. Пневматический исполнительный механизм типа МПП:
1 – упор; 2 – мембранная коробка; 3 – штуцер; 4 – мембрана;
5 – пружина; 6 – гайка; 7 – шток; 8 – рычаг.

Одним из типов механизмов является приведенный на рис. 8.5 мембранный пневматический механизм типа МПП. Сжатый воздух через штуцер 3 поступает в мембранную коробку 2, в которой находится мембрана 4, покоящаяся на упоре 1.

Давление воздуха уравнивается пружиной 5, начальное давление которой регулируется гайкой 6. При возрастании давления воздуха пружина 5 сжимается, шток 7 опускается и перемещает рычаг 8. Полный ход штока осуществляется при изменении давления сжатого воздуха, подводимого через штуцер к мембране, от 0,01 до 0,1 МПа.

Для получения сжатого воздуха в системах пневматической автоматики применяют специальные компрессоры, развивающие давление 0,5–0,7 МПа. Сжатый воздух затем фильтруется и редуцируется до требуемого давления 0,11 МПа.

Вопросы к главе 8

1. Электрические исполнительные механизмы (типа МЭМ, МЭО, МЭП).
2. Гидравлические исполнительные механизмы.
3. Пневматические исполнительные механизмы.

Глава 9. Комплектные средства автоматики

Наряду с использованием в системах автоматизации отдельных приборов, преобразователей, исполнительных и регулирующих устройств все большее применение находят комплектные средства автоматики и агрегатированные технические комплексы АСУ ТП. Это позволяет использовать на различных предприятиях одинаковые наборы технических средств и собирать из них индивидуальные системы автоматизации как бы из отдельных кубиков. Это удешевляет как проектирование, монтаж и наладку, так и эксплуатацию при минимуме обслуживающего персонала необходимой квалификации.

§ 1. Комплектные устройства управления электроприводом

Этими устройствами обеспечивается компоновка всех электрических схем СДАУ предприятий хранения и переработки зерна, а также исполнительных элементов локальных автоматических систем регулирования (ЛАСР) технологическими процессами.

Поскольку в основу управления электроприводом на ПХПЗ заложены магнитные пускатели и электромагнитные реле различных модификаций, значительную часть применяемых комплексных устройств составляют панели управления, релейные блоки, пусковые и управляющие ящики и шкафы.

Панели управления типа ПУ предназначены для распределения электроэнергии трехфазного переменного тока, защиты от перегрузки и токов короткого замыкания, дистанционного управления электродвигателями и другими электроприемниками. Панели управления типа ПУ конструктивно оформлены в виде металлических каркасов, на которых крепят блоки управления типа БУ с установленными на них в различном сочетании автоматическими воздушными выключателями, магнитными пускателями или контакторами, тумблерами, трансформаторами тока, предохранителями в цепях управления, клеммными сборками для подключения проводов. По числу и типу аппаратов, установленных на блоке, числу и типу блоков, установленных на панели, определяют их марку (рис. 9.1, а-в);

Релейные блоки используются при компоновке электрических схем комплексного управления, сигнализации и блокировки электроприводов и других элементов оборудования технологических процессов на ПХПЗ. На блоках БР в различных сочетаниях устанавливают промежуточные реле (например, РПУ-2 на разные напряжения), реле времени (ВС-10, ВЛ-55), источники мигающего света (ИМС-1), аппаратуру встроенной температурной защиты электродвигателей (УВТЗ-4),

ФУЗ-У, вторичные приборы реле контроля скорости (РС-67), клеммные сборки. По типу и числу аппаратов, установленных на блоке, определяют его марку, порядок расшифровки которой приведен на рис. 9.1, з.

Блоки БУ и БР можно применять в комплекте панели и в виде отдельного средства поставки.

Реле скорости ЯРС-Щ и ЯРС-Ш-01 предназначены для контроля движения и обрыва цепи скребкового транспортера ЯРС-1М с преобразователем (ДМ-2) и для контроля скорости, пробуксовки и поперечного разрыва ленты ленточного транспортера (ЯРС-1М-01 с преобразователем УПДС). Эти комплекты используют при контроле работы одиночных машин. В системах диспетчерского автоматизированного управления (СДАУ) для этих целей применяют релейный блок с реле контроля скорости (марка блока БРС). В металлическом корпусе ЯРС размещены реле РС-67 и клеммные сборки и в комплекте к нему приложены преобразователи скорости ДМ-2 или УПДС.

Пусковые ящики предназначены для управления электродвигателями (как правило, исполнительных устройств). По конструкции – это герметизированный металлический ящик, внутри которого смонтированы одно, два или три промежуточных реле, либо магнитный пускатель (реверсивный или нереверсивный) для управления электродвигателем (ЭД) малой мощности. Число и тип аппаратов, установленных в пусковом ящике, определяют его марку, по которой задается мощность управляемого ЭД и схема его управления. Аналогичные по конструкции, но отличающиеся по типам и маркам пусковые ящики применяют в большинстве комплектных средств автоматики для управления исполнительными устройствами.

Шкафы управления (например, марки ШБУ) предназначены для тех же целей, что и панели ПУ. При необходимости шкафы устанавливают непосредственно в производственных помещениях или на открытом воздухе (например, для управления автомобилеподъёмником). В этом случае блоки БУ монтируют не на каркасе, а в герметизированном шкафу с дополнительной установкой в нем вводного включающего устройства (рубильник или автомат).

Станции кнопочные СК и СКС предназначены для подачи сигнала на включение или отключение цепей управления с напряжением до 380 В, а также для совместного управления и сигнализации о включении цепи (марка СКС). Конструктивно СК и СКС представляют собой металлический герметизированный корпус с герметически закрываемой крышкой-дверцей, на которой смонтированы кнопочные посты и сигнальная арматура. Внутри ящика расположены клеммные сборки. Количество кнопок и сигнальных лампочек определяет марку станции.

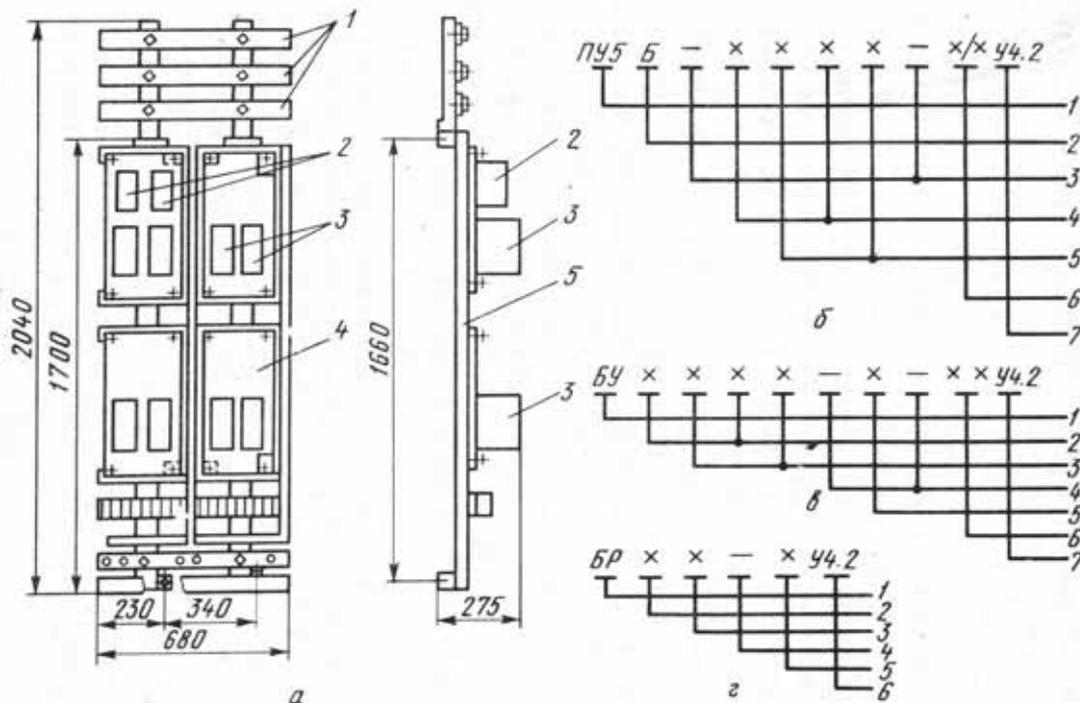


Рис. 9.1. Панели и блоки управления: а - общий вид панелей ПУ: 1 – шины; 2 – воздушные автоматические выключатели; 3 – магнитные пускатели; 4 – блок БУ; б – структура обозначения панели ПУ5: 1 – постоянная часть условного обозначения; 2 – панель с блоками; 3 – разделительный знак; 4 – число отводящих линий с автоматическими выключателями, магнитными пускателями или контакторами; 5 – величина магнитного пускателя (от 1 по 5) или цифра 7, указывающая на наличие контактора; если пускатель реверсивный, дополнительно ставится буква Р после обозначения величины пускателя; в – цифры, указывающие в числителе порядковый номер исполнения панели по токам уставок автоматических выключателей и тепловых элементов магнитных пускателей: в знаменателе – по рядковый номер исполнения, характеризующий изменение применяемой аппаратуры, влияющее на основные параметры панели; 7 – климатическое исполнение по ГОСТ, в – структура обозначения блока БУ; 1. 7 – то же, что в пункте б; 2 – число отходящих линий; 3 – величина магнитного пускателя; 4 – разделительный знак; 5 – исполнение по токам установок тепловых реле; б – конструктивное исполнение; г – структура обозначения релейного блока БР: 1 – постоянная часть обозначения; 2 – буква, обозначающая наличие реле времени (В) или реле скорости (С); 3 – число установленных аппаратов; 4 – разделительный знак; 5 – конструктивное исполнение; б – климатическое исполнение по ГОСТ.

Сигнальные табло (марка ТС) предназначены для световой сигнализации работы электроприводов, контроля механизмов, уровня продукта в емкостях (бункерах, силосах и т.д.). Сигнальные табло могут выполнять роль местных щитов сигнализации, а вместе с СК или СКС – местных пультов управления. Конструкция табло аналогична СКС. Ящики с приборами ЯП и ЯПК предназначены для контроля нагрузки

ЭД (ЯП) или для контроля и управления в цепях управления ЭД (ЯПК). Они также используются и для других цепей управления с токовыми сигналами. ЯП и ЯПК по конструкции аналогичны СК, но в отличие от последних в крышку корпуса вмонтированы амперметры и тумблеры (ЯП) или амперметры и кнопки управления (ЯПК). По числу контролируемых приводов (цепей) определяют марку ящика. Рассмотренные комплектные устройства позволяют компоновать в соответствии с привязанным к конкретному объекту различные схемы автоматизированного управления электроприводом.

На ПХПЗ вместе с централизованной системой управления можно осуществить управление отдельных производственных участков (прием зерна с автотранспорта, железной дороги, водного транспорта; отпуск зерна и продукции; дробление зерна к т.д.). В этих случаях из общепромышленных комплектных средств или рассмотренных выше устройств в заводских условиях komponуют специализированные для отдельных участков ПХПЗ средства автоматизации. К ним, например, относятся:

- комплект для автоматизированного управления дробилкой (марки А1-ЛДМ, Л1-ДЦР и др.), в который входят щит управления, панель автоматических регуляторов и силовая панель управления;
- комплект для автоматизированного управления автомобилеразгрузчиком, в который входят щит управления с жетоноприемником, силовые панели управления электроприводом, сигнальные устройства и др.;
- комплект для автоматизированного управления участком гранулирования, в который входят на первом этапе щит управления, блок автоматических регуляторов, комплект преобразователей и исполнительных устройств, силовая панель управления, а в дальнейшем и управляющая микро-ЭВМ (например, СМ-1800).

§ 2. Щиты и пульты управления

Важное место при автоматизации предприятий занимает диспетчерское оборудование, прежде всего щиты, шкафы, столы, а также пульты управления различных типов.

Щит управления – металлическая конструкция в виде шкафа или панели, предназначенной для размещения на ней технических средств автоматики, позволяющих осуществлять дистанционный контроль и управление технологическим процессом.

Шкафные щиты (шкафы) – это закрытые устройства, устанавливаемые как в специальных диспетчерских или аналогичных помещениях, так и непосредственно в производственном помещении. Панельные

щиты – открытые устройства – устанавливаются в специализированных помещениях (на ПХПЗ – в распределительных пунктах, так называемых (РП), защищенных от пыли с ограниченным доступом обслуживающего персонала соответствующей квалификации).

Пульт управления – закрытая металлическая конструкция в виде стола специальной формы, на котором размещены технические средства дистанционного контроля и управления. При наличии большого количества аппаратуры к пультам добавляется щит сигнализации с мнемосхемой управляемого процесса. Этот щит может быть непосредственно пристыкован к лицевой части пульта либо установлен на некотором удалении от него. Мнемосхема представляет собой упрощенную графическую схему технологического процесса в формализованном виде. В эту схему встраивается светосигнальная арматура.

Щиты и пульта управления могут быть однопанельными, одношкафными, а также многопанельными и многошкафными. Их пространственная компоновка зависит от конкретных условий производственного процесса, количества и вида средств автоматизации, удобства и безопасности их обслуживания. На лицевой стороне щитов, не имеющих пульта, размещают измерительные приборы, регуляторы, сигнальную светоаппаратуру, переключатели и т.д. Аппаратура на щитах и пультах располагается в порядке прохождения всех операций технологического процесса.

Щиты и пульта управления по высоте (сверху вниз) располагаются следующим образом: сигнальная арматура, измерительные показывающие приборы, измерительные регистрирующие приборы, регулирующие приборы, аппаратура оперативного контроля и управления (переключатели, кнопки, указатели положения и т.д.). Звуковая сигнальная аппаратура размещается в самой верхней части щита (пульта).

Лампы сигнальной арматуры бывают нескольких цветов: зеленый и белый цвета указывают на нормальный режим работы, желтый – предупреждающий, а красный – аварийный сигнал. На рис. 9.2, а показан пример графического оформления общего вида щита управления шкафного типа.

Наибольшее распространение на ПХПЗ нашли пульта управления для СДАУ элеваторов, мельниц и комбикормовых заводов типа ПДУ-2 (сняты с производства) и ПДУ-2М – пульт мозаичного типа, выпускаемый серийно. Фасадную часть мозаичных пульта набирают из квадратных элементов (секций), в которые встраиваются либо аппаратура управления и сигнализация, либо части изображения мнемосхемы, либо наборные зажимы, диоды, резисторы и т.д.

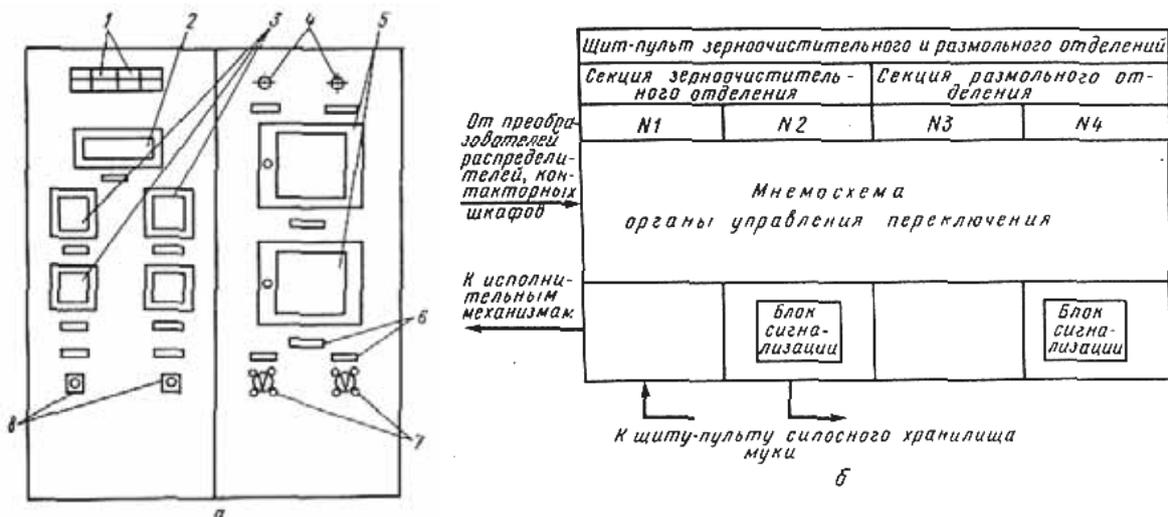


Рис. 9.2. Щиты и пульты управления: а – общий вид щита управления шкафного типа: 1 – сигнальное табло; 2 – прибор измерительный показывающий; 3 – регулирующие приборы; 4 – сигнальные лампы; 5 – показывающие и регистрирующие измерительные приборы; 6 – шильдики с надписями; 7 – переключатели; 8 – кнопки управления; б – структурная схема пульта управления системы САУМ-1.

На вертикальной части пульта ПДУ набирается мнемоническая схема с сигнальной световой арматурой, встраиваются амперметры нагрузки электродвигателей основных технологических машин. На наклонной столешнице устанавливается аппаратура управления маршрутами и машинами соответствующего цеха или участка. Работа машин в нормальном режиме на пультах элеваторов сигнализируется ровным горением лампочки с матово-белым колпачком, положение перекидных клапанов и других механизмов – также белым светом, открытие задвижки – зеленым светом, уровень зерна в емкостях (нижний) – зеленым, средний – желтым, верхний – красным. В аварийных ситуациях горение лампочек переходит в импульсный режим (мигание). На пультах мельничных и комбикормовых предприятий при нормальном режиме работы лампочки в символах машин не горят, а при нарушении режима загораются мигающим светом.

Щиты управления на ПХПЗ применяют в основном при управлении электродвигателями машин по отдельным участкам и агрегатам (установка ввода жира в комбикорма, дробилки, котельный агрегат и т.д.).

В последнее время в схемах автоматизации ПХПЗ широко применяют серийное диспетчерское оборудование, в том числе: щиты диспетчерские секционные мозаичного типа (ЩДСМ-1) с мнемосхемами по типу темного щита (при работе оборудования лампочки не горят). Щиты набирают из мозаичных и клеммных секций. На мозаичную секцию

наносит элементы мнемонической схемы, в нее встраивают малогабаритную пусковую и сигнальную аппаратуры.

На клеммной секции размещают зажимы, диоды, радиоэлектронные компоненты, предохранители и др. Конструкции секций позволяют компоновать пульты различных размеров по высоте, но не более 3650 мм и ширине не более 15 панелей. Можно устанавливать панели под углом. Изменение мнемосхемы и замена аппаратуры производятся путем смены мозаичного элемента, что очень удобно для ПХПЗ, где часто изменяются технологические процессы.

В системах автоматизированного управления высокопроизводительным мельничным оборудованием САУМ-1 применяются серийные щиты-пульты управления для централизованного подключения токоприемников, которые по принципам работы и функциям аналогичны рассмотренным выше. Сигнализация выполнена по принципу темного щита. Структурная схема щита-пульта для зерноочистительного и размольного отделений приведена на рис. 9.2, б.

Вопросы к главе 9

1. Устройство панели управления ПУ и релейного блока.
2. Устройство управляющих шкафов.
3. Устройство щитов управления.

РАЗДЕЛ 2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Систему диспетчерского автоматизированного управления (СДАУ) на элеваторах, мукомольно-крупяных и комбикормовых заводах можно рассматривать как первый этап автоматизированных систем управления (АСУ ТП) с использованием элементов диспетчеризации для управления электроприводом, а также локальных автоматических систем контроля (ЛАСК) и регулирования (ЛАСР). В последнее время для создания этих схем стали применять отдельные средства вычислительной и микропроцессорной техники.

ПХПЗ решают ряд задач, взаимосвязанных между собой, в том числе: прием зерна от производителей и доведение зерновой массы до определенных кондиций, обеспечивающих возможность длительного хранения или направления на переработку в соответствующее производство; отпуск зерна как внутри ПХПЗ, так и на другие предприятия; переработка зерна в муку, крупу или комбикорма; отпуск готовой продукции потребителям как бестарно, так и в фасованном виде.

Таким образом, эти предприятия осуществляют полный цикл технологических процессов с зерном, превращающих его из сырья в готовую продукцию (муку, крупу, комбикорма) или в сырье для другой отрасли промышленности – хлебопекарной, макаронной или кондитерской.

Характер производства на ПХПЗ – поточно-непрерывный (элеватор, мукомольный завод) или смешанный – дискретно-непрерывный (комбикормовый завод). Основные типы технологических процессов (ТП): механические – перемещение, транспортирование, взвешивание, гранулирование, дозирование, измельчение, сортирование, смешивание и т. п.; тепловлагообменные – сушка, охлаждение, кондиционирование; гидродинамические – перемещение жидкостей, перемешивание сыпучих продуктов с жидкостями и между собой и др.

