

**М.И.МИРСКИЙ**

# **РУДНИЧНАЯ АВТОМАТИКА**

2-е издание,  
переработанное и дополненное

Допущено  
Государственным комитетом СССР  
по народному образованию  
в качестве учебника  
для профессионально-технических училищ



МОСКВА "НЕДРА" 1992

ББК 33.1:31.29

М 63

УДК 622.012.2.06:658.52.011.56. (075.3)

Рецензент канд. техн. наук А.Д. Яризов

Мирский М.И.

М 63 Рудничная автоматика: Учеб. для учащихся профтехобразования и рабочих на производстве. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1992. - 159 с.: ил.

ISBN 5-247-01556-8

Изложены основы автоматического управления и телемеханизации. Рассмотрены элементы систем рудничной автоматики: датчики, реле контроля технологических параметров, усилители, логические элементы, исполнительные устройства. Приведены сведения по автоматизации контроля содержания метана в шахтной атмосфере. Описаны схемы и устройства автоматизации технологических процессов и основных объектов в шахтах. Второе издание (1-е изд. 1982) дополнено материалом по технологическим и вычислительным системам.

Для учащихся профессионально-технических училищ; может быть использован при профессиональном обучении рабочих на производстве.

М 2502010000-238  
043(01) - 92 КБ-11-36-92

ББК 33.1:31.29

ISBN 5-247-01556-8

© Издательство "Недра", 1982  
© М.И. Мирский, 1992, с изменениями и дополнениями

## ВВЕДЕНИЕ

Научно-техническая революция, вызванная успехами в создании полупроводниковых устройств и вычислительной техники на основе микроэлектроники, обусловила широкое развитие автоматизации производственных процессов во всех отраслях промышленности, в том числе и горнодобывающей. Как объект автоматизации шахты имеют следующие особенности:

непрерывное перемещение основных процессов - выемки угля из забоев и проведения подготовительных выработок;

тесная органическая взаимосвязь всех непрерывных и дискретных производственных процессов и необходимость их постоянного согласования;

изменяемость в сравнительно широких пределах внешних условий (мощности и гипсометрии пласта, крепости угля и породы, притока воды в горные выработки и др.), влияющих на производственные процессы;

высокие влажность и запыленность шахтной атмосферы и агрессивность шахтных вод, выделение метана и связанная с этим опасность взрыва при достижении опасной концентрации метановоздушной среды.

В настоящее время автоматизированы такие объекты шахт как центральный водоотлив, главные вентиляторные и калориферные установки, конвейерные линии, скиповые подъемные установки. Создаются аппаратура и системы дистанционного и автоматизированного управления очистными машинами и гидрофицированной крепью, что позволяет несколько облегчить тяжелый труд шахтеров путем вывода их из зоны работы комбайна на 15-20 м или вообще на штрек.

Разработана аппаратура автоматизации проходческих комбайнов со стреловидным рабочим органом, обеспечивающая автоматическую обработку забоя по заданному образцовому циклу, а также аппаратура автоматизации бурильных установок автоматического бурения шпуров по заданному паспорту буровзрывных работ.

Существующие автоматические системы управления шахтных машин и механизмов работают в основном по жесткой программе с соблюдением необходимых блокировочных зависимостей между отдельными операциями и с учетом различных технологических ограничений. Дальнейшее развитие автоматизации в горной промышленности, основанное на использовании микропроцессорной техники и микро-ЭВМ, направлено на создание экстремальных систем управления, обеспечивающих автоматический поиск таких режимов работы оборудования, при которых достигается оптимум по какому-либо заданному критерию, например по минимальному удельному расходу энергии в данной технологической операции.

Вспомогательные работы на шахтах крепление подготовительных выработок, укладка рельсового пути и другие эпизодически выполняемые работы - пока почти не механизированы и, следовательно, не автоматизированы. В этой области проводятся исследования и конструктивные проработки по созданию универсальных роботов-манипуляторов с дистанционным и автоматическим управлением.

Развитию средств и систем автоматизации производственных процессов на горнодобывающих предприятиях в СССР уделяется большое внимание. Для решения этих вопросов были созданы научно-исследовательские и проектно-конструкторские институты: Автоматуглерудпром (г.Конотоп), Гипроуглеавтоматизация (г.Москва), Автоматгормаш (г.Донецк). В области автоматизации работают также ИГД им. А.А. Скочинского, ВНИИГМ им. М.М. Федорова, некоторые учебные горные и политехнические институты. Изготавливают средства автоматизации на специализированных заводах: "Красном металлисте" (г.Конотоп), Днепропетровском, Прокопьевском, Макеевском шахтной автоматики и др.

# 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ АВТОМАТИКИ

## 1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

**Основные определения.** *Автоматика* это отрасль науки и техники, изучающая методы и технические средства, позволяющие осуществлять различные производственные процессы без непосредственного участия человека.

*Автоматизация производства* - это высшая ступень механизации, когда технические средства заменяют не только физический труд, но и умственную деятельность человека. Физиологические возможности органов чувств и мозга человека ограничены и он не может вести контроль за технологическим процессом и управлять им с такими точностью и скоростью, какие могут обеспечить современные средства автоматики. Автоматизация производства значительно облегчает труд человека, повышает его производительность и качество продукции, способствует сглаживанию между умственным и физическим трудом. В угольной промышленности автоматизация процессов, например добычи угля без постоянного присутствия людей в забое, повышает безопасность и улучшает условия труда.

**Характеристика производственных процессов на горных предприятиях как объектов автоматизации.** Производственные процессы на горных предприятиях имеют следующие особенности: непрерывное перемещение фронта очистных и подготовительных работ, соответствующего технологического оборудования (очистных и проходческих машин, забойных конвейеров и др.) и рабочих мест;

непрерывность технологической цепи по выемке и доставке на поверхность полезного ископаемого, обуславливающая необходимость постоянного согласования работы большинства объектов;

случайный характер нагрузки на большинство производственных объектов (на очистные машины влияют крепость угля, переменная мощность пласта; на конвейеры - производительность очистных машин; на насосные установки - приток воды и т.д.);

инерционность основных производственных процессов, обусловленная, например, транспортным запаздыванием;

необходимость обеспечения взрывобезопасности ведения работ в угольных и сланцевых шахтах, опасных по газу или пыли.

**Этапы автоматизации.** Различают три этапа автоматизации производственных процессов на горных предприятиях, отличающиеся уровнем и сложностью соответствующих автоматических систем.

*Частичная автоматизация* характеризуется работой в автоматическом режиме отдельных машин и агрегатов, не имеющих между собой функциональных связей и блокировок. Оператор задает

режим их работы и оценивает результат работы, вводя при необходимости соответствующие коррективы. На этом этапе не обеспечивается работа автоматизированных агрегатов в оптимальном режиме.

*Комплексная автоматизация*, при которой все агрегаты и машины, участвующие в технологическом процессе горнодобывающего предприятия (от забойных машин до оборудования комплекса погрузки полезного ископаемого в железнодорожные вагоны), работают в автоматическом режиме и объединены общей системой управления. Выбор режимов работы агрегатов производится операторами. Свои действия они согласуют через горного диспетчера шахты. Поэтому для данного этапа автоматизации характерно наличие центрального диспетчерского пункта (ЦДП), оснащенного техническими средствами контроля, управления и связи.

*Полная автоматизация* является высшим этапом, когда автоматизируется управление не только отдельными агрегатами и комплексами, но и производством горного предприятия в целом. Для этого этапа характерно широкое применение телемеханических систем управления и контроля и управляющих электронных вычислительных машин (УЭВМ), в которых анализируется поступающая информация о ходе производственных процессов и вырабатываются команды, обеспечивающие работу всех агрегатов в оптимальном режиме. Эти технические средства составляют основу автоматизированной системы управления предприятием (АСУП).

## 1.2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

**Основные элементы.** Системы автоматики состоят из объекта управления (или регулятора) и управляющего устройства (или регулятора). Они могут быть разделены на отдельные элементы, выполняющие определенные функции. Большая часть элементов управляющего устройства (регулятора) производит действия, которые при ручном управлении выполняет человек.

Рассмотрим для примера ручное и автоматическое регулирование напряжения генератора постоянного тока  $G$  (объекта регулирования  $OP$ ), включенного на нагрузку - двигатель  $M$  (рис. 1).

При колебаниях момента сопротивления  $M$  на валу двигателя меняется в соответствии с выражением  $M = K\Phi I_{\text{нагр}}$  ток нагрузки  $I_{\text{нагр}}$  и, следовательно, ток якоря генератора  $I_{\text{я}} = I_{\text{нагр}} + I_{\text{в.г.}}$ . В результате согласно выражению  $U = E - I_{\text{я}}R_{\text{я}} = S\Phi n - I_{\text{я}}R_{\text{я}}$  [3] изменяется напряжение  $U$  генератора. Чтобы поддержать его постоянным, необходимо регулировать магнитный поток  $\Phi$  генератора, т.е. его ток возбуждения  $I_{\text{в.г.}}$ , связанный с потоком прямой зависимостью. Для этого в цепь обмотки возбуждения вводят реостат  $R$ .

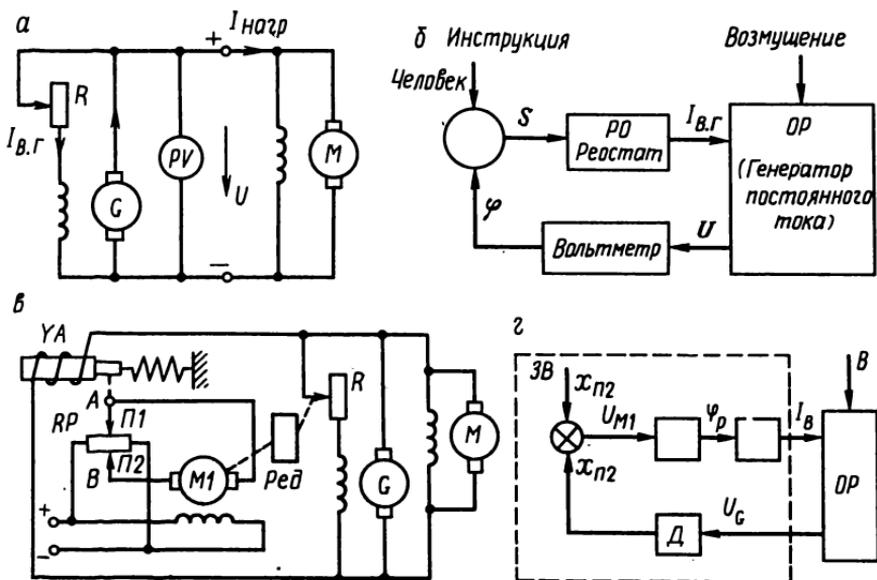


Рис. 1. Принципиальные электрические схемы (а, в) и функциональные схемы (б, г) ручного и автоматического регулирования напряжения генератора постоянного тока

При ручном управлении (рис. 1, а, б) человек выполняет следующие операции: наблюдает за положением стрелки вольтметра  $PV$  (углом ее поворота  $\varphi$ ); сравнивает текущее значение управляемой величины (напряжения  $U$ ), т.е. ее фактическое значение в данный момент времени с напряжением, заданным по инструкции; при наличии разности текущего и заданного значений напряжений, т.е. рассогласования, перемещает ползунок реостата  $R$  в соответствующую сторону на необходимое расстояние  $S$ , при котором ток возбуждения  $I_{в.г}$  изменяется так, чтобы указанная разность стала равной нулю.

Рассмотрим систему автоматического регулирования (САР) напряжения генератора постоянного тока, в которой в качестве измерителя фактического напряжения принят электромагнит  $YA$  с противодействующей пружиной (рис. 1, в). Якорь его связан с ползунком  $П1$  потенциометра  $RP$ . При этом каждому значению напряжения генератора соответствует определенное значение положения ползунка  $П1$  и, следовательно, потенциала точки  $A$ . Ползунок реостата  $R$  в данной САР перемещается двигателем  $M1$ , выполняющим функцию исполнительного устройства.

Система работает следующим образом. При увеличении напряжения генератора  $G$  свыше заданного втягивающее усилие электромагнита  $YA$  возрастает и его якорь вместе с ползунком  $П1$  потенциометра  $RP$  перемещается влево. Между точками  $A$  и  $B$  возникает разность потенциалов, и двигатель  $M1$  начинает

вращаться в сторону, соответствующую уменьшению тока возбуждения и, следовательно, напряжения генератора. При этом якорь электромагнита  $YA$  вместе с ползунком  $П1$  под действием пружины перемещается вправо. Когда напряжение генератора снизится до заданного значения, ползунок  $П1$  займет положение против ползунка  $П2$ , разность потенциалов между точками  $A$  и  $B$  станет равной нулю и двигатель  $M1$  остановится. Аналогично работает система при снижении напряжения.

Заданное значение напряжения, т.е. уставку, в данной САР изменяют перемещением ползунка  $П2$  потенциометра  $RP$ .

Функциональная схема рассмотренной САР показана на рис. 1, г. Регулятор в этой системе выполняет простейшую логическую функцию: "Если напряжение ниже заданного, то необходимо увеличить ток возбуждения; если напряжение превышает заданное, - уменьшить ток возбуждения". Элемент, оценивающий соотношение текущего и заданного значений регулируемой величины, называется *элементом сравнения (ЭС)*. В рассматриваемой системе - это потенциометр  $RP$  с ползунками  $П1$  и  $П2$  (см. также рис. 1, в). При рассогласовании текущего  $x_{11}$  и заданного  $x_{12}$  значений с элемента сравнения ЭС подается воздействие на двигатель  $M1$ , выполняющий вместе с редуктором  $Ред$  функцию *исполнительного механизма ИМ* - элемента САР, служащего для приведения в действие *регулирующего органа РО*. Такое воздействие называется *управляющим*. Оно формируется в управляющем устройстве (регуляторе) и обеспечивает изменение регулируемой величины в соответствии с заданием. Воздействия передаются с помощью сигналов. Регулирующий орган служит для непосредственного воздействия на *объект регулирования ОР* в соответствии с управляющим сигналом.

Исполнительный механизм *ИМ* и регулирующий орган *РО* образуют цепь прямого канала управления, по которой передаются управляющие воздействия к объекту регулирования.

Под влиянием возмущающих воздействий  $B$  регулируемая величина отклоняется от заданного значения. В рассматриваемой САР возмущающим воздействием служит изменение нагрузки ( $I_{нагр}$ ) генератора.

Элемент, с помощью которого в систему вводится сигнал о текущем значении регулируемой величины (в данной САР - электромагнит  $YA$ ), называется *измерительным преобразователем (датчиком)*. Датчик  $YA$  создает цепь передачи воздействия от выхода системы (объекта регулирования  $ОР$ ) к ее входу (элементу сравнения ЭС), называемую *цепью главной обратной связи*. В результате образуется *замкнутая система регулирования*. В системах автоматического регулирования применяется отрицательная обратная связь, при которой изменение сигнала обратной связи в результате появления рассогласования вызывает действие регулятора, направленное на уменьшение рассогласования.

В каждом элементе системы различают *вход* и *выход*. На вход

элемента подается *входной сигнал*, который определенным образом преобразуется в *выходной*,  $\varphi$  являющийся входным для следующего элемента. Часто входной и выходной сигналы имеют различную физическую природу. Так, входным сигналом исполнительного механизма *ИМ* (двигателя *М1* с редуктором *Ред*) служит напряжение  $U_{M1}$ , выходным - угол поворота  $\varphi_p$  регулирующего органа *РО* (ползунок реостата *R*).

Элемент сравнения имеет два входа. На один из них подают задающее воздействие *ЗВ*, необходимое для поддержания регулируемой величины на определенном уровне или изменения ее по заданному закону, на другой сигнал от датчика. В данной САУ задающее воздействие устанавливают вручную перемещением ползунка *П2* потенциометра *РР*.

Почти все элементы САУ и САР могут передавать воздействия только в одном направлении. Например, в датчике (электромагните *YA*) изменение напряжения *UG* на его входе вызывает перемещение якоря, т.е. изменение координаты  $x_{n1}$ . В обратном направлении этот процесс идти не может.

САР и САУ могут содержать кроме показанных на рис. 1 элементов различные усилители в цепи управления и в цепи главной обратной связи. С другой стороны, некоторые элементы могут отсутствовать, например, исполнительное устройство.

**Классификация.** Системы автоматике делятся на системы автоматического управления (САУ), системы автоматического регулирования (САР) и системы автоматического контроля.

САУ это более общее понятие. Так, САУ каким-либо технологическим процессом могут содержать несколько САР отдельными объектами. Например, в САУ шахтной подъемной установки входят САР загрузки скипов по весу и САР тормозом подъемной машины.

К САУ относят также *разомкнутые системы автоматике*, т.е. системы, не имеющие цепи главной обратной связи. Они делятся на *системы с жесткой программой* и *системы с воздействием по возмущению*.

Системы автоматического регулирования (САР) замкнутые. Они классифицируются по следующим основным признакам:

по роду задачи регулирования - на системы стабилизации, программные и следящие;

в зависимости от источника получения энергии исполнительным механизмом - на системы прямого и непрямого регулирования;

по характеру регулирования по времени - на непрерывные и дискретные системы;

по свойствам в установившемся режиме на статические и астатические системы.

*Системы автоматической стабилизации* - это САР, в которых заданное значение регулируемой величины постоянно, например система стабилизации нагрузки на двигатель комбайна.

*Системы программного регулирования* - это САР, в которых

заданное значение регулируемой величины изменяется во времени по определенной программе, например скорость скипа при подходе и движении его в разгрузочных кривых.

*Следящие системы* характеризуются произвольным законом изменения заданного значения регулируемой величины во времени.

*САР прямого действия* это такие системы, в которых исполнительный механизм получает энергию только от датчика.

*САР непрямого действия* характеризуется тем, что датчик воздействует на реагирующий орган через усиливающие элементы, которые получают энергию от постороннего источника.

*Непрерывные САР* - это системы, в которых непрерывному изменению регулируемой величины соответствует непрерывное изменение всех управляющих сигналов.

*Дискретные САР* характеризуются тем, что непрерывному изменению регулируемой величины соответствует дискретное изменение сигналов хотя бы в одном из основных элементов цепи управления.

*Статические САР* - это системы, в которых значение регулируемой величины в установившемся режиме (по окончании переходного процесса) зависит от значения возмущающего воздействия.

*Астатические САР* - это системы, в которых при любых значениях возмущающего воздействия регулируемая величина по окончании переходного процесса принимает заданное значение.

### 1.3. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ

Системы автоматического управления. На рис. 2,а показана функциональная схема САУ с жесткой программой. Сигнал задания  $Z$  подается на управляющее устройство  $УУ$ , с которого сигнал управления через усилитель  $У$ , исполнительный механизм  $ИМ$  и регулирующий орган  $РО$  передается в объект управления  $ОУ$ . На объект управления действует возмущение  $B$ , вследствие чего фактическое значение выходной величины может заметно отличаться от заданного. Поэтому системы с жесткой программой применяют в случаях, когда точное выполнение программы не требуется, например при пуске и останове различных машин (вентиляторов, компрессоров и др.).

В САУ с воздействием по возмущению, функциональная схема которой показана на рис. 2,б, управляющее воздействие формируется не только в зависимости от задания, но также и от основного возмущения, за которое принимают возмущающее воздействие, наиболее резко влияющее на ход процесса. Остальные возмущающие воздействия называют второстепенными возмущениями. Чтобы учесть основное возмущение  $B_1$ , его измеряют датчиком  $D$  и усиленный усилителем  $У2$  сигнал, пропорциональ-

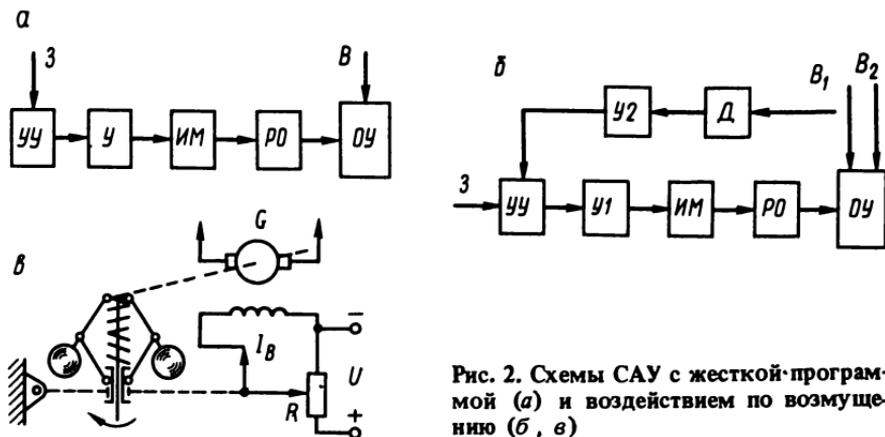


Рис. 2. Схемы САУ с жесткой программой (а) и воздействием по возмущению (б, в)

ный возмущению, подают на второй вход управляющего устройства УУ, который суммирует сигналы задания  $Z$  и усилителя  $У2$ .

В частном случае усилители  $У1$  и  $У2$  могут отсутствовать.

САУ с воздействием по возмущению совершенно не реагируют на второстепенные возмущению (например,  $B2$  на рис. 2,б), вызывающие в системе управления погрешности, которые она исправить не в состоянии. В некоторых случаях выходная величина с течением времени под действием второстепенных возмущений может отклониться от заданного значения настолько, что система окажется неработоспособной.

На рис. 2,в показана схема разомкнутой САУ генератора постоянного тока с воздействием по возмущению. За основное возмущение принято изменение частоты вращения. Компенсация его производится изменением магнитного потока.

Системы автоматического регулирования. Наибольшее распространение в горной промышленности получили системы автоматической стабилизации и программные системы регулирования. По построению они аналогичны. Рассмотрим различные САР и их характерные особенности в соответствии с их классификацией (см. 1.2).

Примером САР прямого действия, в которой для перемещения регулирующего органа не требуется дополнительного источника энергии, может служить САР напряжения генератора постоянного тока (рис. 3,а). В качестве датчика напряжения в этой системе используется электромагнит  $УА$  с пружиной, якорь которого связан с ползунком реостата  $R2$  в цепи обмотки возбуждения генератора  $G$ . При изменении напряжения  $U_r$  генератора, например, при его уменьшении, якорь электромагнита несколько опустится и переместит ползунок реостата  $R2$  вниз, т.е. в сторону, соответствующую увеличению тока возбуждения, магнитного потока и напряжения. Заданное напряжение генератора устанавливают с помощью реостата  $R1$ .

В системах прямого действия датчик должен иметь доста-

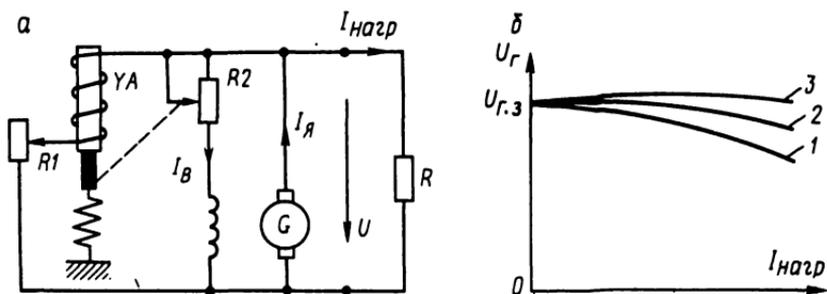


Рис. 3. Схема статической САР напряжения генератора (а) и ее характеристики (б)

точную мощность, чтобы перемещать регулирующий орган. Поэтому в рудничной автоматике, где подавляющее большинство датчиков выполняются искробезопасными (т.е. они имеют весьма малую мощность), системы прямого действия не применяются.