Выделяют две группы управляемых объектов (УО): со стабильной технологической структурой и выраженной иерархией управления (мукомольные и крупяные заводы) и с часто изменяющейся технологической структурой (элеваторы, комбикормовые заводы). Под иерархией структуры управления понимают многоступенчатый пирамидальный принцип ее построения с подчинением низших ступеней высшим.

На мукомольных и комбикормовых заводах выделяется трехступенчатая структура: нижний уровень – агрегаты и отдельные этапы ТП (вальцовые станки, драные и размольные технологические системы и т. п.); средний – технологические участки (отделения), к которым относят,

например, мельничный элеватор, зерноочистительное, размольное, шелушильное отделения и др.; высший – предприятие в целом. В соответствии с этим и строят системы управления предприятиями этих типов.

Технологический процесс мукомольных и крупяных заводов (первая группа) имеет высокую структурную устойчивость на уровне этапов, поэтому наиболее целесообразно автоматизировать именно этот уровень в целом, а не отдельные агрегаты. На среднем и высшем уровнях управления наиболее эффективны оптимизационные системы управления. На предприятиях второй группы (элеваторах, комбикормовых заводах) прежде всего решают вопросы автоматизированного управления электроприводом, а затем уже к управлению привлекают средства автоматического контроля качества зерна и вычислительную технику.

При рассмотрении автоматизации различных видов ПХПЗ будем приводить общие принципы, наиболее часто встречающиеся схемы управления, примеры ЛАСК и ЛАСР, так как этих материалов вполне достаточно для дальнейшей самостоятельной работы при более глубоком изучении системы автоматизации конкретного предприятия. При этом следует опираться на ранее приведенные материалы по технике чтения и анализа схем автоматизации.

Глава 10. Автоматизация элеваторов

Взаимосвязь управляемых объектов на элеваторах и общие принципы автоматизации представляют в виде функциональных схем. Упрощенный вариант такой схемы приведен на рис. 10.1, на котором изображен порядок управления электроприводом и основные взаимосвязи элементов технологической схемы. При работе поточно-транспортного комплекса современного хлебоприемного предприятия, одним из видов которого является элеватор, кроме централизованного управления электроприводом, необходимо обеспечить блокировочную зависимость между машинами и механизмами в маршруте, а также между измерительными преобразователями уровня, скорости и вращения массы зерна. Под маршрутом понимают группу машин и механизмов, обеспечивающих перемещение зерна (или продуктов его обработки) от одной емкости (бункера, силоса и т. д.) к другой. Принцип построения блокировочных зависимостей для упрощенного маршрута показан на рис. 10.2.

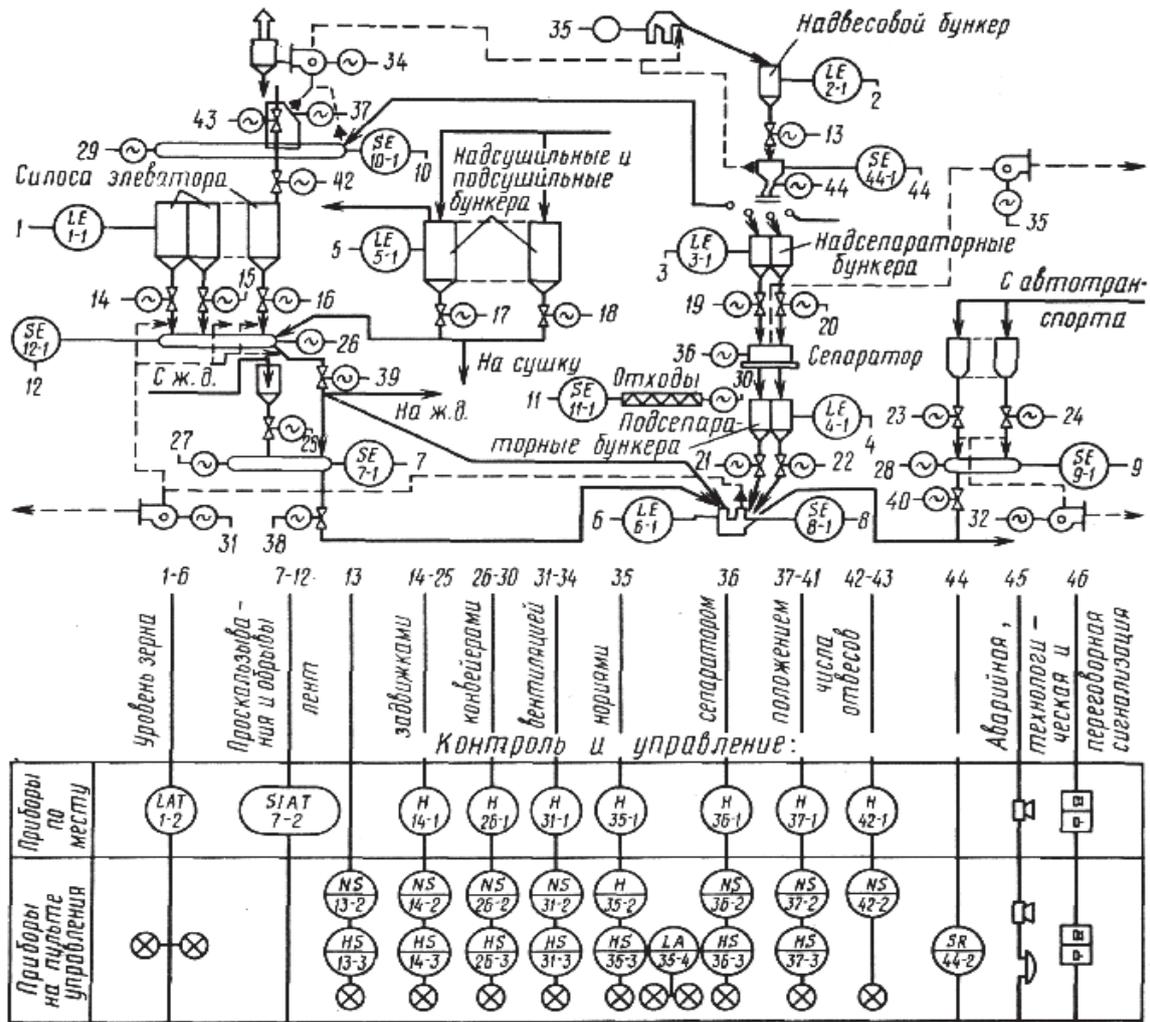


Рис. 10.1 Функциональная схема автоматизации управления электроприводом оборудования элеватора (упрощенная)

Основой подавляющего числа маршрутов служит нория. В привязке к ней работают транспортирующие (конвейеры, пневмосети и др.), аспирационные, коммутационные (задвижки, перекидные клапаны, поворотные трубы, разгрузочные тележки) и контролирующие (реле скорости, конечные выключатели, измерительные преобразователи уровня и др.) устройства.

При автоматизации ХПП основной управляемых объектов является электропривод машин и механизмов. Схемы подразделяют на две основные группы: управление непосредственно электродвигателем и обеспечение заданной программы пуска и остановки с созданием определенных блокировочных зависимостей.

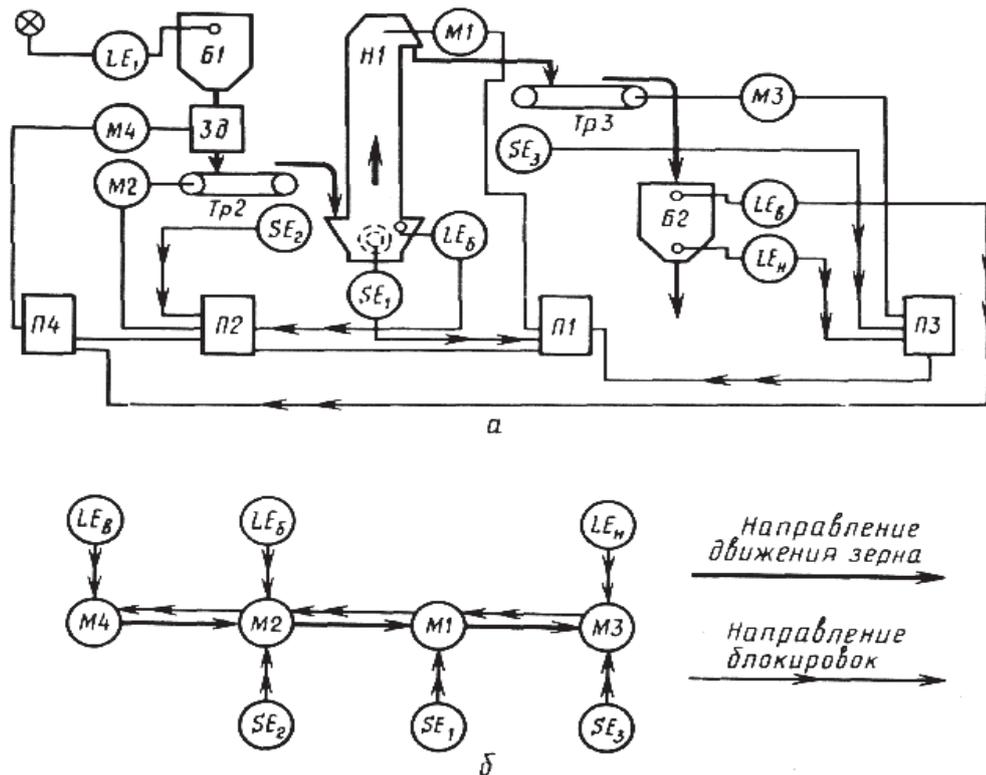


Рис. 10.2. Скелетная схема блокировок машин и механизмов маршрута движения зерна: а – совмещенная с технологической схемой; б – несовмещенная: Н1 – нория; Тр2 и Тр3 – конвейеры; Б1, Б2 – бункера для зерна; М1-М4 – электродвигатели привода соответствующих машин и механизмов; П1-П4 – магнитные пускатели приводов; LE_1 , LE_6 , LE_B , LE_H – соответствующие датчики уровня с электрической передачей сигнала; SE_1 - SE_3 – соответствующие реле контроля скорости с электрической передачей сигнала в схему блокировки; Зд – задвижка.

Некоторые типовые принципиальные электрические схемы управления электроприводом, используемые в проектах СДАУ элеваторов, а в отдельных случаях и на промышленных предприятиях, приведены на рис. 10.3. Их нетрудно прочесть, пользуясь изложенными ранее правилами и зная условные обозначения. Из схем видно, что возможны два режима управления: местный и автоматизированный. Его устанавливают переключателем ПРР, который монтируют на панели управления в РП. К точкам цепи с марками 5 и 7 (15 и 17) подключают цепи дистанционного пуска и блокировки, которые имеют контакты реле маршрутного пуска, реле контроля скорости, преобразователей уровня и других элементов автоматики. Блок-контакт магнитного пускателя включают в схему управления связанных между собой электроприводов непосредственно или через промежуточные реле.

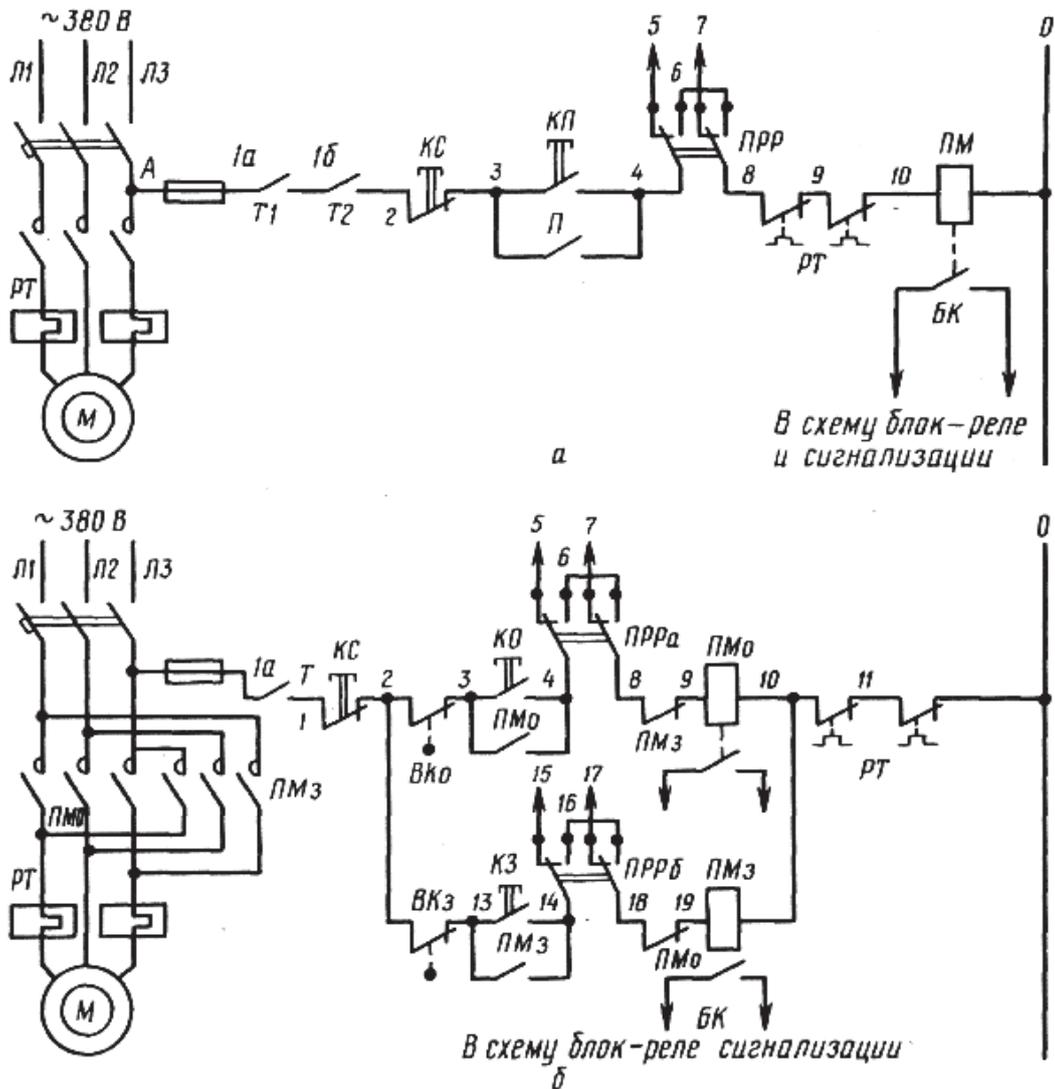


Рис. 10.3 Типовые ПЭС управления электроприводом в СДАУ:
 а – нереверсивным; б – реверсивным (задвижки, клапаны и т. п.); ПМ – катушка магнитного пускателя; РТ – тепловое реле; КП – кнопка «Пуск»; КС – кнопка «Стоп»; ВК – конечный выключатель; Т – тумблер; М – электродвигатель; БК – блок-контакт ПМ; Кз – кнопка закрытия задвижки; Ко – открытия; ПРР – переключатель режимов работы

Более подробные схемы управления электроприводом, построенные на магнитных пускателях и электромагнитных реле, приведены на рис. 10.4 Режимы управления регулируют переключателями ПРН и ПРВ. Пуск и остановку электропривода в автоматизированном режиме

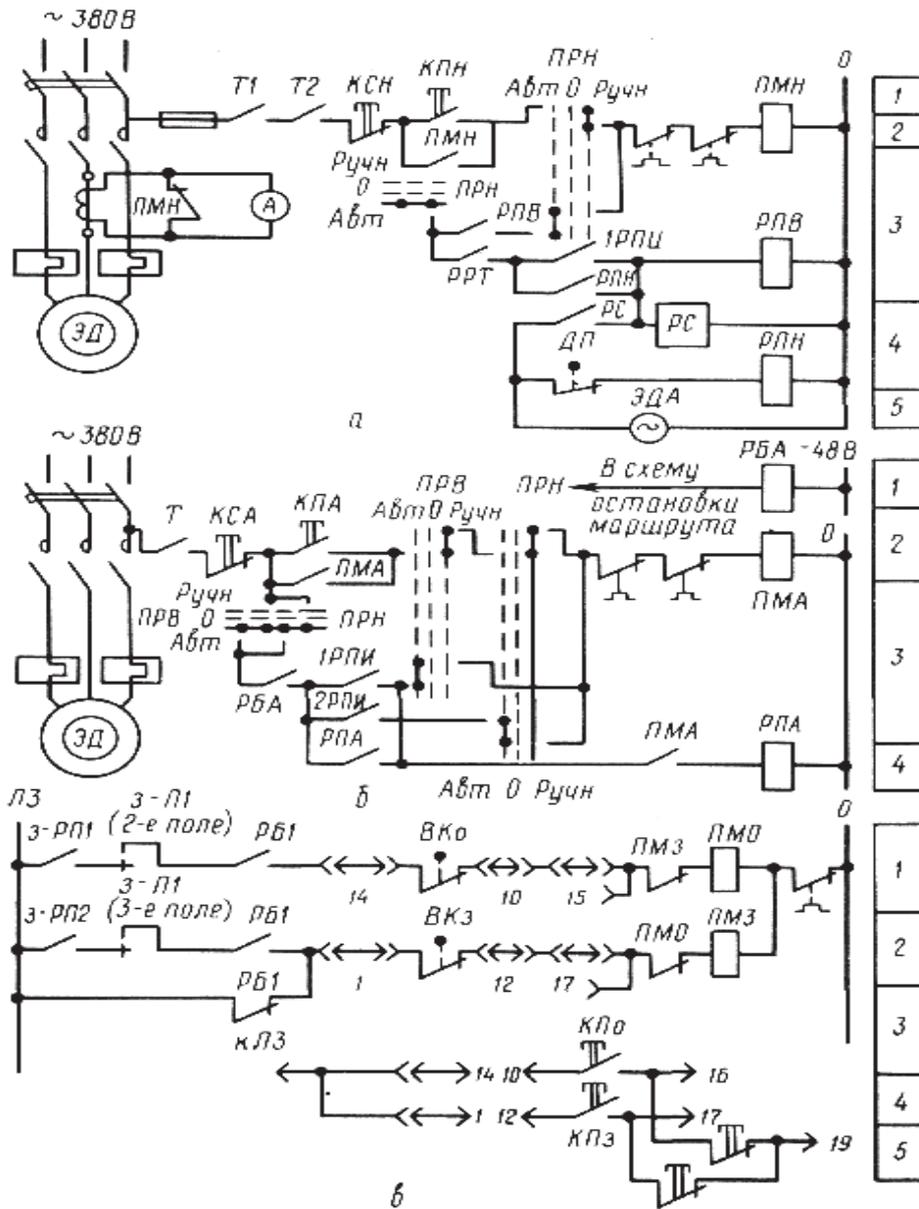


Рис. 10.4 Типовые схемы управления электроприводом в СДАУ с развитой схемой автоматизации: а – транспортных машин;

1 – электропитание; 2 – режим местного управления; 3 – режим автоматизированного управления; 4 – контроль работы машин; 5 – привод протяжки бумажной ленты самописца нагрузки норрии; б – вентилятора аспирации: 1 – команда на «Пуск» и «Стоп»; 2 – режим местного управления; 3 – режим автоматизированного управления; 4 – контроль работы вентилятора; в – задвижки: 1 – дистанционное управление открытием; 2 – то же, закрытием; 3 – автоматизированное закрытие в аварийных режимах; 4 – управление с переносного поста управления; 5 – в цепь световой сигнализации об открытии; Т – тумблеры отключения цепей управления; з-П1 – переключатель выбора задвижки; з-РП1, з-РП2 – реле дистанционного управления задвижкой; ВК0 и ВКз – конечные выключатели положений «Открыто» и «Закрыто» задвижек; РБ1 – реле блокировки, разрешающее управление задвижкой.

осуществляют контакты реле РП (РПВ, РПА и т. д.) при замкнутых контактах реле нулевой блокировки РПИ и групповых реле работы машин РРТ или РВА; затем они шунтируются контактами индивидуальных реле работы машин РПН, РПА и т. д. В схему управления приводом вентилятора включены контакты тех реле РПИ, машины которых обслуживает данная аспирационная сеть.

Работу норий и конвейеров контролируют при помощи реле контроля скорости РС, а в башмаке нории установлен еще преобразователь подпора (завала) ДП. С помощью реле РБА осуществляют остановку электродвигателя вентилятора аспирационной системы с выдержкой времени после отключения привода аспирируемых машин.

Задвижкой управляют с пульта дистанционно, а в аварийных режимах она закрывается автоматически. В наладочном режиме задвижкой управляют штурвалом вручную либо через электропривод с переносного поста управления (кнопочного).