В САР непрямого действия для перемещения регулирующего органа необходимо усиливать сигнал датчика. Для этого применяют различные усилители. В релейных системах одним из видов дискретных САР с этой целью применяют реле, контакторы, соленоиды. САР непрямого действия, в которой для перемещения регулирующего органа (ползунок реостата) использован электродвигатель, была рассмотрена выше (см. рис. 1, в, з).

Статической САР в соответствии с приведенным выше определением является САР напряжения генератора, схема которой показана на рис. 3, а. При отсутствии регулятора напряжения на генераторе с увеличением нагрузки ( $I_{нагр}$ ) снижалось бы по внешней характеристике генератора (кривая 1, рис. 3, б). Снижение напряжения компенсируется регулятором (электромагнитом  $YA$  с пружиной) путем увеличения магнитного потока, т.е. путем перемещения ползунок реостата  $R2$  вниз. Каждому значению  $I_{нагр}$  в установившемся режиме соответствует определенное положение ползунок реостата  $R2$ , т.е. определенное положение жестко связанного с ним якоря электромагнита  $YA$  и, следовательно, определенное напряжение генератора. Зависимость напряжения на генераторе от нагрузки при включенном регуляторе называется *статической характеристикой системы* (кривая 2).

Примером астатической САР может служить САР напряжения генератора, рассмотренная в 1.2 (см. рис. 1, в, з). Характерная особенность астатических САР состоит в том, что при одном и том же значении регулируемой величины (в данном примере - напряжения генератора) регулирующий орган (ползунок реостата  $R$ ) может занимать различные положения. Астатическая характеристика системы показана кривой 3 на рис. 3, б.

Рассмотренные выше САР это непрерывные системы. В горной промышленности их применяют в системах стабилизации двигателей рабочих органов на очистных и проходческих комбайнах, в регуляторах давления на тормозах подъемных машин и др.

Дискретные САР делятся на релейные и импульсные. Релейной САР называется такая система, в которой хотя бы один основной элемент обладает релейной характеристикой. Обычно таким элементом является датчик. Примером релейной САР может служить система автоматизации водоотливных установок (см 7.1). Она по существу представляет собой релейную САР уровня воды в водосборнике, являющемся объектом регулирования. Регулирующим органом служит главный насос, а исполнительным механизмом - его двигатель. Возмущающее воздействие в этой системе приток воды в водосборник, основной измерительный элемент системы - датчик верхнего уровня воды. Когда поднимающийся уровень воды достигнет этого датчика, замкнется электрическая цепь и включится насос. Так как его подача больше притока воды в водосборник, уровень воды будет опускаться и контакт между водой и датчиком верхнего уровня разорвется. Во избежание частых включений и отключений насоса в нижней части водосборника устанавливают дополнительный датчик (датчик нижнего уровня) и цепь управления двигателем насоса собирают так, чтобы он отключался, когда вода опустится до отметки датчика нижнего уровня.

#### 1.4. ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Характеристики элементов систем автоматики. К ним относятся статическая и переходная характеристики.

Статистическая характеристика функциональных элементов САР и САУ представляет собой зависимость между выходной  $y$  и входной  $x$  величинами элемента, т.е.  $y=f(x)$ . Различают линейные (рис. 4,а) и нелинейные (рис. 4,б,в) статистические характеристики. Характеристику 1 (рис. 4,б) имеют элементы, обладающие свойством насыщения; характеристика 2 (рис. 4,б) имеет зону нечувствительности от  $x_2$  до  $x_1$ , в пределах которой изменение входной величины  $x$  не приводит к изменению величины  $y$ . Характеристика на рис. 4,в называется *релейной*. Выходная величина при этой характеристике может принимать только два значения  $y_{\min}$  и  $y_{\max}$ .

Для статических характеристик различают:

*статический коэффициент передачи*  $k = y/x$ . Для линейной характеристики, проходящей через начало координат (прямая 1, рис. 4,а), значение  $k$  постоянно во всех точках, т.е.

$$k = y/x = tg\alpha_1 = \text{const.}$$

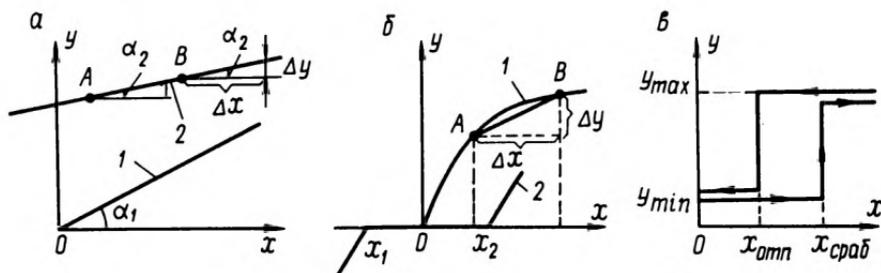


Рис. 4. Статические характеристики элементов систем автоматики; а - линейные; б - нелинейные

дифференциальный коэффициент передачи в данной точке характеристики  $k' = \Delta y / \Delta x$ . Для линейных характеристик (прямая 2, рис. 4, а) значение его постоянно:  $k' = \Delta y / \Delta x = \text{tg} \alpha_2 = \text{const}$ , а в частном случае (прямая 1)  $k' = k$ .

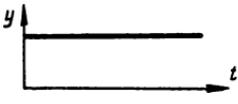
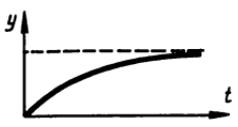
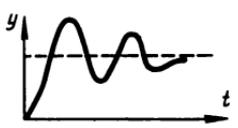
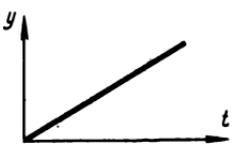
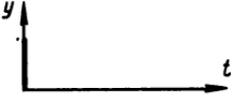
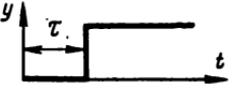
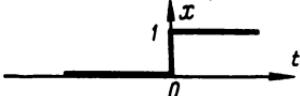
Чтобы определить дифференциальный коэффициент передачи в некоторой точке нелинейной характеристики (например, в точке А кривой 1, рис. 4, б), участок кривой вблизи этой точки линеаризуют, т.е. заменяют отрезком прямой, например АВ, и вычисляют  $k'$  как указано выше. Если известно аналитическое выражение статической характеристики, то дифференциальный коэффициент передачи в любой точке характеристики можно определить, вычислив значение производной в этой точке.

Переходная характеристика оценивает динамические особенности элементов САР и САУ, т.е. их свойства в неустановившихся (переходных) режимах. Эти особенности связаны: во-первых, с инерционностью отдельных элементов, обусловленной наличием массы движущихся частей, теплоемкостью нагреваемых тел, способностью элементов накапливать энергию (вследствие индуктивности катушек, емкости конденсаторов, упругости пружин и др.); во-вторых, с возможностью обмена энергией между элементами систем, например, между конденсатором и индуктивной катушкой в LC-цепях или между двумя упругими конструктивными деталями.

Для анализа работы систем автоматики в неустановившихся режимах их разделяют на так называемые типовые динамические звенья, каждое из которых независимо от выполняемой функции, конструкции и физической основы его действия описывается одинаковым математическим выражением.

Переходная характеристика представляет собой график изменения во времени выходной величины  $y$ , т.е. функцию  $y = f(t)$ , при скачкообразном воздействии величины  $x$  с амплитудой  $x = 1$  и условии, что до приложения воздействия значения  $x$  и  $y$  были равны нулю. По виду переходной характеристики различают следующие динамические звенья: безынерционное, аperiodическое, колебательное, интегрирующее, диф-

Т а б л и ц а 1. **Переходные характеристики типовых динамических звеньев**

Динамическое звено	Переходная характеристика	Пример динамического звена
Безынерционное		Рычажная передача; редуктор; электронный усилитель
Апериодическое		Генератор постоянного тока; электрическая RC- или RL-цепь; тепловые устройства
Колесательное		Электродвигатель; электрический колебательный контур; механические системы
Интегрирующее (астатическое)		Гидроцилиндр (у-ход поршня); Электродвигатель (у-угол поворота); бункер (у-количество вещества в нем)
Дифференцирующее		Механический демпфер; конденсатор в цепи постоянного тока (у-ток)
Постоянного запаздывания ( $\tau$ )		Трубопроводы; конвейеры; линии связи
Примечание. График воздействия входной величины имеет вид:		

ференцирующее, постоянного запаздывания. Графики переходных характеристик и примеры этих звеньев даны в табл. 1 [2]. Там же показан график воздействия входной величины  $x = f(t)$ .

Показатели работы систем автоматического регулирования. Основные требования, предъявляемые к САР в отношении их работоспособности, состоят в том, что САР должны быть устойчивыми и иметь заданные показатели качества регулирования.

Под устойчивостью САР понимают ее способность возвращаться к установившемуся состоянию после снятия возмущающего

воздействия. Переходный процесс может происходить различным образом.

На рис. 5,а,б показаны графики переходных процессов устойчивых систем, у которых регулируемая величина переходит к новому установившемуся состоянию, т.е. от  $U_{уст1}$  к  $U_{уст2}$  соответственно монотонно (апериодически) или с затухающими колебаниями. Такой переходный процесс называется *сходящимся*.

Графики *расходящихся* переходных процессов апериодических и с возрастающими по амплитуде колебаниями - показаны на рис. 5, в, г. Такие графики имеют неустойчивые системы.

Качество процесса регулирования оценивается следующими показателями:

*статической ошибкой САР* (для статических систем), представляющей собой максимальное отклонение регулируемой величины при максимальном отклонении нагрузки;

*перерегулированием* - максимальным отклонением регулируемой величины от нового установившегося значения.

*временем регулирования* отрезком времени от начала переходного процесса до момента, когда регулируемая величина достигнет 95% - нового установившегося значения.

На рис. 5,д показан график процесса регулирования при сбросе нагрузки от номинального значения. Регулируемая величина при этом изменяется от  $U_{уст.ном}$  до  $U_{уст}$ . Разность этих значений представляет собой статическую ошибку  $\delta$ .

В отношении качества регулирования к САР обычно предъявляют следующие требования: статическая ошибка  $\delta$  не должна

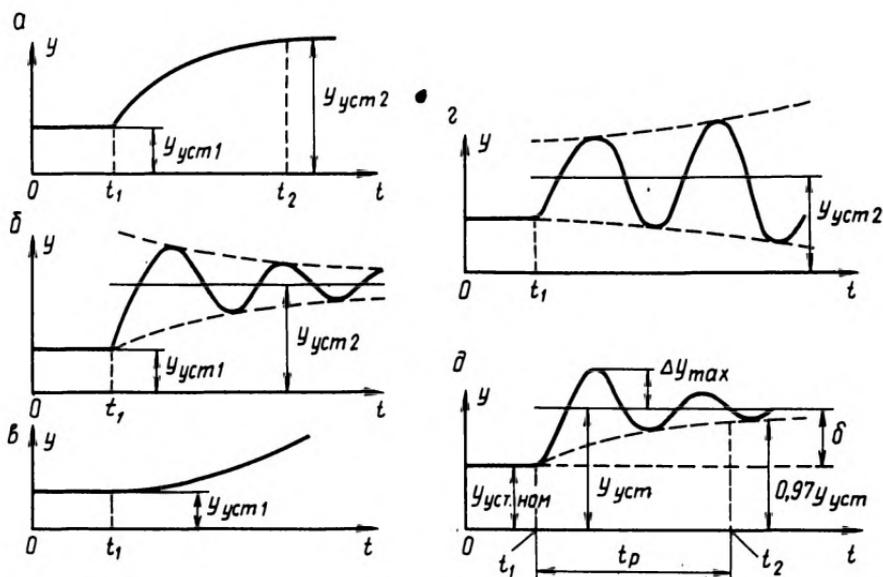


Рис. 5. Графики переходных процессов в САР

превышать 3-5% уст.ном; перерегулирование  $\Delta u_{\max}$  не должно превышать допустимого для данной системы значения; время регулирования  $t_p$  должно соответствовать установленному для данной САУ в зависимости от особенностей технологического процесса.