Бесконтактные схемы управления электродвигателем машины пока на ПХПЗ практически не используют. При управлении электроприводом целесообразно применять принципы телемеханики, что наглядно видно в СДАУ типа УСУЗЭС (рис. 10.5). В этом случае схема управления электродвигателем также выделена в отдельный элемент. Схема отличается простотой, в ней установлена нагрузочная электролампа, и соединена она с общей схемой управления маршрутом всего одним проводом. Если тумблер T находится в положении M (местное управление), то в этом случае получаем обычную схему управления (рис. 10.3). Нагрузочная лампа $НЛ$ практически не влияет на работу схемы, так как ее электрическое сопротивление значительно меньше сопротивления катушки магнитного пускателя $ПМ$. В автоматическом (A) режиме параллельно с пускателем $ПМ$ включают катушку реле $ЗТ$ при включенных заранее IP и H .

Реле HA и HM работают при пуске маршрута, и их катушки находятся под напряжением до тех пор, пока он работает. Пуск электродвигателя машины осуществляется при кратковременном замыкании контакта реле схемы пуска $2П$. После его размыкания питание катушек реле $ПМ$ и $ЗТ$ осуществляется через лампу $НЛ$.

- обеспечение пуска машин в порядке, обратном движению зерна, а остановки, наоборот, начиная с прекращения подачи зерна на маршрут;
- включение аспирации до пуска маршрута и ее выключение после остановки последней машины с определенной выдержкой времени;
- автоматизированная установка поворотной трубы, сбрасывающей тележки, перекидных клапанов;
- сигнализация о работе всех машин, положении механизмов, заполнении емкостей, нагрузке на основные технологические машины;
- автоматизированное управление отдельными участками – сушкой зерна (с ЛАСК и ЛАСР), взвешиванием, распределением зерна по емкостям (силосам, бункерам и т. п.);
- автоматизированный контроль качества хранящегося зерна и др.

Эти требования реализуются в принципиальных электрических схемах, созданных с использованием как контактной, так и бесконтактной техники. В последнее время разрабатывают принципиальный подход к СДАУ, построенный на основе управляющей микроЭВМ (типа СМ-1800, СМ-1600 и др.).

Принципы построения электрических схем во многом зависят от системы набора и пуска маршрута. Различают три типа схем. Первый – дистанционный помаршрутный набор и пуск одной кнопкой группы машин, обеспечивающих перемещение зерна от начальной до конечной емкости с автоматической переброской перекидных клапанов и ручным открытием задвижки после пуска; дистанционная перестановка оператором поворотной трубы и сбрасывающей тележки; визуальный и слуховой контроль; автоблокировка, аварийная и нормальная остановки маршрута. Реализация такого принципа показана на примере ПС управления норийным маршрутом с использованием электромагнитных реле (рис. 10.6).

Эту схему проще читать вместе со схемой, изображенной на рис. 10.1. Рассмотрим подробнее работу схемы. Маршрут набираем двумя переключателями. Первым – *1П* выбираем норию, которая будет работать в маршруте, например *Н1*. Замыкаем контакты *1-1-1* первой секции переключателя, второй – *1-2-1*, третьей – *1-3-1* в цепях 4, 5, 6, подготавливая к включению катушки реле, находящиеся в них. Вторым переключателем *2П* выбираем машины и механизмы (конвейеры, вспомогательные нории, перекидные клапаны), которые будут работать вместе с выбранной основной норией *Н1*. При этом к автоматическому включению и блокировке подготавливаются цепи, куда входят магнитные пускатели этих устройств (на рис. 10.6 они не показаны).

При нажатии кнопки *КПД* включается реле *IPB*, реле группового пуска *РГП*, 3-контакты кнопки *КПД* шунтируются контактами реле *РГП*, включающего цепи устройств звуковой сигнализации по всем этажам элеватора. Через 15 с замыкается первая пара контактов реле *IPB* и включается реле *PK1*, управляющее перекидными клапанами, входящими в выбранный маршрут. Через 20–25 с второй парой контактов *IPB* включается реле *IPPB* и по цепи 5 срабатывает реле пуска первой нории *Н1-РПО*, звуковая сигнализация отключается. Включение реле *PK1* или *Н1-РПО* приводит к включению магнитного пускателя нории *Н1-ПМ* по цепи 8. После набора номинальных оборотов натяжным барабаном нории срабатывает реле контроля скорости *Н1-РС* и катушка *Н1-ПМ* получает питание по цепи 7–8; включается блокировочное реле *Н1-РБ* нории, контакты которого включают входящие в маршрут другие электродвигатели. После включения пускателей (или набора оборотов валом нории при наличии *PKC*) конвейеров посредством соответствующих *p*-контактов блокировочных реле этих конвейеров отключается реле остановки *PO*.

На этом пуск маршрута прекращается и даются разрешения на открытие задвижек, через которые зерно поступает на работающие конвейеры. Маршрут пускают в течение 50–60 с, пока находится под напряжением реле *IPB*. Если за это время маршрут не запустился, процедуру пуска повторяют.

Электродвигатели аспирационных сетей подготавливают к включению контактами переключателей *2П* (вторые секции), а включаются специальным пусковым реле, получающим импульс на включение от реле *IPPB*. О работе машин сигнализирует ровное горение лампы с молочно-белой линзой.

При нормальной остановке маршрута нажатием на кнопку *КТО* включается реле *PO1*, которое приводит в действие реле *2PB* и подает команду на закрытие всех задвижек. Через 1–3 мин, когда остатки зерна в машинах маршрута поступят в конечную емкость, контакты реле *2PB* разомкнут цепь катушки реле *2PIB*, а последние разорвут цепи питания реле *Н1-РПО*, что приведет к остановке нории и всего маршрута. Второй контакт реле *2PB* с выдержкой времени на 1–2 мин больше, чем у первого, подаст сигнал на остановку соответствующей аспирационной сети.

Реле *PO1* включается контактами приводов блокировочных реле (например, конвейеров *T1-РБ*, *T2-РБ* и др.) при аварийной остановке машин, входящих в маршрут, а также при переполнении емкости, куда нория подает зерно (посредством контактов реле *РБУ*, включаемого преобразователем уровня зерна). Включение реле *PO1* при отключен-

ном реле *ЗРПВ* приводит к включению схемы сигнализации. В этом случае оператор, приняв сигнал аварийной остановки, кнопкой *КСз* снимает звуковой сигнал. Быстрое аварийное отключение маршрута с пульта производят кнопкой *КАО*.

На рис. 10.6 показан порядок блокировок через контакты реле контроля скорости натяжного барабана нории и сигнализации о подпоре зерна в ее башмак. Работа схемы для других норий аналогична при проведении переключений другими группами контактов.

Второй тип схем СДАУ предусматривает более высокий уровень автоматизации помаршрутного управления электроприводом с использованием средств телемеханики на основе слаботочной аппаратуры (поляризованных реле, шаговых искателей и т. п.). При этом маршрут на элеваторе делят на две части – до и после весов, автоматический запуск каждой части проводят отдельно одной кнопкой в запрограммированной при наборе маршрута последовательности.

Общая методика построения ПЭС остается примерно такой же, как рассмотрено выше, но расположение управляющей аппаратуры предусматривается в одном примыкающем к центральному пульту управления помещении. Это облегчает обслуживание СДАУ.

Третий тип схемы характерен при блочном построении СДАУ с учетом рассмотрения элеватора как системы массового обслуживания. При этом выполнение любой технологической операции с зерном можно заменить понятием «обслуживание», а набор устройств, обеспечивающих обслуживание, – «обслуживающей» частью системы. Необходимость выполнения той или иной операции с зерном понимают как заявку на обслуживание. Источниками заявок, как правило, являются бункера или силосы, где находится зерно, требующее перемещения или обработки.

Выделяют четыре фазы обслуживания: 0 – обработка зерна при поступлении на автомобильном транспорте, в железнодорожных вагонах, на судах; I – работа с зерном от приемных и нижних оперативных бункеров (см. рис. 10.1), силосов через приемные и подсилосные конвейеры; II – подъем зерна нориями до надвесовых бункеров (автоматических весов); III – распределение зерна в силосы, верхние оперативные бункера или другие емкости. При обслуживании заявок каналы различных фаз соединены между собой узлами связи (самотечные трубы, перекидные клапаны, поворотные трубы, разгрузочные тележки и т.п.).

При таком подходе к объекту управления норийные маршруты строят по фазам обслуживания, а ненорийные маршруты рассматривают как однофазные. Норийный маршрут работает в три этапа: установка тележки надсилосного конвейера (если зерно подают в силос); набор и

пуск электродвигателей маршрута по I, II и III фазам отдельно; подача зерна на маршрут открытием задвижки с пульта. Общие принципы пуска и сигнализации о работе маршрута аналогичны рассмотренным выше.

Принципиальную электрическую схему третьего типа удобно строить и читать с учетом функциональных схем автоматизации по фазам обслуживания. Примеры таких схем приведены на рис. 10.7.

В ПЭС этого типа принята система цифро-буквенных обозначений из двух частей, разделенных дефисом. В первой части – обозначение машины или механизма, которым управляет приведенный на схеме аппарат (по функциональной и другим схемам); во второй – условное обозначение самого аппарата. Так, обозначение реле *1Н-РС* расшифровывается как реле скорости нории *1Н*. Аппараты управления задвижками, тележками и т. п. в первой части своего обозначения имеют указание на то, какой это механизм или маршрут, куда он входит. Например, *9Тл-РУВ* обозначает реле верхнего уровня в силосах, заполняемых разгрузочной тележкой *9Тл* надсилосного конвейера.

ПЭС управления маршрутами по фазам обслуживания в несколько упрощенном виде показаны на рис. 10.8 и 10.9. В блоке *БМ* дана обобщенная схема управления маршрутом.

Выбирает маршрут реле *РБ*, а ламели шаговых искателей *1Н-ШИ* для каждой фазы соединяют в соответствии с таблицами, приведенными на схемах управления узлами связи фаз согласно технологической схеме элеватора.

Маршруты I фазы (реле *РБ*) заблокированы с работой нории (замкнуты з-контакты реле *Н-РПГ*) при отсутствии подпора зерна в ее башмаке (замкнуты р-контакты реле *Н-РУ* и *Н-РПВ*) и верхнего уровня в заполняемом бункере (замкнуты р-контакты реле *Н1-РУВ*). Маршруты I и II фаз запускаются одновременно, а останавливаются отдельно.

Блокировочные реле *1Т-РБ-2Т-РБ*, *1аТ-1РП*, *1аТ-2РП*, *2аТ-3РП*, *2аТ-4РП* подсилосных конвейеров при аварии любой подсилосной задвижки отключаются (размыкаются р-контакты реле *Тз-РПВ*) и конвейер останавливается. Маршруты II и III фаз включаются после замыкания з-контактов реле *Н1-РУ2* и *Н3-РУ2* соответственно. Реле *Н-РУ*, *Н-РВ1*, *Н-РПВ* контролируют подпор зерна в башмаках норий, а лампы *Н-ЛП* сигнализируют о нем на пульте. Реле *Н1-РУВ* контролирует, а лампы *НВ-ЛУВ* сигнализируют о достижении зерном верхнего уровня в надвесовых бункерах. Лампа *Н-ЛУН* сигнализирует о начале заполнения надвесового бункера, з-контакты самого реле контроля скорости замкнуты при работе машин, з-контакты измерительных преобразователей подпора нории *Н-ДП* замыкаются при переполнении башмака зерном.

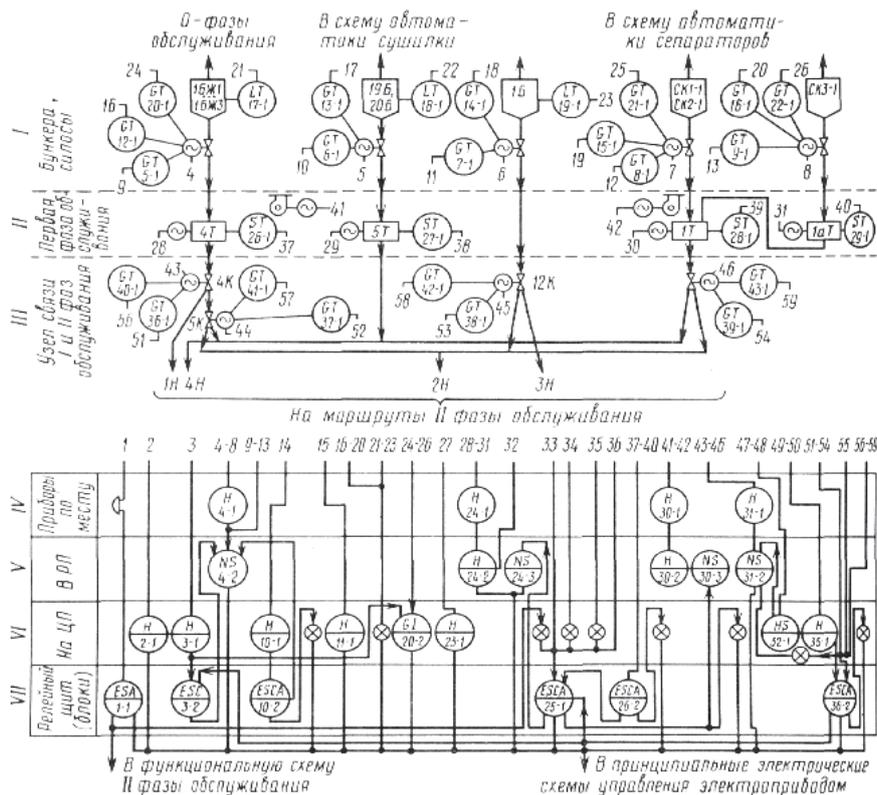


Рис. 10.7. Функциональная схема СДАУ по маршрутам до II фазы обслуживания: (см. стр. 133) I – бункера, силосы; II – первая фаза обслуживания; III – узел связи I и II фаз обслуживания; IV – аппаратура на месте; V – аппаратура в распределительном пункте (РП); VI – аппаратура на центральном пульте; VII – аппаратура в релейных щитах (блоках); БЖ – бункера приемки зерна с железной дорога; Б – оперативные бункера; СК1-1, СК2-1, СК3-1 – силосы корпусов 1, 2, 3; Т - подсилосные конвейеры; К – перекидные клапаны; 1 – предупредительная сигнализация; 2 – дистанционное открытие задвижки; 3 – выбор задвижки и разрешение открытия задвижки от блокирующих схем управления; 4-8 – привод задвижек; 9-13 – конечные выключатели крайних положений задвижек; 14 – аварийное состояние задвижки; Л5 – дистанционное закрытие задвижки; 16-20 – сигнализация положения задвижек; 21-23 – сигнализация нижнего уровня зерна в бункерах; 24-26 – контроль степени открытия задвижек; 27 – выбор режима управления побункерными задвижками (местный или автоматизированный); 28-31 – привод подсилосных конвейеров; 32 – блокировка в цепь управления конвейерами; 33 – блокировка из цепей управления II фазой обслуживания; 34 – работа маршрута; 35 – работа аспирации; 36 – световая и звуковая сигнализация аварийного состояния устройств маршрута; 37-40 – контроль работы конвейера при помощи реле скорости; 41, 42 – привод вентиляторов аспирации; 43-46 – привод клапанов; 47-48 – выбор режимов управления клапанами и маршрутов I фазы; 49, 50 – пуск и остановка маршрутов I и II фаз и узла связи между ними и остановка маршрутов I фазы; 51-54 – контроль крайних положений клапанов; 55 – соответствие установки клапанов заданию; 56-59 – сигнализация положения клапанов; 1-1 – релейный блок БВ; 3-2 – релейный блок БА; 10-2, 25-1, 26-2, 36-2 – релейные блоки других типов.

На рис. 10.8 пунктиром обведены катушки аппаратов, элементы которых введены в схему, показанную на рисунке 10.9. На нем приведена обобщенная схема управления маршрутом, которая может быть собрана в едином блоке (БМ). Реле этого блока б-РБ включается согласно схеме рисунка (при конкретной привязке индекс «б» заменяют на индекс соответствующей машины, например 1Т-РБ, 5Т-РБ и т. д.). Импульсное реле б-РИ включается после предпусковой предупредительной сигнализации через 3-контакты реле б-РБ. Одновременно включается реле б-РПО, производящее пуск вентиляторов аспирационной сети.

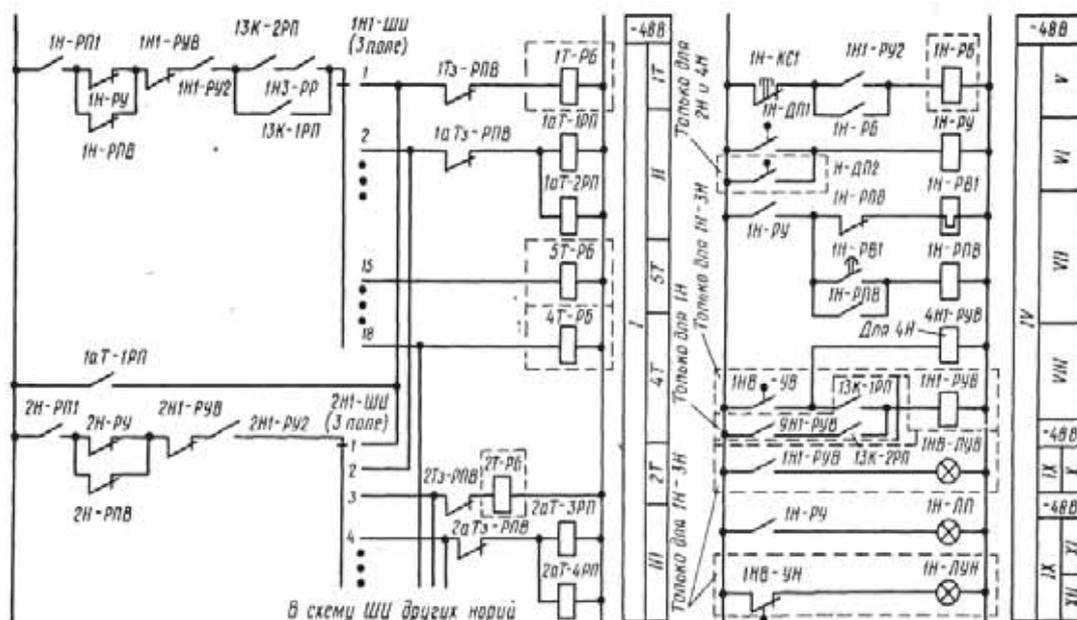


Рис. 10.8. Принципиальная электрическая схема выбора маршрута I фазы, управления и сигнализации устройствами маршрута II фазы обслуживания (IV): I – выбор маршрута I фазы; II, III – блокировочные реле транспортеров 1аТ, 2аТ; IV – общие цепи управления и сигнализации работы маршрутов II фазы; V – выбор маршрута; VI – контроль завала в баюмаках нории; VII – выдержка времени перед срабатыванием блокировки от завала баюмака нории; VIII – контроль верхнего уровня зерна в надвесовом бункере; IX – сигнализация на пульте диспетчера (X – сигнализация верхнего уровня зерна в надвесовом бункере; XI – сигнализация о завале в баюмаке нории; XII – сигнализация об отсутствии зерна в надвесовом бункере)

Транспортные машины и вентиляторы включаются одновременно в направлении, противоположном потоку зерна. После пуска последней машины получает питание реле б-РР, контролирующее работу всего маршрута. Затем включается реле контроля разгона б-РКР и отключается реле б-РИ. Реле РП1, РП2, РП3 контролируют работу машин, не снабженных реле скорости. При остановке маршрута реле б-РБ теряет

питание и останавливает транспортные машины, входящие в него. Одновременно включается реле δ -РВ, которое создает выдержку времени перед остановкой вентиляторов (60 с).