### Контрольные вопросы

1. Как классифицируют системы автоматики по назначению?
2. Назовите функции отдельных элементов САУ и САР.
3. Каковы характерные черты различных этапов автоматики?
4. По каким признакам и как классифицируют САР?
5. Как работают САУ с воздействием по возмущению?
6. Чем отличаются статические и астатические САР?
7. Назовите виды статических характеристик функциональных элементов.
8. Изобразите переходные характеристики типовых динамических звеньев и приведите примеры.
9. Назовите показатели качества процесса регулирования.

## 2. ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ

### 2.1. ДАТЧИКИ

**Общие сведения.** Датчики - это элементы систем автоматики, осуществляющие ввод в систему сигналов о текущем значении регулируемой величины. Они преобразуют регулируемую величину в другую, более удобную для дальнейшего использования. Поскольку подавляющее большинство систем рудничной автоматики - электрические, ниже рассматриваются датчики, в которых регулируемая (контролируемая) величина преобразуется в электрическую.

Основной характеристикой датчиков служит выходная характеристика - зависимость выходной величины  $y$  от входной  $x$ , т.е.  $y = f(x)$ , от вида которой зависят свойства не только самого датчика, но и всей системы автоматики.

Преобразование контролируемой датчиком величины в электрический сигнал может осуществляться не одним элементом, а несколькими последовательно действующими элементами. Например, во многих датчиках, контролирующих давление, оно сначала преобразуется в перемещение промежуточного элемента, а затем - в электрическую величину. Совокупность элементов датчика, обеспечивающих все преобразования, называется *измерительной цепью датчика*, а первый в измерительной цепи преобразовательный элемент, находящийся под непосредственным воздействием контролируемой величины, - *чувствительным элементом*.

Измерение контролируемой величины и ее дальнейшее преобразование могут осуществляться методом непосредственной

оценки и методом сравнения. При первом методе выход чувствительного элемента присоединяется к входу следующего элемента датчика. Этот метод, как более простой, получил преимущественное распространение. Реже применяется метод сравнения, при котором выходной сигнал чувствительного элемента сравнивается с соответствующим параметром меры сравнения. Например, для измерения температуры сопротивление чувствительного элемента включается в плечо измерительного моста, а выходной сигнал снимают с диагонали моста. Измерение по этому методу более точное.

**Классификация.** В зависимости от вида электрической выходной величины различают генераторные и параметрические датчики.

*Генераторные датчики* (например, термопара, пьезоэлектрический датчик, тахогенератор) преобразуют входную неэлектрическую величину в соответствующую э.д.с.

*Параметрические датчики* преобразуют изменение входной величины в изменение какого-либо параметра электрической цепи, в соответствии с чем они делятся на датчики активного сопротивления, индуктивные и емкостные.

В зависимости от вида входной величины различают датчики: перемещения; уровня жидких и сыпучих тел; скорости и частоты вращения; усилия и давления; расхода газов и жидкости; температуры; содержания метана в атмосфере горных выработок; нагрузки электродвигателей и др.

Иногда датчикам дают название по тому явлению, которое используется для преобразования неэлектрической величины в электрическую, например, индукционные, пьезоэлектрические и др.

Часто датчики классифицируют по виду использованного в нем устройства, например: реостатные, трансформаторные, поплавковые, контактные.

По виду выходной характеристики  $y = f(x)$  различают датчики с непрерывной однозначной зависимостью выходной величины от входной и с релейной зависимостью.

В датчиках первого типа стремятся получить пропорциональную зависимость между выходной и входной величинами, т.е. линейную характеристику  $y = f(x)$ , при которой статический коэффициент передачи  $k = y/x$  постоянен.

В датчиках релейного типа при изменении входной величины до определенного значения выходная величина остается постоянной, а затем скачком изменяется и при дальнейшем изменении входной величины сохраняет новое значение (см. рис. 4, а). Большинство датчиков с релейной характеристикой относятся к контактным, но и на бесконтактных элементах можно построить датчик релейного типа.

Рассмотрим применяемые в рудничной аппаратуре датчики в соответствии с их классификацией по виду входной величины.

**Датчики перемещения (положения подвижных частей) широко**

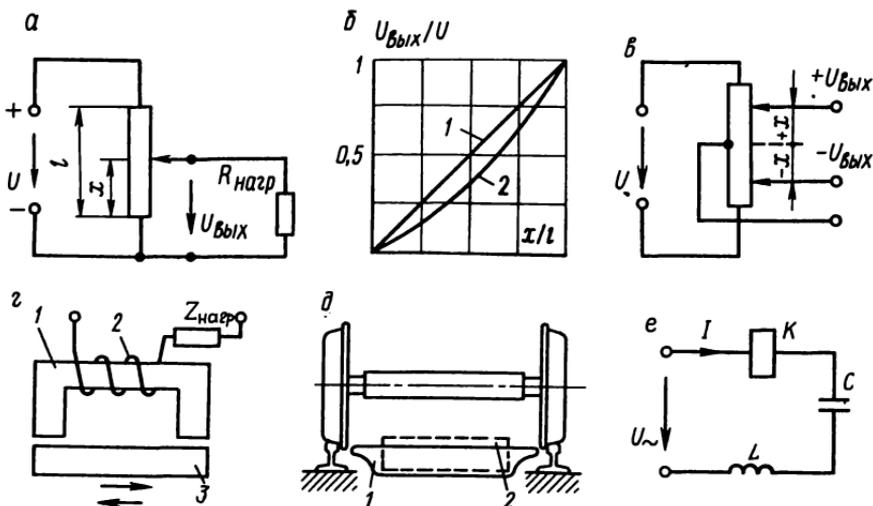


Рис. 6. Датчики перемещения

используются в системах рудничной автоматики для контроля положения подъемных сосудов, стопоров, вагонеток и другого горного оборудования. В качестве датчиков с однозначной зависимостью  $y = f(x)$  применяют реостатные и индуктивные датчики, в которых перемещение преобразуется в изменение соответственно активного и индуктивного сопротивления.

Реостатные датчики представляют собой переменные резисторы поворотного типа или с поступательным ходом ползунка. Они обычно включаются по схеме потенциометра (делителя напряжения). Если контролируемый объект перемещается только в одну сторону от исходного положения, то датчик включают по схеме, показанной на рис. 6, а. Выходное напряжение  $U_{\text{вых}}$  связано с входной величиной (перемещением  $x$ ) соотношением

$$U_{\text{вых}} = U \frac{x/l}{1 + \frac{R}{R_{\text{нагр}}} \left( \frac{x}{l} - \frac{x_2}{l_2} \right)}, \quad (1)$$

которое получено исходя из того, что напряжение  $U$  распределяется между верхней и нижней (по отношению к ползунку) частями реостата  $R$  пропорционально соответственно сопротивлению верхней части и эквивалентному сопротивлению соединенных параллельно нижней части реостата и нагрузки ( $R_{\text{нагр}}$ ).

Из формулы (1) видно, что при отсутствии нагрузки ( $R_{\text{нагр}} = \infty$ )  $U_{\text{вых}}/U = x/l$ . Следовательно, выходная характеристика  $y = f(x)$  в этом случае - линейная (прямая 1, рис. 6, б). При подключении нагрузки пропорциональная зависимость выходного напряжения нарушается. Наибольшее отклонение характеристики от линейной (при  $x/l = 0,5$ ) зависит также от соотношения

$R_{\text{нагр}}/R$ . Так, при  $R_{\text{нагр}}/R = 1$  выходное напряжение, как следует из формулы (1), составляет 0,8 от значения  $U_{\text{вых}}$  при  $R_{\text{нагр}} = \infty$ . Чтобы отклонение не превышало 1%, необходимо соотношение  $R_{\text{нагр}}/R \geq 25$ .

Если контролируемый объект может перемещаться в обе стороны от исходного положения, то датчик включают по схеме, показанной на рис. 6,в. Тогда каждому направлению перемещения будет соответствовать определенная полярность выходного напряжения.

Простейший индуктивный датчик (рис. 6,г) состоит из неподвижной части 1 магнитопровода с катушкой 2 и подвижной части 3, связанной с контролируемым объектом. Последовательно с катушкой включена нагрузка  $Z_{\text{нагр}}$ . Действие датчика основано на изменении магнитного сопротивления цепи и, следовательно, индуктивного сопротивления катушки при перемещении подвижной части 3.

К датчикам перемещения с релейной выходной характеристикой относятся путевые и конечные выключатели. Широко применяется взрывобезопасный конечный выключатель ВКВ-380М. В корпусе выключателя размещена контактная система, состоящая из замыкающего и размыкающего контактов. Через крышку корпуса проходит валик, на конце которого закреплен рычаг с роликом. Контролируемый объект через ролик воздействует на рычаг, в результате чего контакты переключаются. Для контроля перемещения составов на рельсовом транспорте используют путевые датчики pedalного типа.

Недостаток путевых и конечных датчиков (выключателей) - значительный механический износ, особенно при частых переключениях. Этому недостатка лишены индуктивные и фотоэлектрические датчики, в измерительную цепь которых включено электромагнитное реле. На рис. 6,д показана установка рельсового датчика ДР-600 (ДР-900); состоящего из разомкнутого магнитопровода 1 и катушки 2, а на рис. 6,е - его электрическая схема. Параметры элементов цепи подобраны так, что когда над датчиком не находится вагонетка, индуктивное сопротивление катушки  $L$  меньше емкостного сопротивления конденсатора  $C$  ( $X_L < X_C$ ). Ток  $I$ , проходящий по катушке реле  $K$ , недостаточен для его срабатывания. При прохождении над датчиком колесной пары 3 вагонетки или электровоза индуктивное сопротивление катушки  $L$  увеличивается до значения  $X_L > X_C$ , при котором наступает резонанс напряжений. Ток в цепи резко увеличивается и реле включается.

Действие фотоэлектрических датчиков перемещения основано на изменении светового потока непрозрачным контролируемым объектом, движущимся между осветителем и чувствительным элементом, например фоторезистором или фотодиодом.

Датчики уровня жидкости и сыпучих материалов (угля, породы) применяются для контроля заполнения водосборников

автоматизированных водоотливных установок и бункеров при автоматизации погрузочных пунктов, в качестве датчика защиты в местах пересыпа угля с одного конвейера на другой и т.д. Конструкции датчиков уровня весьма разнообразны. Большая часть их имеет релейную характеристику. Наиболее простой и распространенный - электродный датчик уровня ЭД (рис. 7,а), используемый в аппаратуре автоматизации водоотливных установок. Он представляет собой покрытый свинцом латунный диск 1 со стаканом 5 и монтажной шпилькой 2. На стакан навинчивается кабельный ввод 4. Контактующей с водой частью датчика служат свинцовые поверхности 6. После присоединения кабеля к шпильке 2 свободный объем 3 заливают кабельной массой МК-45. Датчик в водосборнике подвешивают на кабеле на высоте, соответствующей контролируемому уровню.

В аппаратуре автоматизации контроля бункеров и течек сыпучими материалами применяется датчик уровня ДУ (рис. 7,б). Он состоит из пластмассового корпуса 1 и электрода 2, в качестве которого можно использовать трубу, цепь или трос.

В стационарных бункерах, если доступ к ним невозможен, для контроля их заполнения используют радиоактивные датчики.

Датчики скорости и частоты вращения используют на шахтах для контроля работы скребковых и ленточных конвейеров, а также скорости скипов и клетей в шахтных подъемных установках.

Принцип действия большинства датчиков скорости и частоты вращения основан на явлении электромагнитной индукции.