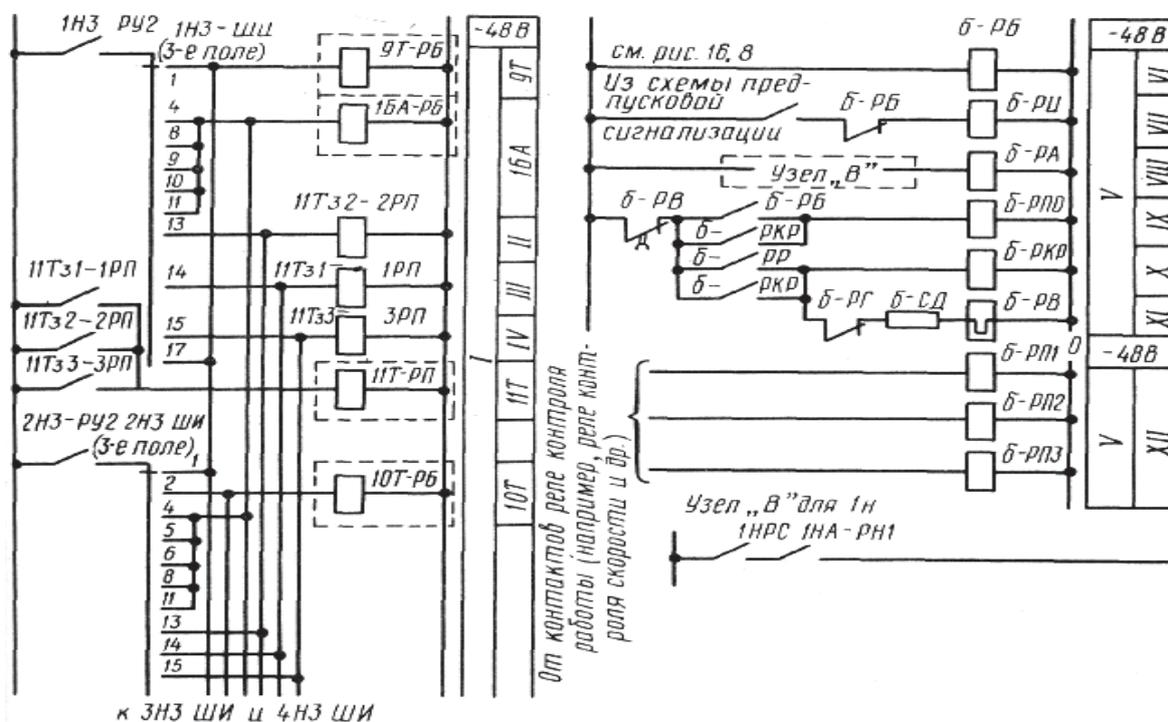


Рис. 10.9. Принципиальная электрическая схема выбора маршрутов III фазы и управления маршрутами I, II и III фаз обслуживания в блочных СДАУ: I – выбор маршрутов III фазы; II – блокировочные реле задвижки 1ТЗ2 в самотечной трубе после транспортера ЦТ на сушильные бункера; III – то же, что и 1ТЗ; IV – то же, что и 1ТЗ3; V – общее управление маршрутами блоком I типа БМ; VI – выбор маршрута; VII – импульсный пуск; VIII – контроль работы; IX – пуск и останов аспирации; X – контроль разгона двигателей маршрута; XI – останов аспирации; XII – контроль работы машин, входящих в маршрут

§ 2. Принципиальные электрические схемы управления узлами связи

Упрощенная схема управления группой задвижек и перекидными клапанами приведена на рис. 10.10. Для управления электродвигателем каждой подсилосной задвижкой (рис. 10.10, а) можно использовать неревверсивный пускатель П-т, встроенный в металлическую коробку, устанавливаемую на месте (например, ящик ЯПМ-01). На каждой задвижке установлены конечные выключатели – ВК1-т для включения катушки пускателя П-т на открытие или закрытие и ВК2-т для сигнализации о положении задвижки. Требуемую задвижку выбирают с пульта мно-

гопозиционным переключателем *ПЩ-т*, предварительно определив необходимый в маршруте подсилосный конвейер. При включении норрии (например, *Н1*), на которую выбранный подсилосный конвейер подает зерно, включается реле *Н1-РБ* и своим 3-контактом включает пускатель *П-т* выбранной задвижки. Реле *1РПВ* после предупредительного сигнала подготавливает цепь включения реверсивного пускателя *П-п₀* на открытие задвижки. Пускатель *П-п₀* включит питание электродвигателя задвижки на открытие после включения подсилосного конвейера, что фиксируется включением реле *Т-РБ* и соответствующего 3-контакта в цепи пускателя. Задвижка, открывшись, конечным выключателем *ВК1-т* отключит катушку пускателя *П-т* от цепи открытия и подключит ее к цепи закрытия. Через *ВК2-т* сигнал об открытии задвижки поступит на пульт. Напряжение в цепь закрытия задвижки подается при включении реле останова *Р01*. Схемой предусмотрено и местное управление кнопками *К0-т*.

Более сложные схемы управления предусматривают открытие задвижек на заданную величину с соответствующей сигнализацией.

На рис. 10.10, б представлена схема управления перекидным клапаном, который автоматически переключается на выбранную переключателем маршрута 77 норрию (на схеме для норрии *1-ПГ*). Переключается только клапан, участвующий в маршруте. Через 15 с срабатывают реле *РК1*, *РК2*, *РК3* каждого клапана. Реле *РК1* своим 3-контактом подает напряжение через контакты переключателя *П1* и *р*-контакт реле *Р-Д1а* на магнитный пускатель *П-Д1* привода перекидного клапана *ПК*. Реле *РК1* также включает реверсивный пускатель *П-ПК*, подключающий напряжение к общей магистрали питания электродвигателей и управляющий их реверсом в зависимости от того, на какую норрию необходимо настроить клапан.

Когда заслонка клапана перебросится в противоположное положение, *ВК-Д1* переключится и включится реле *Р-Д1а*, *р*-контакт которого в цепи пускателя *П-Д1* отключает его катушку, а 3-контакт включает сигнальную лампу *ЛС-Д1а*.

Принципиальная электрическая схема управления поворотной трубой предусматривает ее установку с пульта управления в заданное положение после выбора специальным многопозиционным переключателем либо автоматически при наборе начальной и конечной точек маршрута зерна. Сигнал на перемещение трубы соответственно подается кнопкой с пульта управления из схемы запуска норрийного маршрута. Положение поворотной трубы контролируется с помощью конечных выключателей контактного или бесконтактного типа.

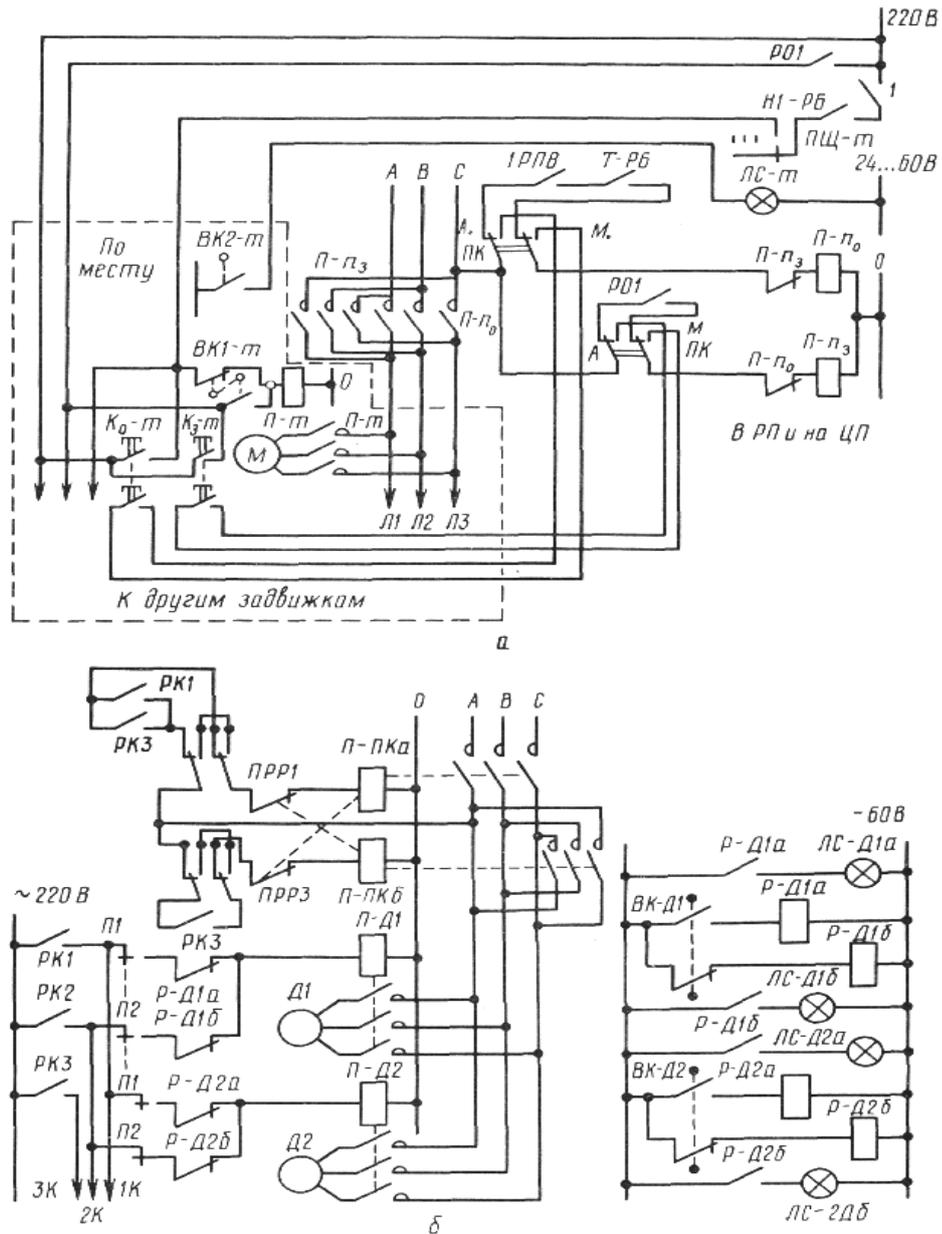


Рис. 10.10. Обобщенная схема управления:

а – группой задвижек; б – перекидными клапанами

Крайние положения трубы блокируются аварийными выключателями. Автоматически блокируется установка трубы на занятое другим работающим маршрутом положение или на заполненный до верхнего уровня бункер.

§ 3. СДАУ на бесконтактных элементах

Одним из важных мероприятий, повышающих надежность СДАУ, локальных систем автоматизации, позволяющих наращивать объемы

автоматизации на ХПП, является расширение применения бесконтактных устройств управления в виде индуктивных переключателей, емкостных преобразователей, логических элементов, микросхем и микромодулей.

При этом общие технологические принципы автоматизации остаются прежними, но меняется элементная база и более четко выделяются две части СДАУ: логическая, определяющая порядок пуска, останова, взаимосвязи электроприводов, увязку ЛАСР (отражается на функциональных схемах автоматизации), и силовая, определяющая подвод электропитания к электродвигателям.

Первая часть вместе с датчиками параметров системы управления является объектом все более расширяющихся объемов внедрения бесконтактных элементов контроля и управления. При этом СДАУ, использующие бесконтактные логические элементы любых типов, строят по блочно-функциональному принципу. Возможны варианты, когда диспетчер осуществляет выбор нории, начальных и конечных элементов маршрута, их пуск и включение через узлы выбора маршрута (специальные блоки с аппаратурой управления). Диспетчер лишь задает начальную и конечную точки маршрутов, подает команду на включение, наблюдая за исполнением команд и работой маршрутов. Во втором случае логику управления согласно программе, заложенной в управляющую ЭВМ, осуществляет вычислительное устройство.

В первом случае логическая часть СДАУ, состоящая из бесконтактных управляющих элементов различных серий, компоуется в съемных блоках нескольких типов. Каждый блок – автономная часть функциональной схемы автоматизации СДАУ – увязывается в общую схему через разъемы. Блоки одного типа взаимозаменяемы.

Назначения основных блоков могут быть следующие (рис. 10.11):

Ш, Н11, НШ образуют узлы системы, осуществляющие групповой пуск машин и механизмов и управление маршрутом во время работы;

М – управление двумя элементами маршрута (например, конвейера и обслуживающего его аспирацию вентилятора) ;

К – включение направляющих механизмов, клапанов, шиберов;

Л – звуковая предупредительная сигнализация и задержка пуска до ее окончания;

V – задержка по времени останова аспирации, обеспечение работы машин до схода с них остатков зерна;

A – аварийная сигнализация и закрытие задвижек;

C – включение сигнальных ламп;

T – согласование выходных сигналов датчиков с входом логических элементов;

$У$ – управление выходными реле и магнитными пускателями (согласование логической бесконтактной части СДАУ с контактной силовой).

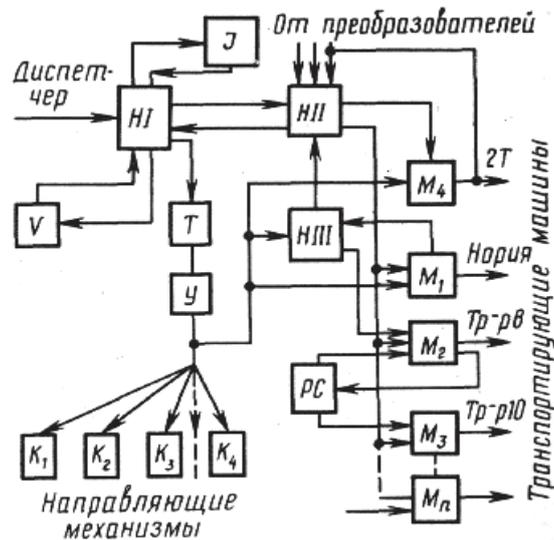


Рис. 10.11. Структурная схема бесконтактной системы ДАУ элеватора

В общем виде СДАУ рассмотренного типа работает следующим образом. Норию выбирают через соответствующий блок типа $Н I$, а транспортирующие и направляющие механизмы и машины, бункера для работы с выбранной норией – установкой переключателей блока $Н I$ в соответствующее положение. Задвижку выпуска зерна из силоса или положение разгрузочной тележки выбирают переключателями блоков $Н III$, каждый из которых закреплен за определенным начальным и конечным конвейером. После набора маршрута нажатием соответствующих кнопок в выбранном блоке проводят раздельный пуск каждой половины маршрута. Работа маршрута и его составляющих контролируется функциональным блоком выбранной норией. Вся логика СДАУ такого типа аналогична релейным системам.

Конструктивно СДАУ состоит из отдельно стоящего пульта управления, щита сигнализации с мнемосхемой (в дальнейшем может быть заменена на дисплей), шкафов с блоками управления, шкафов с релейно-контакторной аппаратурой управления силовыми электроустройствами, щита переключения режимов и блока питания.

В состав СДАУ элеватора входят также локальные системы управления зерносушилками, участками приема зерна с автомобильного, же-

лезнодорожного и водного транспорта, контроля температуры зерна в силосах элеватора и в складах, автоматические системы регулирования отдельных параметров и т. д. Основные схемы управления построены на принципах, рассмотренных выше, и различаются лишь выполняемыми технологическими функциями и типами средств автоматизации.

§ 4. Дистанционный и автоматизированный контроль температуры зерна в силосах элеватора

Для обеспечения качественной сохранности зерна необходимо знать его температуру в процессе хранения, чтобы своевременно проводить необходимые технологические операции.

Для измерения температуры зерна, хранящегося насыпью небольшой высоты (в зерноскладах), применяют переносные электрические термощупы. При большой высоте насыпи зерна (в силосах элеваторов) применяют специальные системы, основанные на дистанционном измерении температуры зерна электрическим методом. Системы, как правило, состоят из преобразователей температуры, вторичных приборов, схем управления и элементов связи.

В качестве преобразователей применяют низкоомные медные термометры сопротивления градуировки 23 (R при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ равно 53 Ом) или термисторы (сопротивление несколько кОм), а в качестве вторичных приборов – логометры либо уравновешенные мосты.

Термометры сопротивления или термисторы встраивают в специальный кабель-трос, который подвешивают в силосах (рис. 16.12). Такой кабель-трос получил название термоподвески.

Минимальное разрывное усилие на кабель-трос составляет 3 т. Длина кабель-троса различна (19–27,5 м). Термоподвеска имеет шесть терморезисторов, смонтированных в специальных муфтах на расстоянии 5 м друг от друга. Трос выполняют из специального кабеля марки КЭВ сечением $7 \times 0,75\text{ мм}^2$. Броня кабеля трехслойная. Первые два слоя изготовлены из стальной проволоки, наружный – из бронеленты. Термоподвески изготавливают также и из специального термокабеля, куда вместо пластмассовой жилы встраивают полупроводниковый терморезистор (термистор).

В настоящее время для контроля температуры зерна в силосах элеваторов применяют систему дистанционного контроля ДКТЭ-4МГ и систему дистанционно-автоматического контроля М-5.

В случаях, когда общее количество термоподвесок на одно устройство не превышает 200, применяют УДКТ-1200.

УДКТ-1200 является многоканальной системой измерения и контроля температуры в силосах. Принцип действия устройства основан на

преобразовании величины сопротивления термопреобразователя (датчика) в частоту, на измерении и индикации этой частоты.

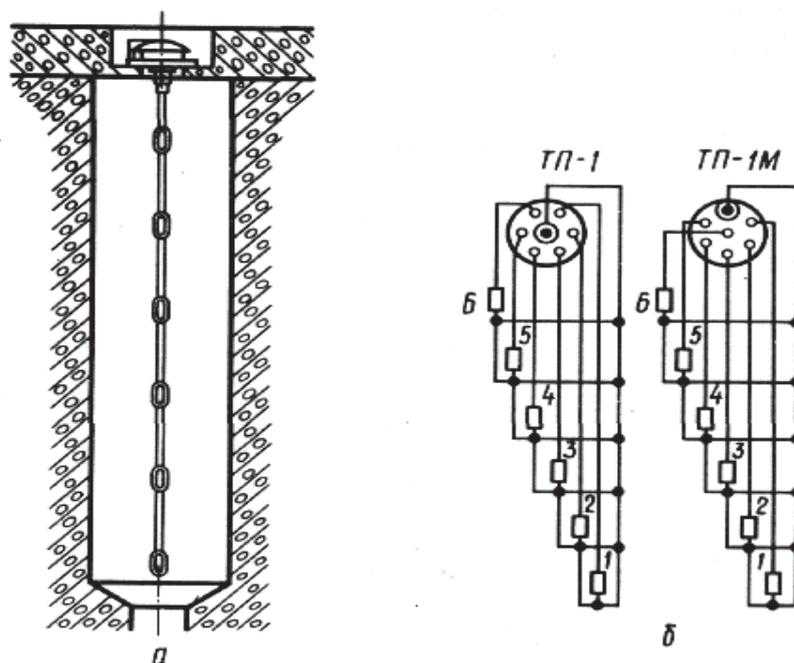


Рис. 10.12. Установка термоподвески в силосе элеватора (а), электрические схемы термоподвесок ТП-1 и ТП-1М (б)

Устройство осуществляет последовательное подключение измерительных преобразователей температуры к измерителю температуры и их порядковую индикацию.

Система дистанционного контроля температуры ДКТЭ-4МГ относится к числу наиболее простых. Она может обслуживать до 12 силосных корпусов, коммутировать до 2688 термоподвесок ТП-Ш. Диапазон измерения температуры от -30 до $+50$ °С. Погрешность измерения температуры зерна не более $\pm 2,5$ °С. В качестве измерительных приборов применяют логометры Л-64 градуировки 23.

Система ДКТЭ-4МГ состоит из пульта управления ЦП-2Г, релейного шкафа РШ-2Г и термоподвесок ТП-Ш.

Центральный пульт ЦП-2Г (рис. 10.13) представляет собой малогабаритную панель.

На лицевой панели 3 пульта расположены:

переключатели 11, 14, 15, марки ПР-15-2-15 для выбора требуемого силосного корпуса, релейного шкафа и термоподвески;

два логометра 7 и 10 для измерения температуры наружного воздуха и температуры зерна в силосе;

тумблер 8 марки ТВ-1-2 для включения питания и сигнальная лампа 9 наличия питания;

символьная панель 5 с 12 вертикальными (по числу термоподвесок) и 12 горизонтальными (по числу релейных шкафов) рядами, при помощи которых выбирают необходимый силос (термоподвеску);

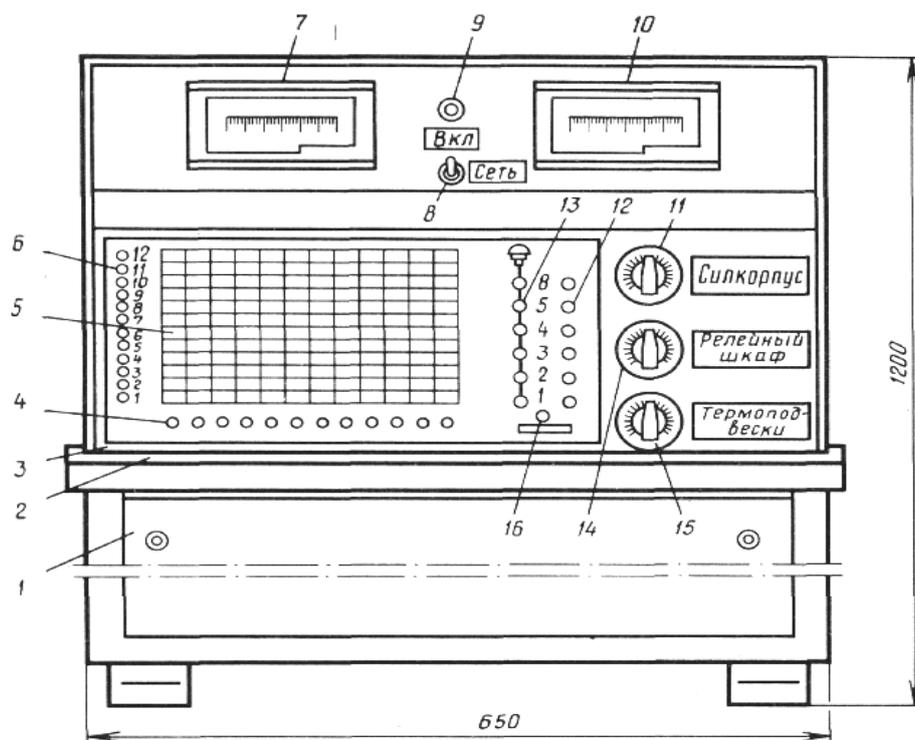


Рис. 10.13. Центральный пульт ЦП-2Г: 1 – корпус; 2 – рабочий стол; 3 – лицевая панель; 4 – лампы, сигнализирующие о правильности выбора термопроводки; 5 – символьная панель; 6 – лампы, сигнализирующие о правильности выбора релейного шкафа; 7, 10 – логометры для измерения температуры наружного воздуха и температуры зерна в силосе; 8 – тумблер для включения питания; 9 – сигнальная лампа наличия питания; 11, 14, 15 – переключатели для выбора силосного корпуса, релейного шкафа и термоподвески; 12 – переключатель для выбора требуемого термометра сопротивления в термоподвеске; 13 – контрольные лампы, сигнализирующие о правильности включения термометра сопротивления в схему измерения; 16 – переключатель для включения термометра наружного воздуха.

лампы 6, сигнализирующие о правильности выбора релейного шкафа;

лампы 4, сигнализирующие о правильности выбора термоподвески (силоса);

схема расположения термометров сопротивления по длине подвески, в символы которой встроены контрольные лампы 13, сигнализирующие о правильности включения термометра сопротивления в схему измерения;

переключатель 12 для выбора требуемого термометра сопротивления в термоподвеске и 16 для включения термометра наружного воздуха.

На задней стене пульта размещена панель, на которой установлены блок питания, реле подключения датчиков термоподвесок, сетевой выпрямитель СВ-4 для питания логометров, предохранители и клеммники.

Релейный шкаф Р1Н-2Г представляет собой корпус, на стенах которого расположены штуцера для ввода кабелей. Внутри размещены 29 электромагнитных герметических реле типа РМУГ.

Наиболее современной системой дистанционного автоматизированного контроля и регистрации температуры зерна считают машину М-5, с помощью которой можно контролировать температуру зерна в автоматическом режиме, сравнивать ее с заданной; регистрировать температуру на бумажном бланке печатающего устройства в любой контролируемой точке в случае превышения температуры над заданной; по вызову оператора измерять и регистрировать температуру зерна для любой термоподвески, местного блока и силосного корпуса. Машина контролирует температуру зерна в 10 силосных корпусах, в каждом из которых можно устанавливать до 20 местных блоков. К каждому блоку могут подключаться до 12 термоподвесок, по 6 или 12 термопреобразователей сопротивления в каждой. В машине предусмотрены световая сигнализация неисправности измерительных цепей и сигнализация превышения температуры свыше 35 °С и обрыва термоподвески.

По функциональному признаку в машине можно выделить следующие основные узлы: измерительное устройство, устройство регистрации параметров, устройство обегания датчиков, устройство управления измерением и регистрацией параметров, обеганием датчиков и автоматическим контролем, панель управления и блоки питания.

Работа машины состоит в поочередном подключении к одному и тому же измерительному узлу с помощью коммутатора датчиков входных сигналов. В измерительное устройство входят: термопреобразователь сопротивления ТСМ-50, подключаемый к измерительному мосту, блок коммутации входных сигналов, цифровой преобразователь, задатчик уставок, нуль-орган, блок переключения с режима сравнения на режим измерения и регистрации.

Пульт управления машины М-5 (рис. 10.14) выполнен в виде шкафа, на лицевой панели которого расположены устройства управления и сигнализации: тумблер включения 3; блок переключателей 10 из шести клавиш с названиями «Пуск», «Ост», «Блок», «Ак», «Запр. рег.», «Сброс» и «Сброс неискр.»; блок переключателей 11 «Продвижение» из трех клавиш с названиями «ТП», «МБ», «Корп.»; блок переключателей

12 «Вызов» из трех клавиш с названиями «ТП», «МБ», «Корп.»; блок переключателей 13 «Блокировка корпуса», клавиши которого пронумерованы с 1-й по 10-ю; переключатели 4 «Календарь», задающие текущее значение месяца и числа на бланке регистрации параметра; переключатель 5 «Уставка» с положениями 15, 20, 25, 30, 35 °С; светодиоды 14, индуцирующие обегание по группам «Датчик» с 1-й по 12-ю;

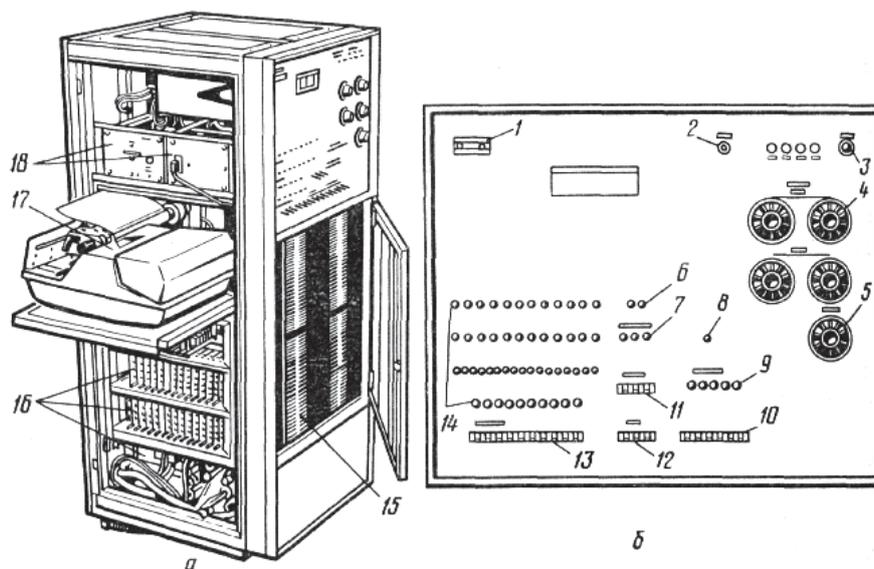


Рис. 10.14. Пульт управления системы ДАКТ (машина М-5): а – общий вид; б – панель управления: 1 – лампа аварийной сигнализации; 2 – лампа "Сигнал земля"; 3 – тумблер; 4 – переключатели "Календарь"; 5 – переключатель "Уставка"; 6 – светодиоды, индуцирующие прохождение контрольных точек при автоконтроле; 7 – то же, режим отключения; 8 – то же, режим работы; 9 – то же, неисправность в блоках; 10 – блок переключателей; 11 – блок переключателей "Продвижение"; 12 – блок переключателей "Вызов"; 13 – блок переключателей "Блокировка корпуса"; 14 – светодиоды, индуцирующие обегание датчиков; 15 – наборное поле; 16 – блоки автоконтроля; 17 – регистрирующее устройство; 18 – блоки питания.

«Термоподвеска» с 1-й по 12-ю, «Местный блок» с 1-й по 20-ю и «Корпус» с 1-й по 10-ю; светодиоды 9 «Неисправность», индуцирующие неисправности цифрового преобразователя и превышение температуры зерна свыше 35 °С, и обрыв датчика; светодиоды 7 «Отключение», индуцирующие в процессе обегания датчиков наличие отключенных с помощью наборного поля, а также отключенных корпусов клавишами «Блокировка корпуса»; светодиод 8 «РО», индуцирующий измерение и регистрацию параметра как в режиме вызова, так и при обегании датчиков; светодиоды 6 АК, индуцирующие прохождение контрольных точек при автоконтроле; лампа 1 «Аварийная сигнализация», загорающаяся при индикации светодиодами любой неисправности; лампа 2 «Сигнал

земля», которая загорается в случае попадания корпусной земли на общую шину питания; лампы, сигнализирующие о наличии питания 5, 12, 6, 27 и 60 В; наборное поле 15.

Внутри пульта расположены блоки питания 18, блоки автоконтроля, блоки обегания и регистрации параметров 16, регистрирующее устройство 17.

§ 5. Элементы автоматизированного контроля и управления сушкой зерна

Применяемые в настоящее время способы сушки зерна благодаря внедрению автоматических средств и систем обеспечивают высокую производительность сушильного оборудования и требуемые показатели качества зерна.

С точки зрения автоматизации схемы зерносушилок можно представить в виде обобщенной структуры, приведенной на рис. 10.15.

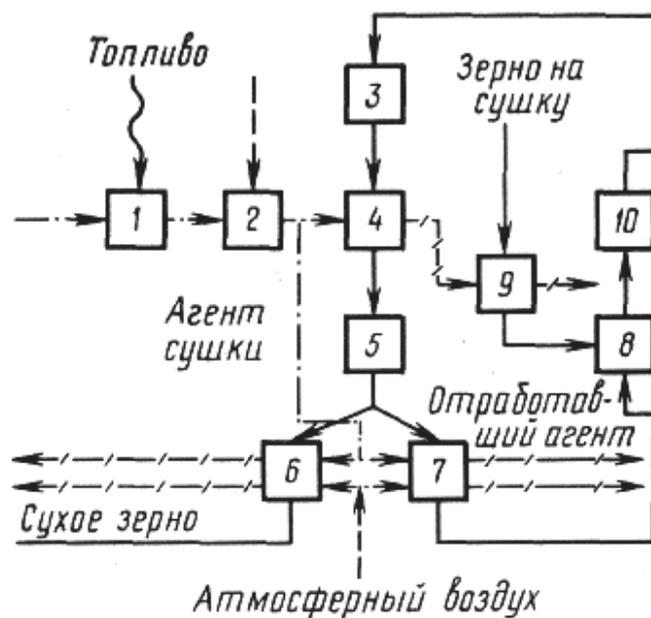


Рис. 10.15. Обобщенная структурная схема процесса сушки зерна:

1 – топка; 2 – смеситель топочных газов с воздухом; 3 – предусушительный (надсушительный) бункер; 4 – камера нагрева зерна; 5 – теплообменник; 6 – камера досушивания и охлаждения подсушенного зерна; 7 – сушильно-рециркуляционная камера; 8 – смеситель поступающего влажного зерна с рециркулирующим зерном; 9 – камера предварительного нагрева зерна; 10 – транспортирующие устройства

Известны следующие методы сушки зерна – шахтный, рециркуляционный, пневмогазовый и т. д. Отдельные узлы, такие, как топка, система управления подачей и уборкой зерна и т. д., не зависят от типа

зерносушилки, и схемы их автоматизации лишь уточняются в процессе проектирования привязки к конкретному объекту.

Достоинства шахтных зерносушилок – простота устройства, монтажа и обслуживания, сравнительно высокий КПД, возможность легко вписываться в любую поточную линию по обработке зерна. Наиболее распространенный вариант автоматизации шахтных сушилок приведен на рис. 10.16.

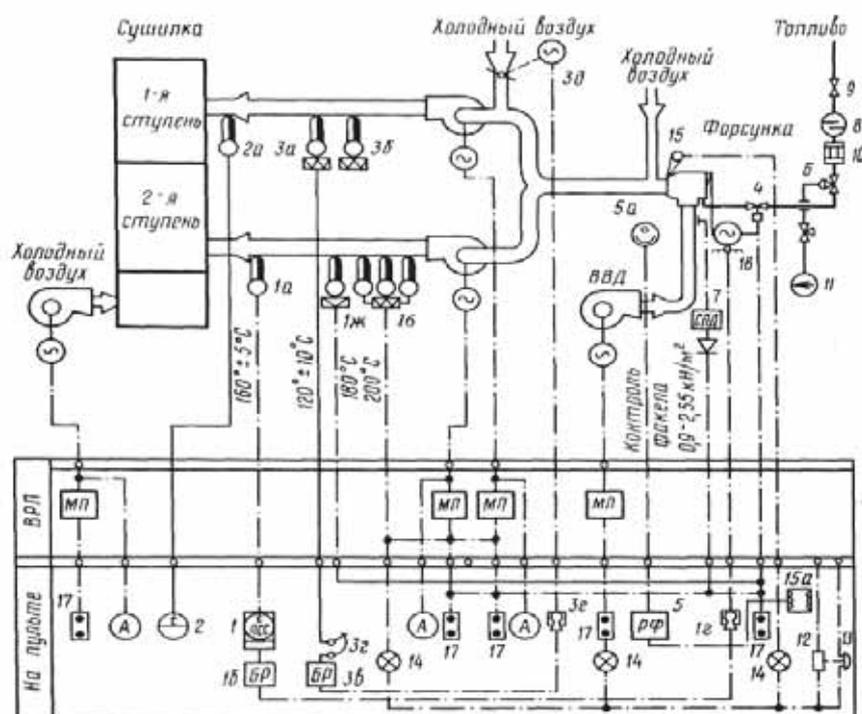


Рис. 10.16. Функциональная схема автоматизации шахтной зерносушилки по проекту № 711: 1 – электронный мост ЭМД; 1а, 2а – термометры сопротивления; 1б, 3в – балансные реле БР-3; 1в, 3д – исполнительные механизмы ПР-1М; 1г, 3е – универсальные переключатели УП-5100; 2 – логометр Л-64; 3а, 3б – температурные реле ТР-20 регулирования температуры первой ступени сушилки; 1ж – ТР-200 аварийной температуры во второй ступени сушилки; 3г – реостат; 4 – вентиль электромагнитный 15С831РСВА; 5 – фотореле ФРС-58; 5а – головка фотореле; 6 – регулятор давления СПДМ-300; 8 – фильтр топлива; 9 – вентиль; 10 – жидкостный счетчик ДБ-40 или КцЖу; 11 – манометр технический; 12 – реле электромагнитное; 13 – звонок; 14 – сигнальная арматура; 15 – электроды зажигания; 15а – трансформатор высоковольтный газосветный; 16 – температурное реле аварийного отключения; 17 – кнопки управления

Автоматизированный пуск агрегата производят в комплексе СДАУ поточной линии, в состав которой входит зерносушилка. После очередного пуска электродвигателей вентиляторов всех ступеней сушилки, опробования затвора и продувки топки подают команду на включение

вентилятора высокого давления ВВД, расположенного перед форсункой. При достижении требуемого давления воздуха замыкается контакт сигнализатора падения давления 7, разрешающий открытие электромагнитного вентиля 4 на топливной магистрали. После нажатия оператором кнопки «Пуск» через реле времени подается сигнал на газосветный высоковольтный трансформатор, который подает импульсы высокого напряжения на электроды зажигания. От искры на электродах зажигания 15 воспламеняется факел. Если в течение 45–60 с воспламенение не происходит, срабатывает реле времени, и работа схемы автоматизированного розжига прекращается. При появлении факела срабатывает схема чувствительного устройства, обесточивается высоковольтный трансформатор и подготавливается к работе схема контроля наличия и восстановления (при погасании) факела. Эта схема работает с фотореле ФРС, либо АКП-П, либо ЗЗУ.

При случайном обрыве (погасании) факела и срабатывании фотореле схема контроля наличия факела обеспечивает подачу напряжения на газосветный трансформатор и электроды зажигания по заранее подготовленной при пуске зерносушилки цепи. Если в течение определенного времени восстановить факел не удастся, происходит перекрытие топливной магистрали электромагнитным вентилем 4.

В системе автоматики безопасности работы зерносушилки предусмотрено автоматическое прекращение подачи топлива: при повышении температуры агента сушки II ступени сверх аварийного значения (175–180 °С) при помощи температурного реле 1ж марки ТР-200; при остановке вентиляторов I и II ступеней и зоны охлаждения; при снижении давления распиливающего воздуха ниже заданного значения.

Автоматическое отключение всей сушилки предусматривается при повышении температуры агента сушки до 200 °С при помощи температурных реле 1б (3 шт.) марки ТР-200, которые для повышения надежности срабатывания включаются параллельно. Кроме того, давление жидкого топлива стабилизируется перед форсункой при помощи регулятора прямого действия «после себя» б.

Заданная температура агента сушки I ступени поддерживается автоматически изменением подсоса холодного воздуха. Температура контролируется логометром 2 и терморезистором 2а, а регулируется при помощи температурных реле 3а, 3б, балансного реле 3в, реостата задатчика и схемы дистанционного управления 3г, исполнительного механизма 3д.

При отклонении температуры от заданного значения закорачивается соответствующая часть реостата 3г. Если температура меньше заданной, то закорачивание происходит размыкающим контактом реле 3а, а

если больше – размыкающим контактом дополнительного промежуточного реле. При этом исполнительный механизм ПР-1М дроссельной заслонкой изменяет величину подсоса холодного воздуха. В режиме дистанционного управления реостат *3z* регулирует температуру при переведенном в положение «Диет.» ключом *3e*.

Регулирование, контроль, запись и сигнализация температуры агента сушки на II ступени осуществляются при помощи автоматического самопишущего и регулирующего моста *I* (с записью на дисковой диаграмме) со встроенным в него реостатным задатчиком балансного реле *Iб* исполнительного механизма *Iв*. Измерительным преобразователем температуры служит терморезистор *Iа*.

При изменении температуры изменяется сопротивление плеч моста, который состоит из реостата задатчика электронного моста и реостата обратной связи исполнительного механизма пропорционального регулирования ПР-1М. В результате нарушения равновесия мостовой схемы происходит срабатывание балансного реле *Iб* и включается исполнительный механизм, который воздействует на регулирующий клапан топливной магистрали и связанную с ним заслонку воздушной магистрали. Одновременно происходит изменение подачи топлива и воздуха.

При перемещении вала исполнительного механизма движок реостата обратной связи перемещается в сторону восстановления баланса мостовой схемы. Регулирующий орган восстанавливает баланс до заданной температуры агента сушки. Таким образом, происходит пропорциональное регулирование, при котором заданная температура поддерживается с точностью ± 5 °С.

Вопросы к главе 10

1. Основные типы технологических процессов на ПХПЗ.
2. Логические принципы автоматизации элеваторов.
3. Управление маршрутами в СДАУ.
4. Управление узлами связи.
5. Элементы контроля и управления сушкой зерна.

Глава 11. Автоматизация мукомольных заводов

Развитие автоматизации мукомольных заводов шло от простейших систем ДУ до СДАУ с локальными АСР, а затем до внедрения АСУ ТП с управляющими ЭВМ. При этом учитывалась сложность технологических процессов на мельницах, их развитость и разветвленность.

Четкое деление процесса на мукомольном заводе на ряд участков и этапов привело к созданию сначала отдельных СДАУ, а затем к их объединению с АСР в АСУ ТП, которая в последнее время увязывается с АСУ предприятия в интегрированную систему управления.

Общим для всех отделений (участков) мукомольного завода является непрерывность технологического процесса и последовательное прохождение продуктов переработки через установленную группу машин и механизмов. Зерноочистительное отделение – это разновидность поточно-транспортной системы (ПТС) с элементами очистки и подготовки зерна к размолу. Размольное отделение включает в себя комплекс перерабатывающих машин, сортирующих комплектов и ПТС, организующих перемещение продуктов между машинами. Отделение готовой продукции вместе с упрощенной ПТС включает в себя устройства формирования сортов муки (если это не делается в потоке в размольном отделении), аппараты для выбоя муки в мешки или фасовки ее в мелкую тару, а также участок бестарного хранения и отпуска муки. Перечисленные особенности управляемых объектов на мукомольном заводе должны учитываться при автоматизации.

§ 1. Автоматизация на мукомольных заводах с комплектным оборудованием

Принятые пока на большинстве мукомольных заводов СДАУ и ЛАСР рассмотрены в специализированных источниках. В настоящем пособии будут рассмотрены вопросы автоматизации мукомольных заводов на высокопроизводительном комплектном оборудовании. Для этих целей разработана система автоматизированного управления СА-УМ-1, которая обеспечивает программное управление технологическим оборудованием, транспортными потоками продуктов и процессом формирования сортов муки. При этом выполняются следующие функции:

- автоматизированный, местный и деблокированный (по отдельным видам оборудования) режимы управления работой оборудования;
- световая и звуковая сигнализация работы и неисправностей всего технологического оборудования (непрерывная при нормальном и прерывистая – при аварийном режимах);

- управление процессом приготовления сортов муки в автоматическом (по заданной на перфокарте программе), ручном (с участием оператора) и в тестовом (проверочном) режимах;
- управление поточно-транспортными линиями перемещения продуктов (муки, отрубей, манной крупы, крупки) по 18 программам;
- обеспечение выработки заданного рецептом определенного количества того или иного сорта муки;
- управление процессом смешивания компонентов при формировании сортов муки;
- учет количества единиц тарных пакетов муки, выпущенных предприятием, с цифровой индикацией;
- автоматический контроль следующих параметров – верхние и нижние уровни зерна в бункерах, верхние уровни муки в силосах, давление воздуха в пневмосетях и в пневмоэлектрических исполнительных устройствах, нагрузка электродвигателей технологических машин.