Для контроля скорости движения цепи скребковых конвейеров используют магнитоиндукционные датчики ДМ-2М (рис. 8,а). В корпусе 1 датчика помещен кольцевой постоянный магнит 2 с

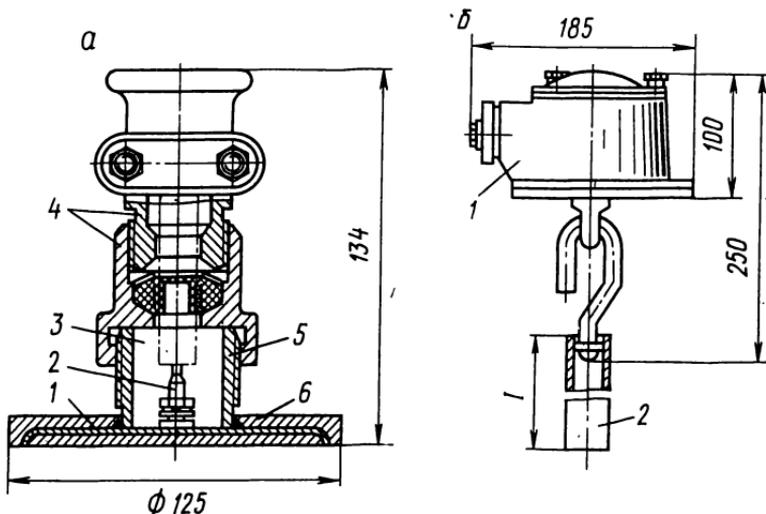


Рис. 7. Датчики уровня ЭД (а) и ДУ (б)

приклепанным к нему сердечником 4, на котором расположена катушка 5. Корпус закрывается стальной крышкой 6 с латунной пробкой 3, так что магнитная цепь получается незамкнутой. При движении цепи стальные скребки периодически замыкают магнитную цепь, вследствие чего магнитный поток пульсирует и в катушке индуцируется э.д.с., пропорциональная скорости движения цепи.

Работа ленточных конвейеров и подъемных установок контролируется тахогенераторными датчиками частоты вращения. Тахогенератор - это электрическая машина малой мощности, работающая в режиме генератора и предназначенная для преобразования частоты вращения в пропорциональную ей э.д.с. ( $E = C\varphi n$ ).

Для контроля скорости ленты конвейера широко применяют датчики ДКС с синхронными тахогенераторами (рис. 8, б). Поступательное перемещение ленты конвейера преобразуется во вращение ротора тахогенератора, помещенного в корпус 2, с помощью обрезиненного ролика 1. Ролик и тахогенератор закреплены на рычаге 3, шарнирно связанном со скобой 5, которая крепится к раме конвейера. Ролик прижимается к холостой ветви ленты 6 конвейера с помощью пружины. На скобе имеется регулировочный болт 4, который позволяет устанавливать различное предельное нижнее положение и таким образом контролировать провисание ленты.

Датчики усилия применяют: в железнодорожных и автомобильных весах для взвешивания отгружаемого полезного ископаемого; в подъемных установках для взвешивания скипа с целью ввода корректировки в систему автоматизации подъемной установки при отклонении концевой нагрузки от расчетного значения; при конвейерной доставке для взвешивания угля, находящегося на работающем конвейере, и определения таким образом производительности линии; для определения натяжения направляющих канатов в подъемных устройствах; при исследовании грузов на детали машин. В качестве датчиков усилия применяются тензометрические, магнитоупругие, пьезоэлектрические и манометрические датчики, а также датчики с отклоняющим роликом.

Тензометрический датчик представляет собой тонкую проволоку 1 (рис. 9, а) из материала высокого сопротивления, выложенную в виде нескольких петель на полосу бумаги 2 и заклеенную другой полоской бумаги. Тензометрический датчик наклеивают на исследуемую деталь. Под действием усилия деталь деформируется (сжимается, растягивается, изгибается), в результате чего меняется активное сопротивление датчика. Тензометрический датчик включают в одно из плеч измерительного моста. Напряжение с диагонали моста подается на вход специального тензометрического усилителя, на выход которого включают электроизмерительный прибор со шкалой, проградуированной в единицах усилия.

Рис. 8. Датчики скорости ДМ= $\dot{a}$   
 =2М (а) и ДКС (б)

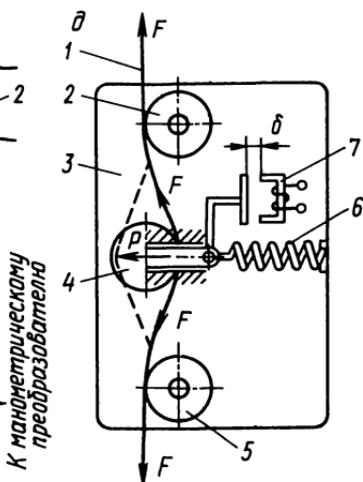
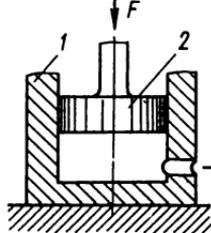
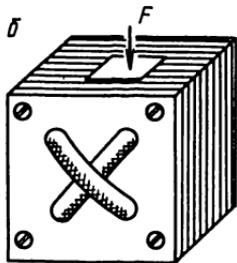
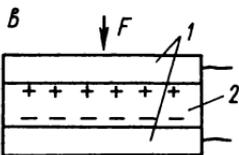
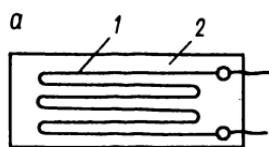
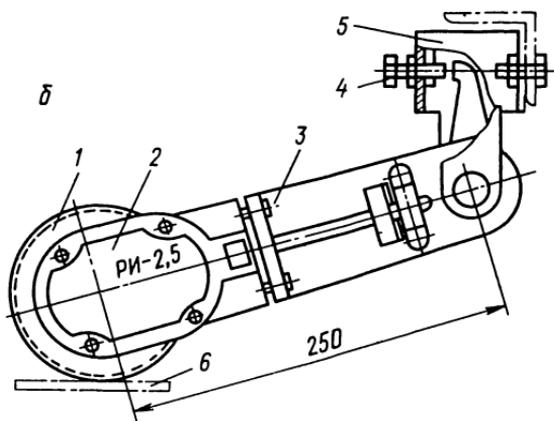
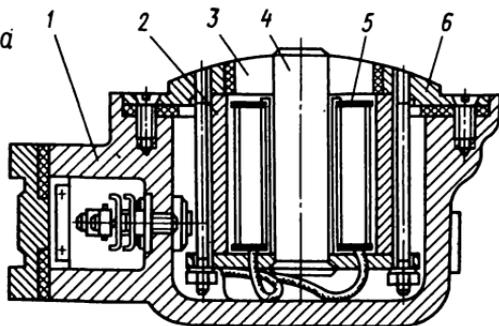


Рис. 9 Датчики усилия

**Магнитоупругий датчик** представляет собой пакет пластин из электротехнической стали, в котором имеются отверстия для катушек: два для катушки датчика дроссельного типа и четыре - для двух катушек датчика трансформаторного типа (рис. 9,б). Катушки располагаются друг относительно друга под углом примерно  $90^\circ$ . К одной из катушек подводится переменное напряжение. Действие магнитоупругих датчиков основано на свойстве стали изменять магнитную проницаемость под действием усилия (т.е. деформации).

**Пьезоэлектрический датчик** основан на том, что при сжатии монокристаллов некоторых веществ (кварца, турмалина, титаната бария и др.), называемых пьезоэлектриками, на поверхности кристалла 2 (рис. 9,в) появляются заряды и между электродами 1 возникает э.д.с., пропорциональная усилию  $F$ .

**Манометрический датчик** состоит из устройства, преобразующего усилие в пропорциональное давление жидкости, например, в виде цилиндра 1 с поршнем 2 (рис. 9,г), и манометрического датчика (преобразователя), преобразующего давление жидкости в электрический сигнал (см. ниже).

**Датчик с отклоняющим роликом** для измерения натяжения каната (рис. 9,д) состоит из роликов 2 и 5 с неподвижными осями, закрепленными на раме 3, и отклоняющего ролика 4, ось которого связана с пружиной 6. Правый конец пружины закреплен на раме. Сила  $P$ , действующая на ролик со стороны каната 1, уравнивается натяжением пружины, которая в этом датчике служит чувствительным элементом. Растяжение пружины и, следовательно, зазор  $\delta$  индуктивного преобразователя 7 будут пропорциональны силе  $P$ , т.е. натяжению каната  $F$ .

**Датчики давления (разрежения)** используются для контроля работы насосов водоотливных установок, компрессорных установок, контроля давления в гидросистемах горных машин и давления (разрежения), создаваемого вентиляторами, и др.

В качестве датчиков давления (разрежения) наиболее широко применяют манометрические датчики (манометры, вакуумметры), у которых чувствительным элементом служит устройство, преобразующее давление в перемещение. Перемещение в свою очередь преобразуется в электрическую величину. Чувствительный элемент в виде одновитковой трубчатой пружины показан на рис. 10,а. В открытый конец трубки подается жидкость под давлением  $p$ . К запаянному концу присоединен сердечник индуктивного преобразователя (или подвижная часть контактной системы). Перемещение сердечника однозначно связано с давлением жидкости. Чувствительный элемент датчиков давления может быть выполнен в виде плоской гофрированной мембраны (рис. 10,б) или сильфона (рис. 10,в).

Для контроля работы насосов водоотлива применяется реле

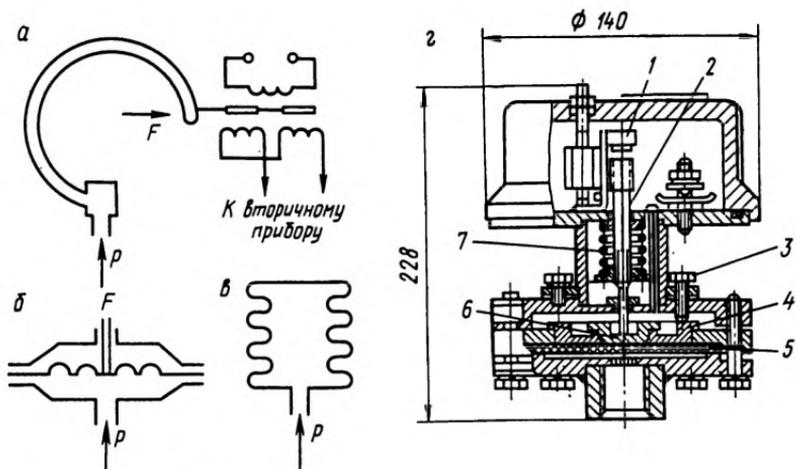


Рис. 10. Датчики давления

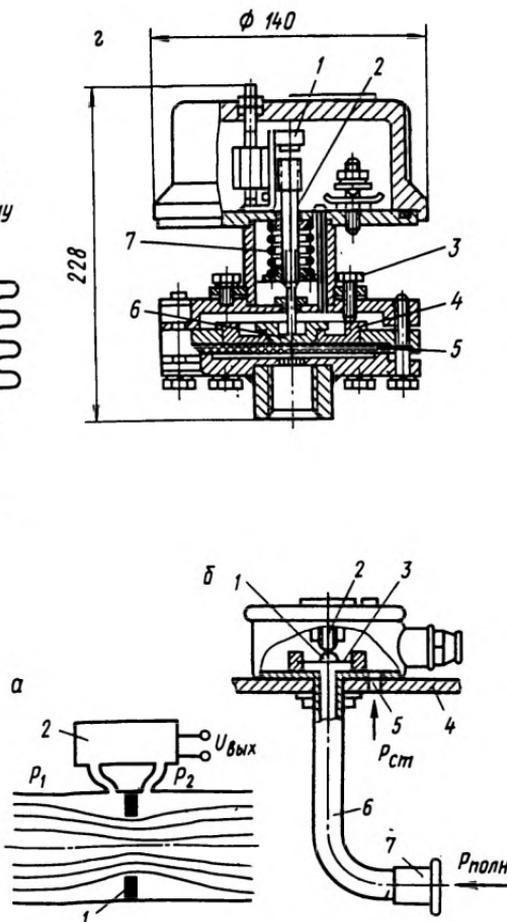


Рис. 11. Датчики расхода газов и жидкостей

давления РДВ. Чувствительным элементом его служит поршень с пружиной 7 (рис. 10,з), на который через гибкую диафрагму 5 передается давление воды. В реле имеются малый 6 и большой 4 поршни. Большой поршень можно зафиксировать болтом 3 и получить две ступени чувствительности по давлению. При достижении давлением установленного значения шток 2 воздействует на микропереключатель 1.

Датчики расхода газов и жидкостей применяют для определения подачи вентиляторов и насосов. Расход может измеряться различными методами. Широко используется метод измерения перепада давления на сужающем устройстве, например диафрагме 1 (рис. 11, а). Разность статических давлений  $p_1 - p_2$  до и после диафрагмы с увеличением расхода возрастает. Таким образом по значению этой разности можно судить о расходе. Разность давлений  $p_1 - p_2$  измеряют дифференциальными маномет-

рами 2 различных типов. Расход  $Q$  можно косвенно определить по скорости  $v$  движения в трубопроводе, поскольку эти величины связаны пропорциональной зависимостью  $Q = vS$  ( $S$  - площадь сечения трубопровода). Скорость также можно косвенно определить различными способами.

Для измерения расхода воздуха в горных выработках по его скорости применяют термоанемометры, действие которых основано на зависимости температуры электронагревательного элемента, питающегося от стабилизированного источника напряжения и помещенного в воздушный поток, от скорости этого потока, т.е. от расхода воздуха. Затем температура преобразуется в электрическую величину с помощью термопар и термометров сопротивления (см. ниже).

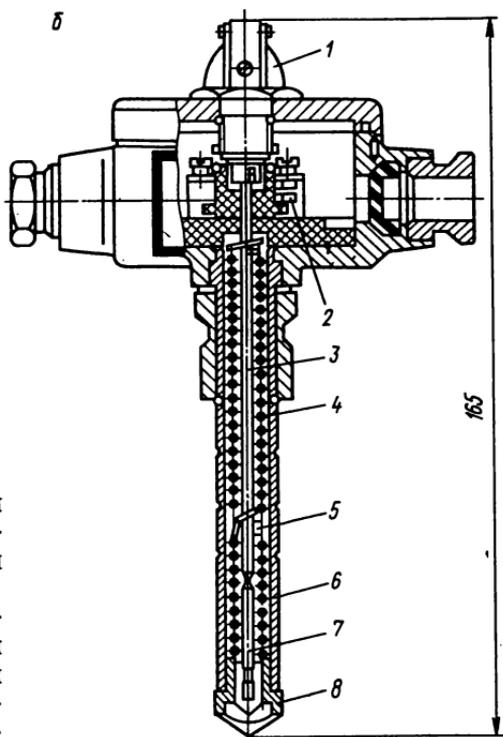
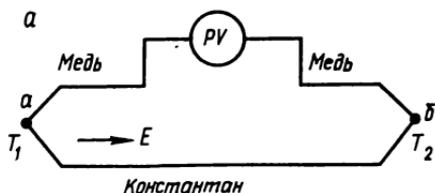
В датчике расхода воздуха, входящего в комплект аппаратуры АЗОТ (контроля работы вентиляторов местного проветривания), скорость движения воздуха определяется по динамической составляющей давления  $p_{дин}$  воздушного потока, равной разности полного  $p_{полн}$  и статического  $p_{ст}$  давлений. В качестве чувствительного элемента использована упругая мембрана 3 (рис. 11, б). С помощью трубки 6 с раструбом 7 под мембраной создается полное давление  $p_{полн}$ . Полость над мембраной сообщается с трубопроводом 4 через канал 5. Поэтому над мембраной устанавливается статическое давление  $p_{ст}$  воздушного потока. На мембрану будет действовать усилие, пропорциональное разности  $p_{полн} - p_{ст}$ , т.е. скорости потока и, следовательно, расходу воздуха. При определенной скорости потока, соответствующей заданному расходу воздуха, подвижный контакт 1, установленный на мембране, замкнется с неподвижным контактом 2.

Датчики температуры применяются в горной промышленности для контроля нагрева и защиты от перегрева подшипников, приводных барабанов ленточных конвейеров, обмоток электродвигателей, а также для контроля поступающего в шахту воздуха в системах автоматизации калориферных установок.

Преобразование температуры в электрическую величину осуществляется с использованием различных физических явлений. В некоторых датчиках это преобразование непосредственное, в других - через промежуточные преобразовательные элементы. К датчикам с непосредственным преобразованием относятся следующие.

**Т е р м о п а р ы.** Их действие основано на том, что если спаять два проводника из различных материалов (рис. 12, а) и один из спаев нагреть, то в образовавшейся цепи возникает э.д.с.  $E$  (термо-э.д.с.), а при замыкании цепи будет проходить ток. Значение термо-э.д.с. зависит только от материала проводников и разности температур  $T_1 - T_2$  горячего и холодного спаев, поэтому термопары применяют для точных измерений. Каждая термопара характеризуется термо-э.д.с. при разности температур  $T_1 - T_2 = 100$  С и допустимой температуре

Рис. 12. Датчики температуры



нагрева. Так, для термопары медь - константан эти величины составляют 4,7 мВ и 350 С.

Термометры сопротивления. Они основаны на том, что при изменении температуры меняется удельное сопротивление металлических проводников. В этих датчиках

применяют различные металлы в зависимости от диапазона измеряемой температуры, например медь (100-150°С) и сталь (250-300°С).

Терморезисторы. По сравнению с термометрами сопротивления они имеют большую зависимость сопротивления от температуры. С помощью терморезисторов можно достаточно просто получить датчик с релейной характеристикой [3].

Датчики, основанные на изменении магнитных свойств материалов. Такие датчики - ДКТ-1 ( $t = 90^{\circ}\text{C}$ ) и ДКТ-2 ( $t = 70^{\circ}\text{C}$ ) использованы в аппаратуре АКТ-2 контроля температуры узлов шахтных стационарных установок (вентиляторов, компрессоров, насосов и др.). Чувствительный элемент этих датчиков представляет

собой катушку индуктивности с ферритовым сердечником, включенную в электрическую цепь последовательно с конденсатором. При нормальном тепловом режиме контролируемых узлов индуктивность катушек достаточно высока, и проходящий по ним ток небольшой.

Когда температура возрастает до указанных выше значений, магнитная проницаемость сердечника и, следовательно, индуктивность катушки резко снижается, вследствие чего ток в цепи возрастает и подается аварийный сигнал.

Датчики на легкоплавких сплавах. К ним относится термодатчик ТДЛ-2 (рис. 12,б), предназначенный для защиты от перегрева подшипников. Он устанавливается на корпусе подшипника в специально просверленном отверстии. Чтобы привести датчик в рабочее состояние, рукоятку 1, соединенную с валиком 3 и подвижными контактами, поворачивают на 90° по часовой стрелке. При этом замыкаются контакты 2 и заводится рабочая пружина 4. Своим верхним концом она закреплена в корпусе, нижним - соединена через втулку 5 с валиком 3. Повернуться обратно под действием пружины 4 после отпускания рукоятки валу не позволяет пружина 6, связанная со стержнем 7, который впаян в наконечник 8 датчика с помощью легкоплавкого сплава. При перегреве подшипника и, следовательно, датчика сплав в наконечнике плавится и рукоятка 1 с валиком и подвижными контактами под действием пружины 4 поворачивается. В результате контакты размыкаются. После остывания датчика и затвердения сплава датчик снова приводят в рабочее состояние указанным выше способом.

Из датчиков с многоступенчатым преобразованием температуры в электрическую величину применяются манометрические термометры, состоящие из электроконтактного манометра или манометра с индуктивным преобразователем (см. рис. 10, а) и термобаллона, соединенного с манометром трубкой (капилляром). Работа датчика основана на том, что давление вещества, находящегося в замкнутом объеме, прямо пропорционально термодинамической температуре (в кельвинах).

## 2.2. УСИЛИТЕЛИ

Назначение, классификация и характеристики усилителей. Выходная мощность некоторых элементов систем автоматики, например датчиков и элементов сравнения, часто недостаточна для управления последующим элементом. В этих случаях в систему вводят усилители, которые увеличивают мощность воздействия, передаваемого по цепи управления. Энергию, необходимую для этого, усилитель получает от источника питания. Таким образом, функция усилителя сводится к управлению энергией, идущей от источника питания к потребителю, в такт изменениям сигнала, подаваемого на вход усилителя.

По виду применяемой энергии усилители делятся на электрические, пневматические, гидравлические и комбинированные.

Электрические усилители различают в зависимости от вида усилительного элемента. В устройствах рудничной автоматики широко применяют электронные (в основном полупроводниковые), магнитные и электромашинные усилители.

Основным параметром любого усилителя служит коэффициент усиления  $k$ , представляющий собой отношение приращения выходной величины  $\Delta y$  к приращению входной -  $\Delta x$ , т.е.  $k = \Delta y / \Delta x$ .

Коэффициенты усиления различают по виду усиливаемого параметра. При любом виде энергии важное значение для усилителей имеет коэффициент усиления по мощности  $k_p = \Delta P_{\text{вых}} / \Delta P_{\text{вх}}$ .

Для электрических усилителей рассматриваются также коэффициенты усиления по току ( $k_I = \Delta I_{\text{вых}} / \Delta I_{\text{вх}}$ ) и напряжению ( $k_U = \Delta U_{\text{вых}} / \Delta U_{\text{вх}}$ ).

Для гидравлических и пневматических усилителей определяют коэффициент усиления по усилию  $k_F = \Delta F_{\text{вых}} / \Delta F_{\text{вх}}$ .

Когда усилительный элемент не обеспечивает необходимого коэффициента усиления, усилитель составляют из нескольких последовательно соединенных элементов *каскадов*. Общий коэффициент усиления равен произведению коэффициентов усиления всех каскадов.

Рассмотрим полупроводниковые, магнитные и гидравлические усилители, получившие наиболее широкое применение при автоматизации производственных процессов на горных предприятиях.

**Полупроводниковые усилители.** К ним относятся транзисторные и тиристорные усилители [3]. В транзисторных усилителях устройств рудничной автоматики применяют в основном схему с общим эмиттером, позволяющую получить наибольший коэффициент усиления по мощности. Если мощность или напряжение на выходе каскада оказывается недостаточной то применяют многокаскадные усилители. Связь между каскадами обычно осуществляют подключением выхода одного каскада к входу следующего через конденсатор (резистивно-емкостная связь).

Коэффициент усиления выражают обычно в логарифмических единицах - децибеллах (дБ). Для напряжений и токов

$$k_{U_{\text{дБ}}} = 20 \lg \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} = 20 \lg k_U; \quad k_{I_{\text{дБ}}} = 20 \lg \frac{I_{\text{вых}}}{I_{\text{вх}}} = 20 \lg k_I. \quad (2)$$

Так, при  $k_U = 10\,000 = 10^4$  на основании соотношения (2) получим  $k_{U_{\text{дБ}}} = 20 \lg 10^4 = 80$  дБ.

Одной из важнейших характеристик усилителей служит *частотная характеристика* - зависимость коэффициента усиления от частоты сигнала, т.е.  $k = \psi(f)$ . По виду частотной характеристики различают широкополосные, резонансные и полосовые усилители.