Входные и выходные сигналы управления в САУМ-1 формируются в виде знаков 0 и 1 или их комбинации (при кодировании). В блоке сигнализации «1» соответствует напряжению $12 \pm 2,4$ В, в блоке пульта управления весовыми дозаторами – $3 \pm 0,6$ В. "0" означает отсутствие напряжения или его небольшое остаточное значение. Выходными управляющими для СДАУ сигналами в САУМ-1 служат сигналы в виде напряжения переменного тока в 220 ± 22 В.

Конструктивно САУМ-1 состоит из щитов – пультов управления и контакторных шкафов. В первых реализуется алгоритм управления (логическая часть СДАУ), вторые осуществляют непосредственное управление силовой частью СДАУ и ЛАСР. Связь щитов – пультов с контакторными шкафами и между собой осуществляется кабелями через разъемы и клеммные сборки.

Щиты-пульты САУМ-1 построены на основе диспетчерских мозаичных пультов ПДУ-2М. Специально для САУМ-1 разработаны и выпускаются серийно многофункциональные кнопочные выключатели ВК 16-19 и реле времени ВЛ-54 и ВЛ-55.

Элементная база схем управления САУМ-1 складывается из помехоустойчивых микросхем серии К155, К511, полупроводниковых элементов высокой надежности, многофункциональных кнопочных выключателей и реле времени. Логическая часть СДАУ функционально реализована по блочному принципу в стандартных блок-каркасах. Промежуточные электромагнитные реле и реле времени смонтированы на дверях шкафов с внутренней стороны. На лицевых частях панелей щи-

тов-пультов изображена мнемосхема, принцип которой аналогичен ранее рассмотренным для элеваторов.

Вся силовая управляющая часть смонтирована в шкафах. Каждому магнитному пускателю в контакторном шкафу присвоен кодовый номер из четырех цифр: первая – номер шкафа, вторая – величина пускателя по току управляемого электродвигателя, третья и четвертая – место расположения пускателя в ряду одинаковых по их величине. Например, код 2302 означает, что пускатель третьей величины установлен во втором шкафу вторым в ряду пускателей третьей величины.

Автоматические выключатели и электродвигатели обозначаются таким же кодом, который выгравирован на соответствующих светофильтрах кнопочных выключателей пульта. Контакторный шкаф в САУМ-1 выполняет функцию панели управления.

Автоматические дозаторы зерна и переключающие элементы (распределители, перекидные клапаны, задвижки и т. п.) бывают двух типов: электрические и пневмоэлектрические.

САУМ-1 обеспечивает автоматизированное централизованное управление технологическим процессом производства сортовой муки.

Диспетчер пульта управления настраивает все маршруты перемещения зерна и отдельные маршруты для продуктов его переработки. Пуск и останов оборудования производятся как группами, так и в некоторых случаях отдельно в определенной блокировочными зависимостями последовательности. Открывание и закрывание задвижек в нормальном режиме осуществляет диспетчер.

Принцип блокировки технологических машин и механизмов аналогичен принятому для СДАУ элеваторов, а также мукомольных заводов с обычным оборудованием. Однако САУМ-1 имеет некоторые особенности, основные из которых следующие:

- блочное построение системы с использованием микросхемной элементной базы и кнопочных выключателей с сигнализацией;

- задержка отключения схем управления при исчезновении напряжения питания на доли секунды;

- автоматизированное управление насосами охлаждающей воды, подаваемой в валки вальцовых станков, а также всем процессом подачи воды;

- переключатели выбора режимов работы могут быть включены только после установки в них специального ключа;

- режим деблокировки в щите-пульте, позволяющий при необходимости вывести часть оборудования из технологической цепи, не останавливая сам технологический процесс;

более развитая схема сигнализации, предусматривающая определенный анализ работы технологического оборудования с соответствующей информацией диспетчера и обслуживающего персонала в цеху;

наличие щита-пульта управления оборудованием силосного хранения муки, с которого осуществляется управление технологическими процессами переработки отходов и подачи муки и манной крупы из размольного отделения в склад готовой продукции, а также заполнением продуктами размола зерна (мука различных технологических систем) бункеров склада по девяти программам, причем каждой программе соответствует свой маршрут, выбираемый диспетчером;

наличие щита-пульта управления складом бестарного хранения муки, который осуществляет управление дозированием компонентов на многокомпонентных весовых дозаторах с витаминизацией и смешиванием при формировании различных сортов муки, выбоем муки и манной крупы в мешки, фасованием муки в пакеты и упаковыванием их в блоки, отпуском муки на автомобильный транспорт и в железнодорожные вагоны, гранулированием, хранением и отпуском отрубей на транспорт. Управление производят по соответствующим девяти программам, которые реализуют довольно сложный алгоритм функционирования этой части САУМ.

Рассмотренная САУМ-1 представляет собой серийный вариант системы частичной автоматизации мукомольного завода. В настоящее время проводятся более глубокие разработки АСУ ТП с внедрением средств вычислительной техники.

§ 2. Элементы АСУ ТП на мукомольных заводах

Автоматизированная система управления технологическим процессом Подольского экспериментального мукомольного завода (ПЭМЗ) – это фактически набор распределенных по цепи технологического процесса подсистем управления отдельными этапами подготовки сырья и производства из него сортовой муки.

На элеваторе вместе с традиционной (по функциям) СДАУ должна существовать автоматизированная подсистема централизованного оперативного количественного и качественного учета зерна с элементами оптимизации его размещения в элеваторе (АСУР), которая обеспечивает получение информации о свободной емкости в силосах элеватора и создание данных для последующего решения задачи оптимального размещения зерна и формирования из него помольных партий.

В технические средства автоматизации входят: вычислительное устройство с набором внешних запоминающих устройств и устройство

связи с объектом, устройство ввода информации вручную, щит индикации, блок управления с печатью, измерительные преобразователи на автоматических весах после норий и на электрических счетчиках. В процессе работы АСУР осуществляет учет всего поступающего и расходного зерна, выдает совет по формированию помольной партии (алгоритм сравнительно простой, не учитывающий всех особенностей работы с сырьем), по заказу формирует справку о размещении зерна на элеваторе с рекомендациями, куда лучше поместить поступающее зерно или переместить хранящееся, подводит итоги работы элеватора по бригадам, в том числе с учетом удельных затрат электроэнергии.

В зерноподготовительном отделении мукомольного завода вместе с ДАУ (общее с размольным отделением) должны функционировать: подсистема автоматической стабилизации и контроля влажности при гидротермической обработке зерна (АССВ), подсистема стабилизации оптимальных расходов и качества помольных смесей (АСПС), подсистема оперативной корректировки времени отволаживания (ОКВОЗ). В размольном отделении вместе с ДАУ эффективно используют подсистемы: автоматической стабилизации доувлажнения зерна перед первой драной технологической системой (САС-Д); автоматической стабилизации подачи зерна на первую драную ТС (САС-Р); централизованного контроля и стабилизации белизны муки по сортам (САС-Б); централизованного контроля и управления выходами и качеством готовой продукции (АСЦКВК). Разработаны также подсистемы автоматической стабилизации извлечения на первых драных ТС (САС-И), оптимального управления извлечением на драных ТС (АСУИ), которые в настоящее время не используются в связи с переходом мукомольных заводов на новые виды вальцовых станков и рассевов.

Подсистема автоматической стабилизации и контроля влажности при гидротермической обработке зерна (АССЗ) обеспечивает поддержание заданной величины влажности зерна, поступающего в отлежные бункера, и состоит из трех контуров, заключенных в технологическую схему двухпоточной подготовки зерна к помолу с двухступенчатым непрерывным отволаживанием. Каждый контур включает в себя автоматический влагомер (контроль влажности зерна), увлажнительную машину, расходомер воды (контроль и управление подачей воды на увлажнение) и локальный электронный автоматический регулятор, реализующий заданный закон регулирования степенью увлажнения. Подсистема автоматической стабилизации оптимального расхода и качества помольных смесей (АСПС) помогает выбрать близкий к оптимальному состав помольной смеси по соотношению в ней отдельных зерновых компонентов и стабилизацию этого состава. Технические средства

включают в себя вычислительное устройство с достаточным объемом внешней памяти, блоки задания порций для весовых (или другого типа) дозаторов зерна. АСПС должна быть связана с АСУР. Перед расчетом помольной смеси база данных АСУР программно переводится в АСПС. На ее основе ведется расчет выбора компонентов из наличия зерна на элеваторе и соотношения компонентов в смеси. Затем рассчитанные соотношения преобразуются в сигналы заданных расходов компонентов смеси, которые через программаторы передаются на дозирующие устройства отпуска зерна в производстве. Затем подбирают режим гидротермической обработки зерна для определения времени отволаживания. При непрерывном отволаживании время отлежки задается величиной расхода при выпуске зерна из отлежных бункеров. АСПС реализует обратную связь, т. е. контролирует фактическое соотношение компонентов в дозаторах. Подсистема также выдает справки о зерне (качестве и количестве на элеваторе), а также рассчитывает выход муки.

Подсистема оперативной корректировки времени отволаживания (ОКВОЗ) обеспечивает выдачу рекомендаций по корректировке времени нахождения зерна в бункере при непрерывном отволаживании в режиме советчика. Расчеты производятся на вычислительном устройстве на основании температуры, замеряемой высокочувствительным термозондом, погруженным в массу равномерно движущегося в бункере зерна.

Подсистема автоматической стабилизации доувлажнения зерна перед первой драной технологической системой (САС-Д) предназначена для стабилизации процесса доувлажнения оболочек зерна непосредственно перед размолотом. Это осуществляется подачей строго заданного количества воды насосом-дозатором в стабилизированный по расходу поток зерновой смеси из-под бункеров для отволаживания (стабилизация осуществляется автоматическими дозаторами на базе весов или расходомеров), управляемый подсистемой АСПС.

Подсистема автоматической стабилизации подачи зерна на первую драную систему (САС-Р) предназначена для автоматической стабилизации подачи зерна на эту систему. Подсистема построена на базе расходомера *VI -ЕСР* (контроль расхода и формирование сигнала на управление) и состоит из управляющего устройства в виде серийного автоматического регулятора, блока управления и исполнительного механизма (например, типа МЭО) в комплекте с зерновым затвором (задвижкой).

Подсистема автоматической стабилизации белизны муки по сортам (САС-Б) обеспечивает автоматический контроль белизны муки в потоке по сортам и стабилизацию белизны муки I и II сортов. Контроль белизны осуществляют с помощью измерительного комплекта РЗ-БПП, в

который входят экспонирующее устройство с измерительной головкой, блок регистрации и питания, вибропитатель с блоком управления, вторичный прибор КСП-4. САС-Б включает в себя три контура регулирования: первый и второй взаимосвязаны и обеспечивают стабилизацию белизны муки I сорта (САС-Б1с), третий – стабилизацию белизны муки II сорта (САС-Б2с). Сигнал на включение управляющего устройства поступает от трехпозиционного регулятора, встроенного во вторичный прибор КСП-4. Управляющее устройство (стандартный регулятор) импульсного типа с помощью исполнительного устройства на двух потоках муки направляет их либо в I, либо во II сорт в зависимости от отклонения белизны от заданной величины.

Подсистема централизованного контроля и управления выходами и качеством готовой продукции (АСЦКВК) обеспечивает получение обработанной информации о конечных результатах технологического процесса переработки зерна: выход продукции, количество переработанного зерна и выпущенной продукции по бригадам, удельные расходы электроэнергии и другие показатели (в процессе ввода соответствующих данных в автоматический режим). В состав технических средств, обеспечивающих работу информационной подсистемы, входят: вычислительный комплекс на базе микроЭВМ с достаточным объемом внешней памяти, устройство связи с источниками информации на мукомольном заводе, измерительные преобразователи информации (автоматические весы или расходомеры, счетчики электроэнергии, датчики часового ритма выработки продукции и др.).

Заслуживает внимания системный подход к автоматизации мукомольного производства на Добельском комбинате хлебопродуктов Латвии, на котором реализованы в достаточно полном объеме АСУ ТП подготовительного отделения и процесс автоматизации формирования помольных смесей.

Подсистема автоматизированного управления формированием помольных смесей предусматривает на основе анализа партий зерна на элеваторе с учетом намеченного к поступлению (занаряженных или отгруженных) количества зерна по показателям массы и качества (влажность, зольность, содержание и качество клейковины, содержание сорной и зерновой примесей и др.), двухэтапный расчет на ЭВМ оптимального состава этих смесей по определенным критериям оптимизации. На первой стадии внедрения подсистема работает в режиме советчика, на второй – обеспечивается автоматический ввод данных расчета в систему автоматического управления весовыми дозаторами, составляющими помольную смесь на элеваторе. Расчет осуществляется на ЭВМ типа СМ или аналогичных по математическому обеспечению.

Техническое обеспечение АСУ ТП реализовано на базе вычислительного микропроцессорного комплекса с микро-ЭВМ «Электроника-60М» с добавлением дополнительных функциональных модулей (рис. 11.1).

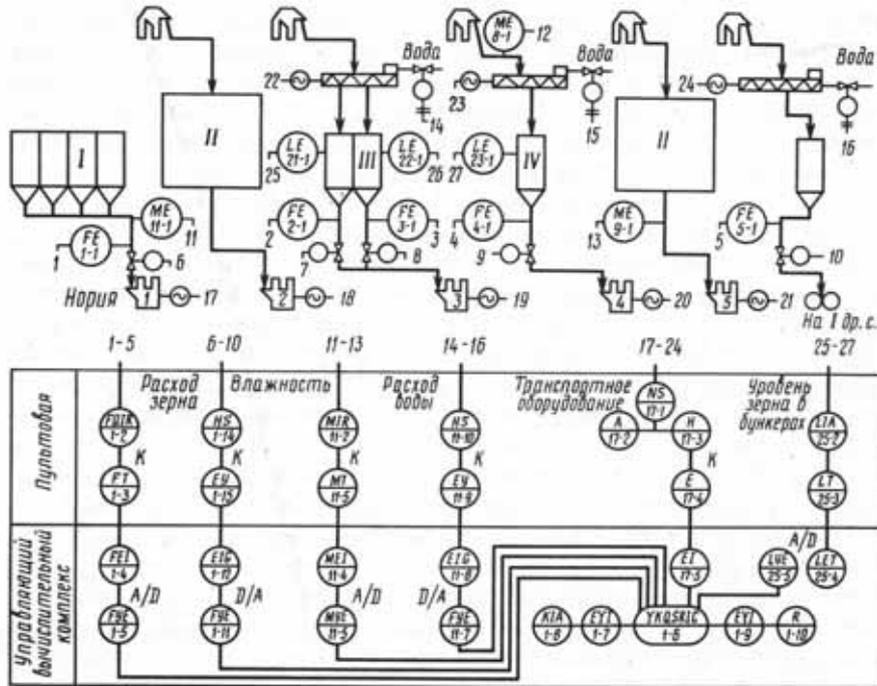


Рис. 11.1. Функциональная схема автоматизации подготовительного отделения мукомольного завода: I – бункера для неочищенного зерна; II – технологическое оборудование в наборе; III – бункера для первого отволаживания; IV – бункера для второго отволаживания; 1–5 – автоматический контроль и управление расходом зерна; 6–10 – управление электроприводом задвижек; 11–13 – автоматический контроль и управление влажностью зерна; 14–16 – автоматический контроль и управление расходом воды для увлажнения зерна; 17–24 – управление электроприводом технологического оборудования; 25–27 – автоматический контроль уровня зерна в бункерах

Управляющий вычислительный комплекс (УВК) состоит из терминальных устройств оператора – дисплеев, печатающего устройства, устройства ввода-вывода программ управления, перфоратора ПЛ-150, фотосчитывателя с перфоленты FS-1501, устройства связи с объектом, состоящего из модуля ввода дискретных сигналов, модуля вывода дискретных сигналов и модуля аналогово-цифрового преобразования.

Средства КИП и регулирования состоят из десяти расходомеров зерна У1-ЕСР, шести влагомеров ПВЗ-20Д, четырех ротаметров для контроля расхода воды, шести уровнемеров ЭХО-3У, десяти исполнительных механизмов МЭО-0,63 и четырех вентилях пропорционального типа для воды.

В процессе управления УВК вместе со всеми периферийными устройствами решает четыре основные задачи: автоматическое регулирование производительности подготовительного отделения путем перераспределения зерновых потоков на основании заданной нагрузки на вальцовые станки первой драной технологической системы; автоматизированное управление процессом непрерывного отволаживания зерна путем поддержания рассчитанного на ЭВМ расхода зерна при выпуске его из бункеров для отволаживания на основании заданного времени отволаживания; автоматическое регулирование трехстадийного увлажнения и доувлажнения зерна, реализуемое четырьмя контурами, сопряженными с ЭВМ, управляющими процессом по возмущению (по изменению влажности поступающего зерна меняется подача воды); автоматическая стабилизация подачи зерна на первую драную технологическую систему (аналогично САС-Р, но с управлением от УВК).

Таким образом, в системе реализован режим непосредственного цифрового управления при высокой степени централизации процессов контроля и регулирования, а также обеспечение информацией технологического персонала.

АСУ ТП подготовительного отделения охватывает все основные этапы технологического процесса от входа до выхода. При этом выполняются информационные и управляющие функции (рис. 11.2).

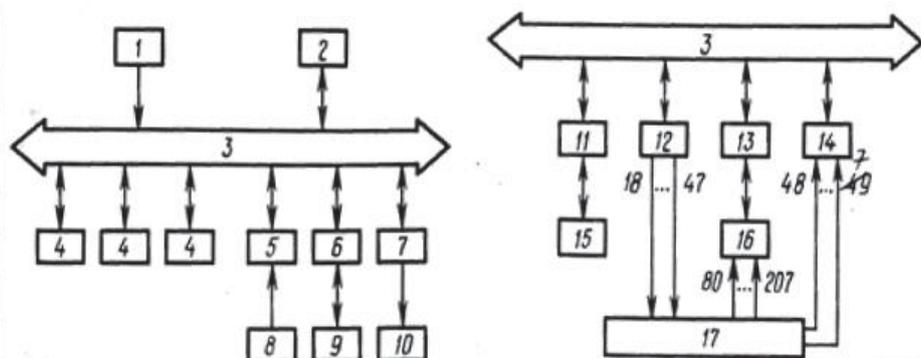


Рис. 11.2. Структурная схема управляющего микропроцессорного комплекса АСУ ТП подготовительного отделения мельницы: 1 – таймер- 2 – центральный процессор с оперативным запоминающим устройством (ОЗУ) на 8 килобайт; 3 – интерфейс микроЭВМ; 4 – ОЗУ; 5 – интерфейс связи с фотосчитывателем ФС-01(8); 6 – интерфейс связи с перфоратором ПЛ-150 (9); 7 – интерфейс связи ввода-вывода с алфавитно-цифровым печатающим устройством АЦПУ (10); 11 – устройство последовательного обмена; 12 – устройство дискретного вывода; 13 – аналогово-цифровой преобразователь сигналов; 14 – устройство дискретного ввода; 15 – дисплей; 16 – коммутатор аналоговых сигналов; 17 – управляемый объект (подготовительное отделение); 18...47–30 выходных сигналов к объекту (дискретные 0-50 В); 48...79–30 выходных сигналов от объекта (дискретных 0-50 В); 80...207–128 аналоговых сигналов от объекта.

К информационным функциям относятся: контроль расхода зерна в узловых точках технологической схемы подготовительного отделения; контроль и сигнализация уровней зерна в бункерах, контроль состояния технологических линий, отдельных машин и механизмов, регулирующих органов; контроль расхода воды при увлажнении зерна перед отволаживанием и при доувлажнении; контроль влажности зерна в потоке; представление оператору информации о количественно-качественных показателях ведения процесса подготовки зерна в виде усредненных за определенный промежуток времени данных в наборе или в таблице на дисплее либо в распечатке; регистрация отклонения параметров технологического процесса от заданных значений, данных о простое технологического оборудования и др.

К автоматизируемым управляющим функциям относится распределение зерновых потоков, увлажнение зерна перед бункерами для отволаживания, процесс отволаживания зерна, доувлажнение зерна перед первой драной технологической системой, подача зерна на первую драную технологическую систему (автоматическая стабилизация). Кроме того, осуществляется полный набор функций управления, соответствующий расширенному объему СДАУ подготовительного отделения мукомольного завода.