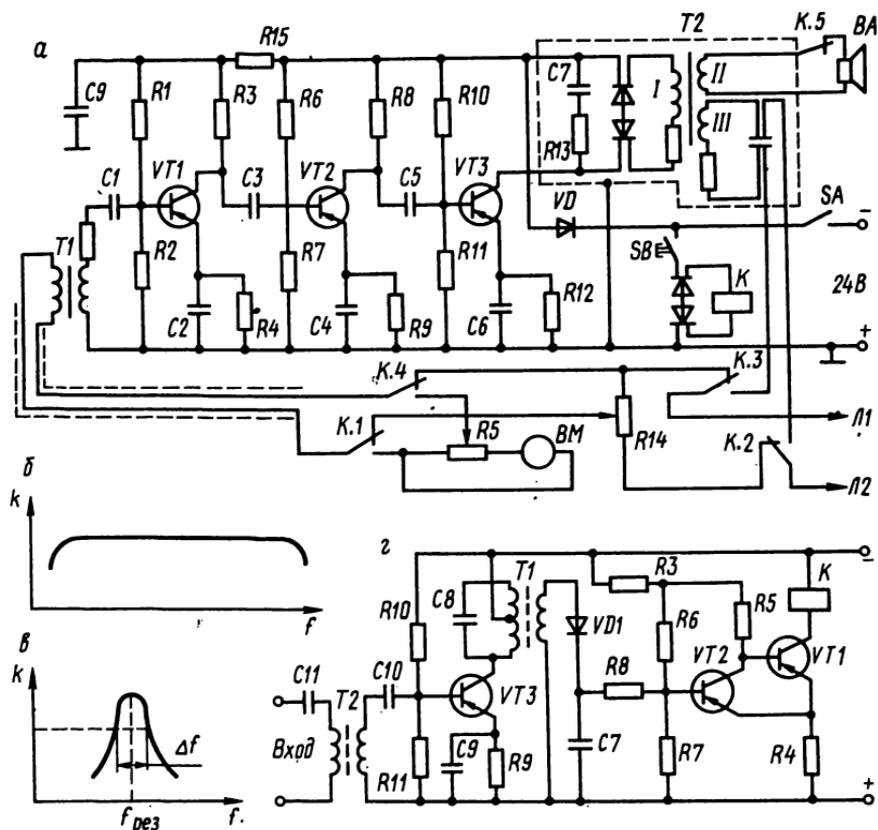


Рис. 13. Схемы и частотные характеристики широкополосного и резонансного усилителей

Широкополосные усилители применяют в устройствах связи. Человеческая речь содержит спектр частот, и усилитель должен одинаково усиливать все частоты примерно до 3-4 кГц. На рис. 13,а показана электрическая схема широкополосного диспетчерского телефонного усилителя для осуществления двусторонней симплексной громкоговорящей связи, а на рис. 13,б - его частотная характеристика. Усилитель состоит из трех каскадов, выполненных на транзисторах типа *p-n-p*, с резистивно-емкостной связью между каскадами. Переключение усилителя с приема на передачу производится контактами реле *K*.

В режиме приема (когда кнопка *SB* не нажата и реле *K* не включено) разговорный ток поступает из линии через размыкающие контакты реле *K* и переменный резистор *R14* в первичную обмотку входного трансформатора *T1*. С его вторичной обмотки сигнал через разделительный конденсатор *C1* поступает на вход первого каскада усилителя, с выхода которого усиленный

сигнал подается через конденсатор  $C3$  на вход второго каскада и т.д. В коллекторную цепь третьего каскада включена первичная обмотка выходного трансформатора  $T2$ , во вторичную обмотку  $II$  которого включен громкоговоритель  $BA$ . Вторичная обмотка  $III$  в режиме приема разомкнута.

При нажатии на кнопку  $SB$  реле  $K$  включается и своими контактами переключает усилитель в режим передачи: микрофон  $BM$  через резистор  $R5$  подключается к первичной обмотке входного трансформатора  $T1$ ; громкоговоритель  $BA$  отключается; обмотка  $III$  выходного трансформатора  $T2$  подключается к линии  $L1, L2$ .

Резонансные усилители обладают избирательным действием. Коэффициент усиления их имеет высокое значение только в небольшой полосе частот  $\Delta f$  (рис. 13, в). В резонансных усилителях избирательность достигается включением в цепь коллекторной нагрузки параллельного LC-контура, настроенного на заданную частоту. Резонансные усилители широко применяют в аппаратуре рудничной автоматики для выделения сигнала определенной частоты. На рис. 13, г показана электрическая схема резонансного усилителя, применяемого в аппаратуре автоматизации водоотливных установок. Нагрузкой выходного каскада служит катушка реле  $K$ , которое при посылке сигнала соответствующей частоты включается и производит переключения в цепи сигнальных ламп.

Операционные усилители предназначены для выполнения различных математических операций: суммирования, вычитания, дифференцирования, интегрирования и др. Они имеют два высокоомных входа и один низкоомный выход и характеризуются большим коэффициентом усиления. Операционные усилители используют для построения разнообразных узлов электронной аппаратуры и в устройствах вычислительной техники. Элементарной базой их служат интегральные схемы.

Магнитные усилители. Действие их основано на нелинейной зависимости магнитной индукции в ферромагнитных материалах от напряженности магнитного поля.

Простейший магнитный усилитель состоит из двух одинаковых дросселей (рис. 14, а), разделенных немагнитной прокладкой. Обмотки переменного тока  $I$  и  $I'$  включены в цепь последовательно с нагрузкой  $Z_{нагр}$ . Обмотка постоянного тока  $2$  (обмотка управления) располагается вокруг стержней обоих дросселей. Обмотки  $I$  и  $I'$  соединены между собой таким образом, что их магнитодвижущие силы (м.д.с.), созданные переменным током, направлены в стержнях, охваченных обмоткой управления в противоположные стороны. При этом переменная э.д.с. в обмотке управления индуцироваться не будет.

Ток  $i$ , следовательно, мощность нагрузки определяются в данной цепи индуктивным сопротивлением дросселя. При пропускании постоянного тока  $J_y$  по обмотке управления магнитная проницаемость магнитопроводов дросселей и их индуктивное

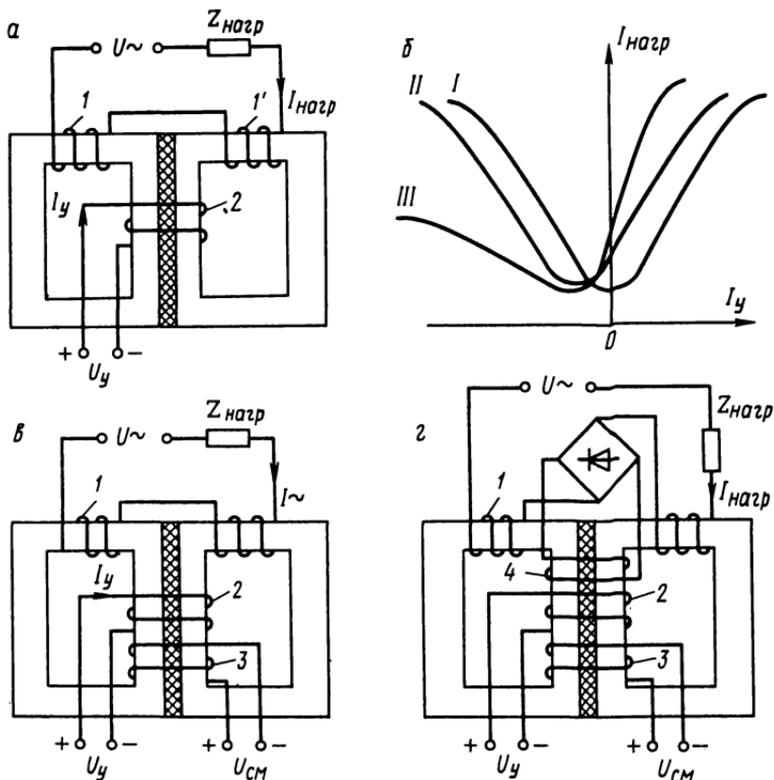


Рис. 14. Магнитные усилители

сопротивление уменьшаются. В результате ток нагрузки  $I_{нагр}$  увеличивается. Небольшому изменению тока и мощности обмотки управления будет соответствовать значительное изменение мощности нагрузки. В этом состоит усиливающее действие магнитного усилителя.

Направление тока  $I_y$  в данном магнитном усилителе не имеет значения; поэтому характеристика управления, представляющая собой зависимость тока нагрузки  $I_{нагр}$  от тока управления  $I_y$ , изобразится кривой  $I$  (рис. 14,б), симметричной относительно оси ординат. Как видно из характеристики, в начальной ее части, т.е. при малых токах управления, коэффициент усиления мал. Для его увеличения в усилитель вводят дополнительную обмотку — обмотку смещения, которая при прохождении по ней постоянного тока осуществляет начальное подмагничивание (рис. 14,в). При этом в зависимости от направления тока характеристика смещается относительно характеристики  $I$  вправо или влево (кривая II, рис. 14,б).

Чтобы еще увеличить коэффициент усиления и довести его до нескольких тысяч, в усилитель вводят положительную обратную

связь, при которой ток нагрузки (выходная величина) выпрямляется и подается на обмотку 4 обратной связи (рис. 14,з). При этом м.д.с. обмотки обратной связи должна складываться с м.д.с. обмотки управления. В результате ток нагрузки будет подмагничивать магнитопровод усилителя. Характеристика управления такого усилителя изобразится кривой III (см. рис. 14,б).

Преимущества магнитных усилителей: высокие надежность и долговечность; простота обслуживания; возможность суммирования нескольких входных сигналов, подаваемых на отдельные обмотки управления.

Гидравлические и пневматические усилители (гидро- и пневмоусилители) применяют обычно в тех системах автоматического (а также ручного) управления, в которых управляющими (регулирующими) органами служат соответственно гидравлические или пневматические устройства, например, в системах дистанционного и автоматического управления тормозными приводами шахтных подъемных машин и лебедок, при гидравлическом приводе подачи очистных комбайнов, в очистных комплексах для управления передвижением крепи конвейера и т.д.

Гидро- и пневмоусилители состоят из двух основных элементов: управляющего и исполнительного. По типу управляющего элемента различают усилители со струйным и с дроссельным управлением. Управляющими элементами в этих усилителях служат струйные трубки, золотники и устройства типа "сопло-заслонка". Последние широко применяют в электрогидравлических и электропневматических регуляторах давления. В качестве исполнительного элемента в однокаскадных усилителях обычно применяют цилиндр с поршнем, а в первом каскаде двухкаскадных усилителей управляющий золотник второго каскада.

Золотниковый гидроусилитель (рис. 15,а) имеет управляющий элемент - золотник, который состоит из корпуса 2, запрессованной в него гильзы 5 и плунжера 1 с двумя или более буртиками. В корпусе золотника делаются кольцевые выточки 3, а в гильзе - окна 4 для подачи рабочей жидкости. Окна (два или более) располагаются равномерно по окружности для снижения радиальных усилий на плунжер. При этом уменьшаются износ трущихся поверхностей и усилие, необходимое для перемещения плунжера.

При ручном управлении золотник перемещается рукояткой управления или дистанционно с помощью электромагнита, а при автоматическом управлении - от элемента сравнения фактического значения регулируемой величины с заданным.

Исполнительный элемент состоит из гидроцилиндра 7, соединенного с золотником трубками 6, и поршня 9 со штоком 8, который соединен обычно с регулирующим органом системы.

Для перемещения золотника требуется небольшое усилие (единицы ньютонов), поскольку золотник по давлению рабочей

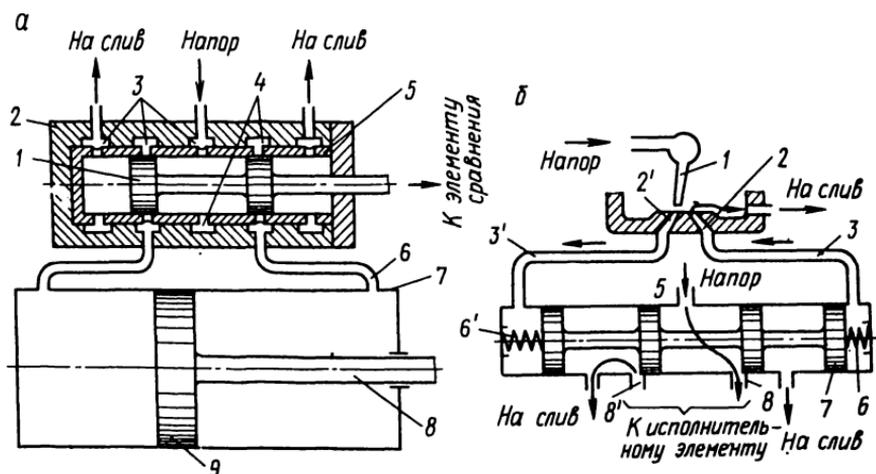


Рис. 15. Устройство золотникового (а) и струйного (б) гидроусилителей

жидкости уравновешен, а на штоке исполнительного элемента развивается усилие в десятки тысяч ньютонов. Поэтому коэффициент усиления по усилию получается чрезвычайно высоким.

Струйные гидроусилители (рис. 15,б) обычно выполняют двухкаскадными. Управляющий элемент первого каскада усиления состоит из струйной трубки 1 и приемных сопел 2 и 2', соединенных трубками (каналами) 3 и 3' с исполнительным элементом, который в общем случае перемещает управляющий золотник второй ступени усиления. В приведенном на рис. 15,б варианте гидроусилителя оба указанных элемента объединены в единую конструкцию - золотник 7, имеющий плунжер с четырьмя буртиками. Он управляет выходным исполнительным элементом (на рисунке не показан), аналогичным исполнительному элементу на рис. 15,а. Когда воздействие на входе усилителя отсутствует, плунжер под действием пружин 6 и 6' занимает нейтральное положение, при котором трубопроводы 8 и 8' перекрыты.

Струйная трубка 1 может отклоняться от среднего положения на некоторый угол. При перемещении ее, например, влево (как показано на рис. 15,б) рабочая жидкость из струйной трубки через приемное сопло 2 и канал 3 поступает в левую полость золотника 7. В результате плунжер смещается вправо, а рабочая жидкость из правой полости через канал 3' и приемное сопло 2' вытекает на слив. При этом правая полость исполнительного элемента через трубопровод 8 соединяется с напорной магистралью 5, а левая полость через трубопровод 8' - со сливом. Шток исполнительного элемента начинает перемещаться влево.

Рабочие жидкости, применяемые в гидроусилителях, должны

обладать смазочной способностью и стабильными характеристиками, не должны содержать механических примесей, выделять вредные пары, вызывать коррозию металлов и представлять опасность в отношении пожара. Этим условиям в значительной степени соответствуют минеральные масла и различные эмульсии. Для очистки их от механических примесей применяют специальные фильтры. Пневматические усилители имеют аналогичную конструкцию. Воздух, подаваемый в элементы пневмоусилителя, не должен содержать механических примесей и паров влаги. Для этого применяют воздухоочистители и влагопоглотители.

### 2.3. СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Шахтные электрические сети отличаются значительными колебаниями напряжения, которые происходят при включении и отключении мощных потребителей, набросе и сбросе их нагрузки. Однако для нормального функционирования многих узлов аппаратуры дистанционного и автоматического управления (промежуточные реле в цепях дистанционного управления пускателей, блоки реле утечки, времязадающие RC-цепи в реле времени, цепи питания чувствительных элементов в датчиках и др.) требуется постоянство напряжения.

Устройства, предназначенные для поддержания напряжения на каком-либо электроприемнике постоянным при изменении напряжения в сети или тока нагрузки, называются стабилизаторами напряжения. Они делятся на *компенсационные* и *параметрические*.

Компенсационные стабилизаторы по сравнению с параметрическими позволяют с большей точностью поддерживать напряжение постоянным, но параметрические стабилизаторы значительно проще, надежней и дешевле; их целесообразно применять, когда не требуется высокая точность стабилизации. К параметрическим относятся феррорезонансные стабилизаторы и стабилизаторы на кремниевых стабилитронах - наиболее широко применяемые в рудничной электрической аппаратуре дистанционного и автоматического управления.

**Феррорезонансные стабилизаторы.** В этих стабилизаторах используются нелинейная зависимость  $B = f(H)$  для ферромагнитных материалов и явление резонанса в цепях, содержащих индуктивные катушки и конденсаторы.

В рудничных электрических аппаратах (пускателях, комплектах устройствах управления, аппаратуре автоматизации и др.) применяют простой феррорезонансный стабилизатор (рис. 16,а), состоящий из трансформатора  $T$  с насыщенным магнитопроводом и конденсатора  $C$ . На схеме показана также нагрузка стабилизатора в пускателях серии ПВИ. Ток холостого хода такого трансформатора значителен, а нагрузка мала, поэтому включение и отключение реле  $K$  и  $K1$  мало влияют на ток первичной

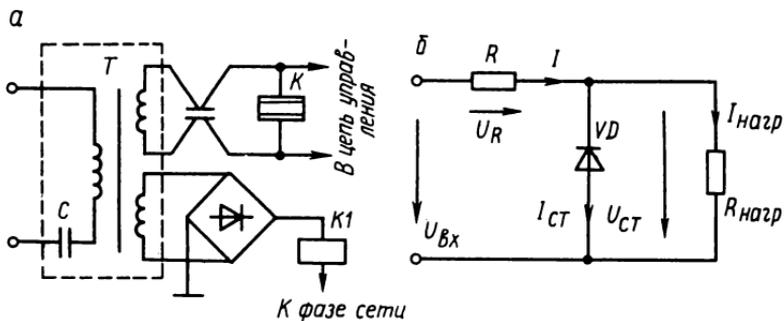


Рис. 16. Схемы феррорезонансного (а) и параметрического (б) стабилизаторов напряжения

обмотки. Таким образом, благодаря почти постоянной нагрузке основной недостаток феррорезонансных стабилизаторов - существенная зависимость выходного напряжения от значения и характера нагрузки - в данном стабилизаторе не проявляется.

Параметры элементов стабилизатора (емкость конденсатора  $C$  и входное индуктивное сопротивление трансформатора  $T$ ) подбираются таким образом, чтобы напряжение на трансформаторе  $T$ , равное геометрической разности напряжений сети и конденсатора, оставалось почти постоянным при колебаниях напряжения сети в заданных пределах (обычно от  $+10$  до  $-20\%$   $U_{ном}$ ).

Стабилизаторы на стабилитроне. Действие этих стабилизаторов основано на нелинейной зависимости обратной ветви вольт-амперной характеристики кремниевых стабилитронов [3].

Электрическая схема простейшего однокаскадного стабилизатора показана на рис. 16,б. В стабилизатор входят кремниевый стабилитрон  $VD$  и балластный резистор  $R$ . Сопротивление балластного резистора и входное напряжение  $U_{вх}$  при номинальном напряжении сети выбираются такими, чтобы по стабилитрону проходил его средний по значению (между  $I_{стmin}$  и  $I_{стmax}$ ) ток.

Стабилизатор работает следующим образом. Когда напряжение в сети и, следовательно, входное напряжение  $U_{вх}$  увеличивается, возрастают ток стабилитрона  $I_{ст}$  и ток  $I$  в общей цепи. При этом увеличивается падение напряжения на балластном резисторе  $U_R = IR$  примерно на столько, на сколько возрастает входное напряжение. В результате напряжение на нагрузке  $U_{ст} = U_{вх} - U_R$  сохранит свое прежнее значение. Верхний предел изменения входного напряжения ограничен максимальным током стабилизации  $I_{стmax}$  принятого стабилитрона. В случае превышения этого предела стабилитрон может выйти из строя.

Аналогично работает стабилитрон при снижении напряжения сети. Нижний предел изменения выходного напряжения ограничен

минимальным током стабилизации  $I_{\text{стmin}}$ . При уменьшении входного напряжения ниже этого предела стабилизатор перестает выполнять свою функцию и напряжение на нагрузке будет уменьшаться пропорционально входному напряжению.

#### 2.4. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

**Назначение и классификация исполнительных элементов.**  
*Исполнительные элементы* - это устройства систем автоматического управления (САУ) и автоматического регулирования (САР), воздействующие на процесс в соответствии с полученной командной информацией. Они состоят из двух функциональных блоков: *исполнительного механизма* и *регулирующего органа*.

Исполнительные элементы систем автоматического управления и регулирования по характеру изменения выходной величины делятся на пропорциональные устройства с непрерывной зависимостью выходной величины от входной, предназначенные для плавного регулирования, и позиционные, у которых входная величина может принимать только определенные значения. Наибольшее применение получили двухпозиционные исполнительные элементы, выполняющие простейшие операции управления, например стрелка на рельсовом транспорте, которая должна занимать одно из двух крайних положений, стволовые двери и посадочные кулаки в рудничных клетевых подъемных установках.

В зависимости от вида используемой энергии на перестановку регулирующего органа различают электрические, гидравлические и пневматические исполнительные элементы, а также электрогидравлические и электропневматические снабженные соответственно электрогидравлическим и электро-пневматическим преобразователем.

По виду траектории выходного элемента различают исполнительные механизмы: прямоходовые (с поступательным перемещением), поворотные (с перемещением по дуге до  $360^\circ$ ) и многооборотные (с перемещением по дуге более  $360^\circ$  С).

Исполнительные элементы имеют различные по назначению регулирующие органы: тормозные колодки подъемных машин; клапаны, задвижки, заслонки, шиберы, регулирующие поток жидкостей, газов или сыпучих материалов; толкатели, стопоры, кулаки и другие элементы подъемных установок, погрузочных пунктов, комплексов обмена вагонеток; токосъемные щетки потенциометров и автотрансформаторов, регулирующих напряжение.

Электрические исполнительные механизмы по типу привода могут быть разделены на соленоидные и электродвигательные.

**Соленоидные исполнительные механизмы** - это двухпозиционные устройства, поскольку якорь соленоида (электромагнита) может находиться только в двух состояниях: приподнятом и опущенном. Они отличаются

простотой конструкции и схемы управления, малыми размерами, массой и стоимостью, высокой надежностью и применяются для регулирующих органов с возвратно-поступательным перемещением подвижных частей. Некоторые соленоидные исполнительные механизмы конструктивно объединены с регулирующим органом, например электромагнитный вентиль.

На рис. 17,а показан тормозной электромагнит КМТ, применяемый в качестве привода аварийного тормоза на лебедках. Магнитопровод электромагнита состоит из двух частей Ш-образной формы: неподвижной 2 и подвижной 4. На каждом стержне неподвижной части закреплена катушка 3. К подвижной части магнитопровода присоединен шток 5, нижний конец которого крепится к рычагу тормоза. Чтобы смягчить удар при включении электромагнита, используется воздушный демпфер, состоящий из закрепленного на штоке поршня 6 и цилиндра 7. Электромагнит заключен во взрывонепроницаемую оболочку 1. Ход штока 50 мм. Развиваемое усилие - от 200 до 700 Н в зависимости от типоразмера электромагнита.

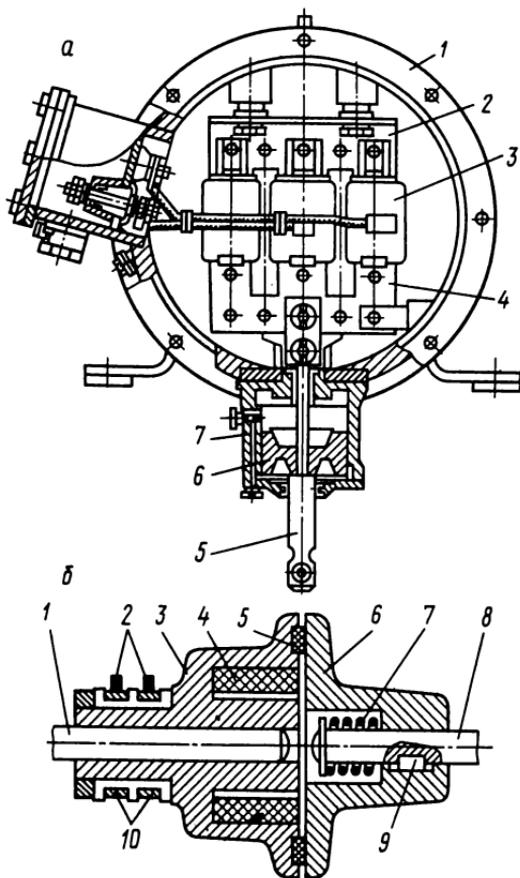


Рис. 17. Соленоидные исполнительные элементы; а - тормозной электромагнит КМТ; б - электромагнитная муфта сухого трения

На рельсовом транспорте соленоидные исполнительные механизмы применяются в качестве стрелочных приводов, позволяющих дистанционно и автоматически управлять стрелками.

К соленоидным исполнительным механизмам относятся также электромагнитные муфты сухого трения (рис. 17,б). На ведущем валу 1 закрепляется стальная полумуфта 3 с обмоткой возбуждения 4