§ 3. Использование бесконтактных логических элементов в схемах автоматизации пакетоформирующих машин

Пакетоформирующие машины устанавливаются в складах готовой продукции после выборного отделения. Системы автоматического управления пакетоформирующими машинами до недавнего времени строились на контактной аппаратуре. Однако из-за низкого качества работы контактных схем, недостаточно квалифицированного обслуживания далеко не на всех предприятиях отрасли пакетоформирующие машины работали. Повысить надежность работы пакетоформирующих машин можно за счет применения систем автоматического управления на бесконтактных логических элементах.

На рис. 11.3 представлена принципиальная схема управления подъемом платформы машины У1-БПМ15. Схема работает следующим образом. Преобразователь положения $20SQ$ приводится пакетом в состояние 0 . Сигнал 0 с выходом $20SQ$, поступает на 7 вход $D48.1$. Если на рольганге в процессе формирования последнего ряда отсутствует предыдущий пакет, то на 3 вход $D48.1$ также будет поступать сигнал 0 (подготовка к подъему платформы).

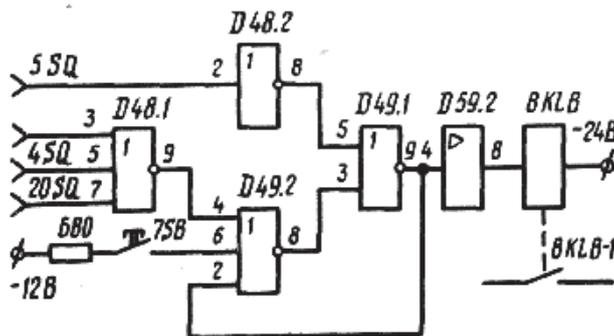


Рис. 11.3. Принципиальная схема управления подъемом платформы машины У1-БПМ15

После выдачи в шахту формирования порожнего поддона последний приводит в состояние 0 преобразователь положения 4SQ, сигнал от которого поступает на 5 вход D48.1.

Таким образом, на 3, 5, 7 входах D48.1 будут наблюдаться сигналы 0, а на 9 выходе D48.1 будет сигнал 1, который поступит на 4 вход D49.2.

На 8 выходе D49.2 возникнет сигнал 0, который поступит на 3 вход D49.1. Так как 5SQ (ограничитель подъема платформы) находится в состоянии 1, то этот сигнал с выхода поступит на 2 вход D48.2. На 8 выходе D48.2 поступит сигнал 0. Таким образом, на 3 и 5 входах D49.1 будет сигнал 0, а на 9 выходе D49.1 будет сигнал 1, который поступит в цепочку памяти на 2 вход D49.2 и на 4 вход D59.2 (усилителя). Усилитель включит реле 8 KLB, замыкающий контакт которого задействован в цепи управления магнитным пускателем электродвигателя подъема платформы. Платформа будет подниматься до взаимодействия с преобразователем положения 5SQ, на выходе последнего появится сигнал 0, который поступит на 2 вход D48.2. На 8 выходе D48.2 будет наблюдаться сигнал 1, который поступит на 5 вход D49.1, разрушая память (на 9 выходе D49.1 будет сигнал 0). Усилитель выключит реле 8 KLB. Схемой предусмотрено управление подъемом платформы вручную кнопкой 7SB.

Вопросы к главе 11

1. Комплектное оборудование в системах автоматизации мукомольных заводов.
2. Элементы автоматических систем управления на мукомольных заводах.
3. Использование бесконтактных логических элементов в СА пакетформирующих машин.

Глава 12. Автоматизация комбикормовых заводов

Комбикормовый завод представляет собой поточно-транспортную систему перемещения компонентов комбикормов, во многом она аналогична ПТС элеватора и зерноподготовительного отделения мукомольного завода, но прерывается участком дробления отдельных компонентов, а также комплексами дозирования и смешивания отдельных компонентов комбикормов. В связи с этим и ДАУ по своему принципу мало отличается от ДАУ элеватора или зерноподготовительного отделения мукомольного завода, но дополнительно включает в себя комплекты управления участками дозирования и смешивания, дробления, гранулирования, что делает ее дискретно-непрерывной. Вместе с этим при управлении процессом приготовления комбикормов возникает ряд задач, которые нельзя решать без применения ЭВМ, в том числе такие, как расчет оптимального рецепта комбикорма, контроль за выполнением рецепта, обеспечение точности дозирования, контроль за использованием сырья и т. д. В связи с этим в СДАУ комбикормового завода все большее применение находят микропроцессорные устройства и ЭВМ.

Нельзя не отметить и такую особенность СДАУ, вызывающую её некоторое усложнение, как расфасовка конечного продукта. Особенно, если учесть тот факт, что тара для расфасовки может быть заказана из различных материалов (металл, пластик, ткани и т.д.), различной вместимости и различной конструкции.

Вместе с тем, основные принципы, заложенные в логику управления и автоматику, остаются прежними. Это касается очередности включения и выключения аспирации, порядка запуска транспортирующих механизмов, сигнализации переполнения бункеров и других накопительных устройств, заполнения запорных башмаков, приоритетов управляющих воздействий и т.д. и т.п.

Поэтому принципиальные электрические схемы управления электроприводом на комбикормовом заводе в основном мало чем отличаются от схем, рассмотренных для элеваторов и мукомольных заводов, содержат те же электротехнические, контрольно-измерительные и управляющие устройства, но включают в себя больше элементов электроники: микросхем, логических элементов, микро-процессорных наборов, микро-ЭВМ и т. д.

То есть, в целом, электрическая схема комбикормового завода получается несколько сложнее рассмотренных ранее.

**§ 1. Автоматизированное управление процессом измельчения
зерна на дробилках с использованием системы
на бесконтактных логических элементах**

Производительность дробилок определяет в целом производительность последующих машин технологического процесса (дозаторов, смесителей, грануляторов и т. д.). Кроме того, процесс измельчения требует большого количества электроэнергии. Поэтому для обеспечения оптимального режима работы дробилки необходимо регулировать подачу сырья и поддерживать постоянной заданную загрузку.

В отрасли применяются различные устройства автоматического регулирования загрузки дробилки. Одно из них, построенное с использованием бесконтактных логических элементов, показано на рис. 12.1. В состав устройства входит измерительный орган, задатчик, блок регулирования, выходное устройство, исполнительный орган и блок питания.

В качестве измерительного органа используется датчик трансформатора тока ТА3 ДТТ-58, присоединенный через трансформатор тока ТА2 типа ТК-20 в силовую цепь электродвигателя привода дробилки (рис. 12.1, *а*). Выход ДТТ-58 соединен с выпрямителем *D18* (элемент Т-109), который является выходом измерительного органа.

Задатчик представляет собой переменные сопротивления *R28* и *R27*, присоединенные к выходу измерительного органа и ко входу датчиков блока регулирования.

В состав блока регулирования (рис. 12.1, *б*) входят:

- преобразователи, построенные на элементах Т-202, предназначенные для преобразования изменяющегося входного напряжения в дискретный выходной сигнал (*D1*, *D2*, *D3*, *D16*);
- узел совпадения сигналов «Больше», выполненный на элементах И *D4.2* типа Т-107, ИЛИ–НЕ *D9.2*; *D9.1* типа Т-101 с выходом на усилитель *D14.1* типа Т-402;
- узел совпадения сигналов «Меньше», выполненный на элементах И *D5.1* типа Т-107, ИЛИ–НЕ *D.11.2*; *D11.1* типа Т-101 с выходом на усилитель *D14.2* типа Т-402, элементе НЕ *D12.2* типа Т-101;
- демпфер, выполненный на элементе задержки сигнала *D6* типа Т-303;
- генератор импульсов на элементах И *D4.1*, *D5.2* типа Т-107; ИЛИ–НЕ *D10.2*; *D10.1*; *D12.1* типа Т-101; *D7* и *D8* типа Т-303;
- узел холостого хода на элементах *D16* типа Т-202, ИЛИ–НЕ *D13.1*, *D13.2* типа Т-101 с выходом на усилитель *D15.1* типа Т-402;
- узел аварийной защиты на элементах *D1* типа Т-202;

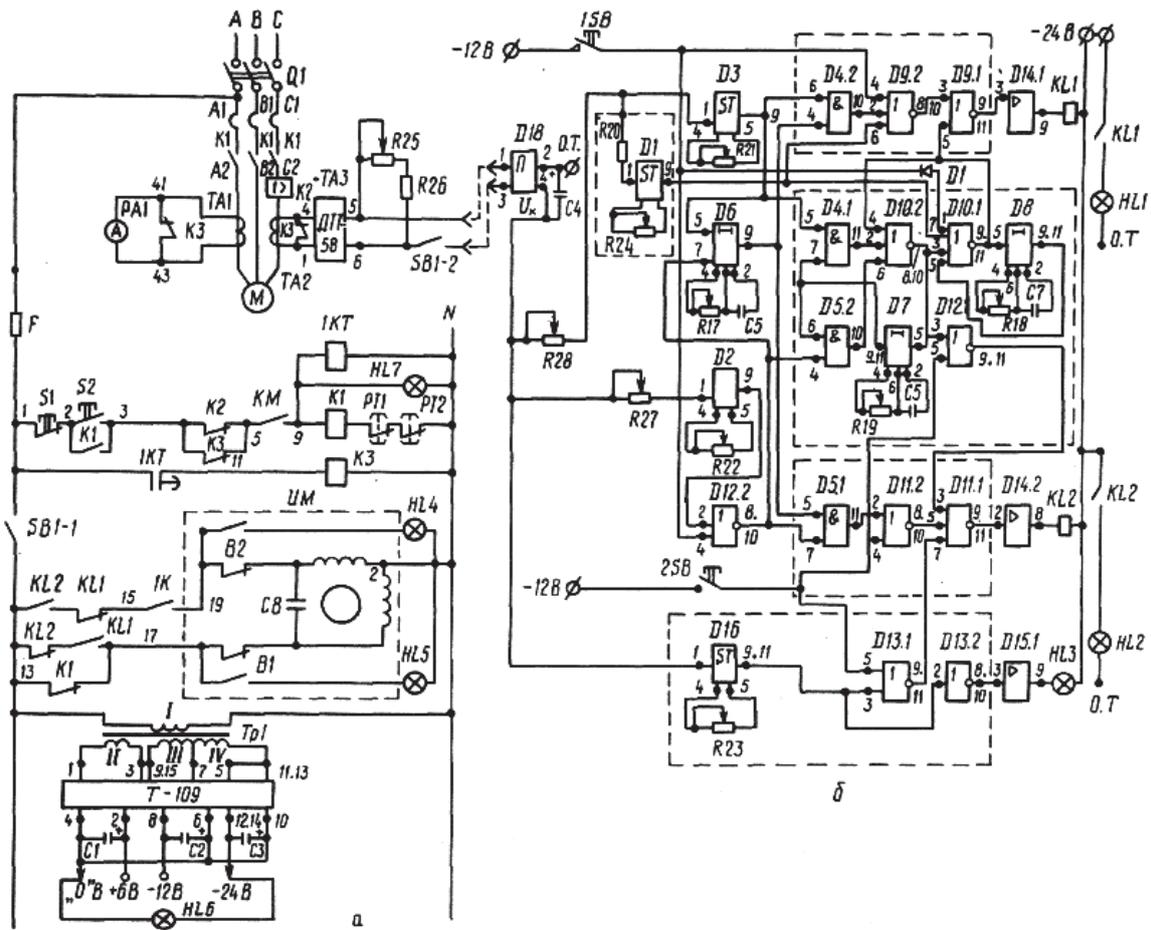


Рис.12.1. Устройство автоматического регулирования загрузки дробилки с использованием бесконтактных логических элементов: а – принципиальная электрическая схема управления электродвигателем привода дробилки и исполнительным механизмом; б – принципиальная схема блока регулирования загрузки дробилки

выходное устройство, которое представлено двумя усилителями Т-402 ($D14.1$, $D14.2$), к выходам которых присоединены реле $KL1$ и $KL2$ типа РМУГ, контакты которых соединены в цепи управления исполнительным механизмом питающей задвижки и в цепи сигнализации.

Исполнительный орган представляет собой питающую задвижку, в качестве привода у которой используется исполнительный механизм МЭО. Блок питания монтируется на шасси блока регулирования и предназначен для выработки напряжений постоянного тока $+6$, -12 и -24 В с общей точкой питания, необходимых для питания логических элементов, а также выходных реле. Блок питания состоит из трансформатора $Tr1$, элемента Т-109 (выпрямителя) и фильтров $C1$, $C2$, $C3$ (рис. 12.1, а).

Регулирование загрузки дробилки основано на принципе сравнения величины активного тока, потребляемого электродвигателем дробилки,

с заданным, соответствующим оптимальной нагрузке. Сигнал рассогласования поступает на блок регулирования, который управляет питающей задвижкой, увеличивая или уменьшая подачу продукта.

Так как электродвигатель дробилки работает первоначально в режиме холостого хода (задвижка закрыта), то на 9, 11 выходе $D16$ возникает сигнал 0, который поступит на 2 входа $D13.2$, на 8, 10 выходах которого появится сигнал 1. Усилитель $D15.1$ включит сигнальную лампочку $HL3$ холостого хода (рис. 12.1, б).

Одновременно с 9, 11 выхода $D16$ сигнал 0 поступит на 3 входа $D13.1$, на 9, 11 выходах которого будет сигнал 1, последний поступит на 7 вход $D11.1$ узла совпадения сигналов «Меньше», запрещая включение исполнительного механизма на открытие задвижки.

Питающую задвижку до момента погасания лампочки $HL3$ открывают кнопкой $2SB$, расположенной на пульте управления, далее регулирование осуществляется автоматически.

При номинальной нагрузке дробилки в первоначальный момент на 9 выходе $D2$ будет наблюдаться сигнал 1, который поступит на 2 входа $D12.2$. На 8, 10 выхода $D12.2$ будет наблюдаться сигнал 0. При номинальной нагрузке дробилки на входе элементов $D1$, $D3$ будет поступать сигнал, по абсолютной величине меньше заданного. Следовательно, на 9 выходах $D1$, $D3$ будут наблюдаться сигналы 0. Таким образом, на элемент задержки сигналов $D6$, на генератор импульсов и в узлы совпадения сигналов «Больше» и «Меньше» будут поступать сигналы 0. Управляющие импульсы регулирования формироваться не будут.

При уменьшении подачи продукта в дробилку сигнал с выхода трансформатора тока уменьшится, так как нагрузка на электродвигатель дробилки уменьшилась. При поступлении информации об отклонении регулируемого параметра нагрузки, ниже заданной, на 9 выходе $D2$ будет наблюдаться сигнал 0, который поступит на 2 входа $D12.2$. На 8, 10 выходе $D12.2$ появится сигнал 1, который поступит в узел совпадения сигналов «Меньше» на 7 вход $D5.1$, на 7 вход элемента задержки $D6$ и в схему генератора импульсов на 4 вход $D5.2$. Генератор начнет выдавать тактовые импульсы регулирования, т. е. через определенный интервал времени на выходах ($D10.1$ и $D12.1$) будут чередоваться сигналы 0 и 1. Интервал времени между тактовыми импульсами генератора может регулироваться в широких пределах с помощью внешних резисторов и емкостей элементов задержки сигналов $D7$ и $D8$.

Как только элемент задержки сигналов $D6$, служащий для подавления кратковременных (импульсных) изменений регулируемого параметра, обработает управляющий сигнал 1, последний поступит на 5 вход $D5.1$. Так как на оба входа (5, 7) $D5.1$ поступят сигналы 1, то на его вы-

ходе также будет сигнал *1*, который поступит на 2 вход *D11.2*. На 8, 10 выходе *D11.2* будет наблюдаться сигнал *0*, который поступит на 5 вход *D11.1*. На 9, 11 выходах *D11.1* будет сигнал *1*, который поступит на 2 вход *D14.2* (усилителя). Усилитель включит реле *KL1*, замыкающий контакт последнего задействован в цепи управления исполнительным механизмом питающей задвижки, который начнет открывать задвижку в интервалы времени, определяемые тактовыми импульсами генератора, увеличивая подачу продукта.

Как только регулируемый параметр (загрузка) войдет в заданную зону, на 9 выходе *D2* будет наблюдаться сигнал *1*, который поступит на 2 вход *D12.2*. На 8, 10 выходах *D12.2* установится сигнал логического нуля *0*.

На входы узла совпадения сигналов «Меньше», элемента задержки *D6*, генератора импульсов поступят сигналы *0*. Регулирующее воздействие прекратится.

При увеличении загрузки дробилки сигнал с выхода трансформатора тока также увеличивается, так как увеличивается нагрузка на электродвигатель. Следовательно, на 9 выходе *D3* будет наблюдаться сигнал *1*, который поступит в узел совпадения сигналов «Больше» на 6 вход *D4.2*, на 5 вход *D6* (задержки) и в схему генератора импульсов на 5 вход *D4.1*. Генератор начнет выдавать тактовые импульсы регулирования на 5 вход *D9.1* узла совпадения сигналов «Больше».

Как только *D6* (элемент задержки) отработает управляющий сигнал *1*, последний поступит на 4 вход *D4.2*. Так как на обоих входах *D4.2* присутствуют сигналы *1*, то на 10 выходе *D4.2* также будет сигнал *1*, который поступит на 2 вход *D9.2*. Сигнал *0* с 8, 10 выходов *D9.2* поступит на 3 вход *D9.1*. На 9, 11 выходах *D9.1* будет наблюдаться сигнал *1*, который поступит на 3 вход *D14.1* (усилителя). Усилитель включит реле *KL1*, замыкающий контакт которого задействован в цепи управления исполнительным механизмом питающей задвижки, который начнет закрывать задвижку в интервалы времени, определяемые тактовыми импульсами генератора, уменьшая подачу продукта.

Как только регулируемый параметр (загрузка) войдет в заданную зону, на 9 выходе *D3* будет наблюдаться сигнал *0*, который поступит на 6 вход *D4.2* узла совпадения сигналов «Больше», на 5 вход *D6* (задержки) и на 5 вход *D4.1* генератора импульсов. Регулирующее воздействие прекратится.

Узел аварийной защиты работает так. При резком (скачкообразном) увеличении загрузки дробилки до аварийного значения (выше заданной на 20–40 %) на 9 выходе *B1* появится сигнал *1*, который поступит на 6 вход *D9.2* в узел совпадения сигналов «Больше», выдавая сигнал на

закрытие задвижки, а также на 7 вход $D10.1$, запрещающая работу генератора импульсов. Как только загрузка установилась ниже аварийной, сигнал 1 с 9 выхода $D1$ снимается и регулирование осуществляется аналогично рассмотренному ранее.

При перегрузке двигателя свыше 50 % срабатывает максимальная защита – токовое реле $K 2$, размыкающий контакт $K2$ которого разорвет цепь катушки магнитного пускателя $K1$, и двигатель отключится.

При отключении двигателя размыкающий контакт $K1$ в цепи управления исполнительного механизма включит его таким образом, что задвижка питателя переместится в закрытое положение.

В схему управления приводом дробилки включен также блокировочный контакт $KМ$ последующего механизма (например, нории, конвейера и т. д.).

Основными параметрами настройки устройства являются: зона нечувствительности, длительность управляющих импульсов, скважность управляющих импульсов, время демпфирования (задержки), коэффициент возврата преобразователей, правильность функционирования логической схемы.

Зона нечувствительности устанавливается с помощью резистора $R27$ и равна ($R28-R27$). При увеличении сопротивления $R27$ зона нечувствительности уменьшается, при уменьшении – увеличивается. При этом следует помнить, что в эксплуатационном режиме зону нечувствительности следует увеличить с увеличением тока нагрузки двигателя.

Длительность управляющих импульсов устанавливается с помощью резистора $R19$ и емкости $C6$ элемента $D7$ генератора импульсов (экспериментально равна 1,5 с за счет $R19 = 27$ кОм; $C6 = 30$ мкФ).

Скважность управляющих импульсов устанавливается с помощью резистора $R18$ и емкости $C7$ элемента $D8$ генератора импульсов (экспериментально задана 3 с за счет $R18 = 160$ кОм; $C7 = 30$ мкФ).

Коэффициент возврата преобразователей $D1, D2, D3, D16$ устанавливается с помощью резисторов соответственно $R24, R22, R21, R23$.

Правильность функционирования логической схемы определяется с помощью специального имитатора входных и выходных сигналов по таблице испытаний функционально-логической схемы.

§ 2. Автоматизированное управление процессами дозирования и смешивания компонентов комбикормов

На комбикормовых заводах для управления процессами дозирования и смешивания компонентов комбикормов используют комплексы

автоматического весового дозирования КДК-1, КДК-2 или КДК-3. В зависимости от требуемой производительности комплексы могут подбираться в любых следующих сочетаниях с весовыми дозаторами: 6ДК-100 (ВАД-100-481), 5ДК-200 (ВАД-200-506), 5ДК-500 (ВАД-500-507), 16ДК-1000 (ВАД-1000-321), 10ДК-2500 (ВАД-2500-508) с соответствующим набором питателей и пультов управления. Весовые дозаторы работают со смесителями периодического действия необходимой емкости. Управление ими осуществляют с общего пульта.

На рис. 12.2 представлена технологическая схема весового дозирования и смешивания компонентов комбикормов комплекса КДК-3. Схема состоит из дозаторов 10ДК-2500, 5ДК-500, 5ДК-200. В дозатор 10ДК-2500 шнековыми питателями 2 подаются основные компоненты (ячмень, кукуруза, овес, пшеница и др.) в количестве более 10 %. В дозатор 5ДК-500 поступают белковые компоненты (мясокостная, рыбная и травяная мука, кормовые дрожжи) в количестве 3–10 %. В этот же дозатор поступают минеральные добавки и биологически активные вещества (микродобавки, соль, аминокислоты, мел и т. п.) в количестве до 3 %. Дозаторы разгружаются после открывания заслонки днища весов при помощи пневмопривода 11 в общий смеситель 8, который управляется вместе с дозаторами с пульта управления 4. Там же установлены: релейная панель 3, устройство считывания программы с перфокарт 6, перфоратор для нанесения задания на перфокарту 5. Компоненты поступают из бункеров 1.

Комплекс работает в трех режимах: местном, дистанционном и автоматическом; последний является основным.

Местный режим, как правило, используют при наладке с помощью пульта 8 (РУ-12 или РУ-6).

В дистанционном режиме дозатором управляют с пульта АД-12 (или АД-6). Массу каждого компонента задают поочередно, вручную, путем включения тумблеров. Когда масса компонента задана, переключателем на пульте управления выбирают нужный питатель и включают его. Набранную массу контролируют по индикаторным лампам и устанавливают переключатель в положение, соответствующее работе следующего питателя.

В автоматическом режиме управление работой дозатора осуществляется по перфокарте, которую вводят в устройство считывания. После ввода карты на пульт АД-12 (или АД-6) задают автоматический режим работы. Массу каждого из компонентов контролируют при помощи декодирующего устройства УВФ-3, встроенного в головку весов.

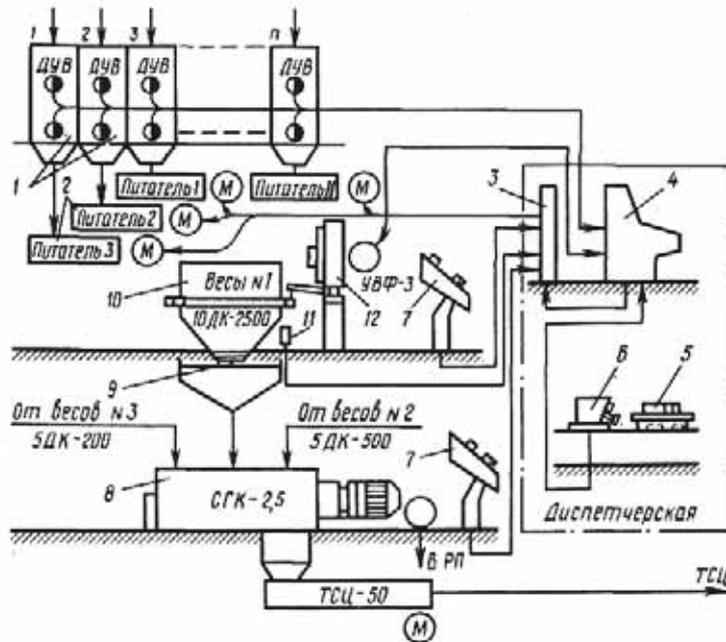


Рис. 12.2. Технологическая схема весового дозирования и смешивания компонентов комбикормов комплекса КДК-3: 1 – бункера для компонентов; 2 – шнековый питатель; 3 – релейная панель; 4 – пульт управления; 5 – перфоратор для нанесения задания на перфокарту; 6 – устройство считывания программы с перфокарты; 7 – пульт местного управления; 8 – смеситель; 9 – заслонка днища весов; 10 – весовой многокомпонентный дозатор; 11 – пневмопривод; 12 – фотоэлектрический указатель массы; ДУВ – преобразователь верхнего уровня; М – электродвигатели питателей и смесителя.

При включении дозатора в работу в соответствии с программой, заданной на перфокарте, срабатывает один из магнитных пускателей, который включает электродвигатель соответствующего питателя на большую скорость и происходит грубая подача продукта в ковш весов. Когда масса продукта в ковше достигнет около 95 % заданной по программе, электродвигатель питателя переключится на малую скорость. При достижении заданного значения массы питатель отключается и включается следующий, который работает аналогично.

После набора в ковш дозатора заданной по программе порции компонентов поступает команда на выпуск продукта. Включается магнит электровоздушного клапана, днище ковша открывается, и порция поступает в смеситель. Ковш весов опустошается, стрелка циферблатно-указательного прибора возвращается в исходное положение, поступает команда на отключение электровоздушного клапана, днище ковша закрывается, и цикл повторяется.

Структурная схема управления весовым дозированием и смешиванием (рис. 12.3) включает в себя устройство А ввода информации о за-

данной программе и текущей массе (устройство считывания программы с перфокарты типа УСПП-45 и указатель массы фотоэлектрический типа УВФ-3, смонтированный на циферблатном указателе), устройство управления *Б* и выходное устройство *В*, представляющее собой пускозащитную аппаратуру для включения питателей № 1–12 и смесителя, расположенного на релейной панели.

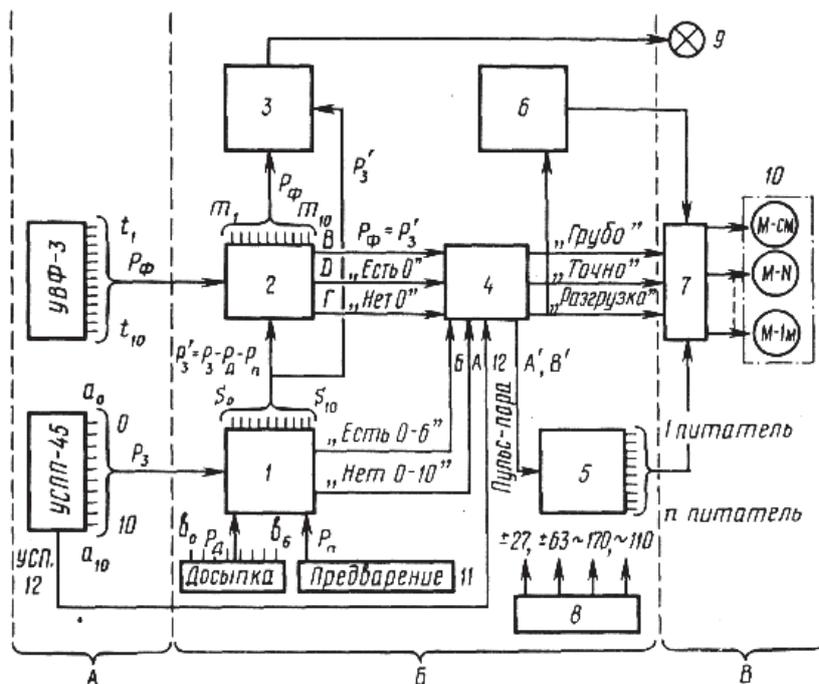


Рис. 12.3. Структурная схема управления весовым дозированием и смешиванием компонентов: *А* – входное устройство; *Б* – устройство управления; *В* – выходное устройство; 1 – блок сумматоров; 2 – блок индикации; 3 – блок контроля и сигнализации; 4 – блок управления; 5 – блок выбора питателей; 6 – блок управления смесителем; 7 – релейная панель; 8 – блок питания; 9 – сигнальная лампочка; 10 – электродвигатели питателей и смесителя; 11 – панели тумблеров задания массы, досыпки и предварения.

Устройство считывания программы с перфокарты УСПП-45 обеспечивает выдачу в блок сумматоров *1* команды заданной массы P_3 , которую задают на перфокарте ПК-45 в двоичном рефлексном коде, а также выдачу в блок управления *4* команды на разгрузку весов. Для пробивки кодовых отверстий на перфокарте применяют механизм записи программы МЗПП-45К. Команда заданной массы P_3 из УСПП-45 поступает в блок *1* по одиннадцати проводам 0...10 в виде комбинации электрических сигналов в двоичном рефлексном коде, а команда на разгрузку весов поступает на клемму «УСП, 12» в блок управления.

Указатель массы фотоэлектрический преобразует поворот кодового диска, зависящий от положения стрелки циферблатного указателя,

в комбинацию электрических сигналов, которые в двоичном рефлексном коде передают по десяти проводам t_1, \dots, t_{10} от УВФ-3 в блок индикации 2 значение фактической массы P_ϕ .

Блок сумматоров состоит из одиннадцати одноразрядных сумматоров и представляет собой электронное арифметическое устройство параллельного действия комбинационного типа. Блок сумматор 1 осуществляет операцию вычитания $P'_3 = P_3 - P_d - P_n$. На вход блока поступают сигналы: заданная масса P_3 от блока УСПП-45 по проводом a_0, \dots, a_{10} ; масса досыпки P_d , которую задают тумблерами на пульте по проводам b_0, \dots, b_6 , а выходом является сигнал P'_3 , поступающий по проводам S_0, \dots, S_{10} на блок индикации 2 и блок контроля и сигнализации 3, а также сигналы грубого взвешивания «Грубо» и точного взвешивания «Точно», поступающие по проводам А и Б в блок управления 4.

В блоке сумматоров при наличии сигнала на проводах b_0 и b_6 происходит формирование сигнала «Точно» и сигнала «Грубо» при отсутствии сигнала на проводах $0, \dots, 10$. Сигналы P_d и P_n формируются на платах «Досыпка» и «Предварение». На плате «Досыпка» тумблерами задают момент перехода каждого питателя с грубого режима работы на точный. Если необходимо, чтобы питатель работал только в режиме точного дозирования, тумблерами «Досыпка» набирают код 0–6.

Тумблерами на плате «Предварение» P_d учитывают столб падающего продукта по самотечной трубе от питателя до весов после остановки питателя, тем самым вводя упреждение в показание момента равенства $P_\phi = P_3$.

Блок индикации предназначен для сравнения фактической массы P_ϕ с заданной (с учетом досыпки) P_3 , при равенстве которых из блока 2 в блок 4 поступает сигнал равенства фактической и заданной массы $P_\phi = P_3$. Сигнал поступает по проводу В. Кроме этого, блок 2 формирует сигналы, поступающие в блок управления 4 по проводу Г – «Нет 0» шкалы и по проводу Д – «Есть 0» шкалы.

Блок контроля и сигнализации предназначен для обнаружения одиночных ошибок в работе сумматора, контроля осветителя указателя массы УВФ-3, заполнения и индикаций фактической массы P_ϕ и сигнализации общего состояния системы. Входными сигналами блока 3 служат инвертированные сигналы фактической массы P_ϕ , поступающие из блока 2 по проводам m_1, \dots, m_{10} , и сигнал заданной массы P_3 , поступающий из блока 1 по проводам S_0, \dots, S_{10} . Выходом блока 3 являются также сигналы, поступающие на различные сигнальные лампы пульта.

Блок управления, получая входные сигналы $P_\phi = P'_3$, «Есть 0» шкалы, «Нет 0» шкалы от блока индикации 2, сигналы «Грубо», «Точ-

но» и «Разгрузка» от блока сумматоров I и сигнал на разгрузку УСП, 12 от УСПП-45, формирует выходные сигналы, поступающие на релейную панель 7, от которых включается реле «Грубо», «Точно» и «Разгрузка».

Блок выбора питателей обрабатывает поступающие от пары блока управления 4 тактовые импульсы A' , B' , обеспечивающие работу регистра сдвига. Последний, в свою очередь, по одному включает реле питателей. Выходом блока 5 являются сигналы на включение соответствующих магнитных пускателей электродвигателей питателей.

Блок управления смесителем обеспечивает автоматическую работу смесителя по заранее заданному алгоритму.

Релейная панель состоит из промежуточных реле и пускозащитной аппаратуры, подающей напряжение на электродвигатели питателей и смесителя при соответствующих командах от блоков 4, 5 и 6.

Блок питания обеспечивает соответствующим напряжением все элементы системы управления. Входное напряжение 220 В, выходное: для питания диодно-транзисторных модулей – стабилизированное, выпрямленное 27 В ($I = 2$ А) и 6,3 В ($I = 0,5$ А); для питания блока 6 – переменное, 170 В; для питания осветителя УВФ-3 – переменное, 110В.

Система управления построена по блочному принципу. Функциональные блоки 1–6 также выполнены как совокупность блоков, состоящих, в свою очередь, из отдельных узлов (1–3). Узлы коммутируют схему блока с помощью штепсельных разъемов. Все узлы собраны с использованием бесконтактных логических элементов, в том числе микросхем К-155.

§ 3. АСУ ТП на комбикормовых заводах

Логическим завершением исследований и опыта внедрения и эксплуатации систем автоматизации управления комбикормовыми заводами является создание интегрированной АСУ ТП (ИАСУ). ИАСУ включает в себя техническое, программное, информационное, технологическое, организационное и кадровое виды обеспечения.

Интегрированная автоматизированная система управления (ИАСУ) выполняет следующие основные функции: непосредственное управление технологическими процессами на всех уровнях, выдачу информации о ходе технологических процессов и работе предприятия по участкам и цехам, учет и анализ хозяйственной деятельности предприятия, выработку решений по управлению, выполнение вспомогательных операций и т.д.

ИАСУ реализует свои функции на уровне агрегатов, технологических операций и участков по маршрутам (линиям), производственных

участков и цехов в режимах автоматического (прямого цифрового, аналогового или комбинированного) и автоматизированного (дистанционного, диалогового с участием оператора) управления. На уровне предприятия функции ИАСУ реализуются только в режиме автоматизированного управления.

Информационные функции системы используют для оперативно-технологических и учетно-аналитических задач. Информация представляется в виде световой индикации на мнемосхеме или экране дисплея, цифровой индикации на лампах или светодиодах, распечаток на бумажной ленте или бланках документов, на машинных носителях для передачи на другие уровни управления, в виде сигналов, циркулирующих в межмашинном обмене между ЭВМ различных уровней управления в самой ИАСУ.

Структурная схема ИАСУ комбикормового завода показана на рис. 12.4. Пульты управления агрегатами оснащаются микропроцессорными наборами, локальные пульта управления участками – микро-ЭВМ (например, СМ 1800), центральная диспетчерская – СМ ЭВМ (СМ 1420, СМ 1600 и т. п.). В ИАСУ входят следующие подсистемы: $1n$ – координация работы автоматизированного технологического комплекса; $2n$ – управление приемом сырья и отпуском готовой продукции; $3n$ – управление транспортно-технологическими маршрутами (СДАУ); $4n$ – управление участком дозирования и смешивания; $5n$ – управление участком гранулирования комбикормов; $6n$ – управление вводом жидких компонентов; $7n$ – организационно-экономическое управление.

Существенное отличие ИАСУ от традиционных АСУ ТП заключается в наличии подсистемы $7n$, которая позволяет усовершенствовать управление предприятием в целом, исключить промежуточные переброски информации вручную, разгрузить обслуживающий персонал от трудоемких вычислительных операций, ускорить получение и обработку информации для оперативного управления производством, автоматизировать анализ работы производственных участков, цехов и предприятия в целом и тем самым облегчить процесс принятия оптимального решения по управлению, автоматизировать бухгалтерский учет, что позволит оперативно управлять планово-финансовыми показателями и повышать эффективность работы предприятия.

Наибольший эффект ИАСУ может принести при работе предприятий в условиях рынка (полный хозрасчет и окупаемость).

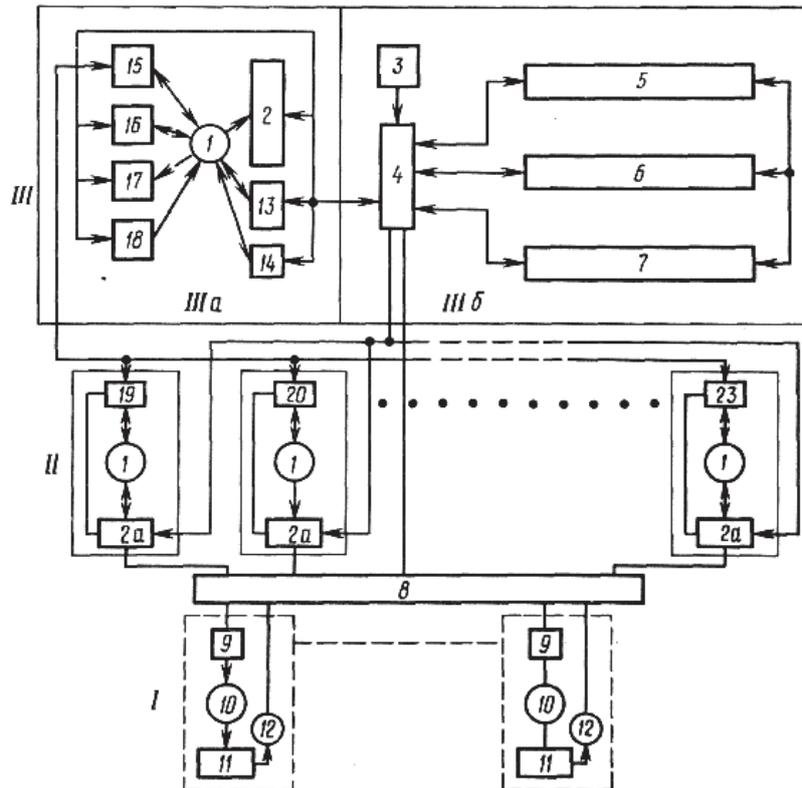


Рис. 12.4. Структурная схема ИАСУ комбикормового завода:

I – машины и механизмы (агрегаты); *II* – локальные пульты управления; *III* – центральный пульт управления; *IIIa* – центральная диспетчерская; *IIIб* – центральный распределительный пункт; 1 – оператор; 2 – центральный диспетчерский пульт и мнемосхема; 2а – локальные пульты управления; 3 – блок питания устройств автоматизации; 4 – центральный клеммный щит; 5 – панели управления электродвигателями; 6 – релейные панели; 7 – панели поиска неисправностей и контроля; 8 – распределительные пункты и децентрализованные клеммные щиты; 9 – пускозащитная аппаратура; 10 – электродвигатели; 11 – технологические машины; 12 – датчики; 13 – центральный пункт диспетчерской связи (телефонной, радио, телевизионной); 14 – пульт контроля и поиска неисправностей; 15 – ЭВМ подсистемы 1п; 16 – ЭВМ подсистемы 7п; 17 – устройство ввода информации; 18 – устройство вывода информации; 19 – ЭВМ подсистемы 2п; 20...23 – ЭВМ подсистем 3п...6п.

Вопросы к главе 12

1. Управление процессом измельчения зерна в САУ на бесконтактных элементах.
2. Автоматизация процессов дозирования и смешивания компонентов комбикормов.
3. АСУ ТП на комбикормовых заводах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. / Бесекерский В.А., Попов Е.П. – М.: 1972.
2. Бородин И.Ф., Судник Ю.А. Автоматизация технологических процессов. / Бородин И.Ф., Судник Ю.А. – М.: Издательство «Колос», 2007. – 344 с.
3. Гершунский Б.С. Основы электроники и микроэлектроники. / Гершунский Б.С. – М.: Высш. Шк. 1989. – 423 с.
4. Лукас В.А. Теория автоматического управления. / Лукас В.А. – М.: «Недра», 1990. – 416 с.
5. Проектирование радиоэлектронных средств: Учеб. пособие для вузов. / Под. ред. Алексеева О.В. – М.: Высш. Шк. 2000. – 479 с.
6. Справочник конструктора РЭА: Общие принципы конструирования / Под ред. Варламова Р.Г. – М.: Радио, 2000.
7. Технология радиоэлектронных устройств и автоматизация производства: Учебник / Достанко А.П., Ланин В.Л., Хмыль А.А., Ануфриев Л.П.; Под общ. ред. Достанко А.П. – Мн.: Высш. шк., 2002.
8. Шишмарев В.Ю. Типовые элементы систем автоматического управления. / Шишмарев В.Ю. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.
9. Черпаков Б.И., Вереина Л.И. Автоматизация и механизация производства. / Черпаков Б.И. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.

Учебное издание

ЛЕЛЮХ Борис Федорович

СПЕЦГЛАВЫ ПО АВТОМАТИКЕ

Учебное пособие

Научный редактор
*кандидат технических наук,
доцент О.Ю. Ретюнский*
Редактор *Л.А. Холопова*
Компьютерная верстка *Б.Ф. Лелюх*
Дизайн обложки *А.И. Сидоренко*

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 02.06.2011. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 10,4. Уч.-изд. л. 9,42.
Заказ 796-11. Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ . 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru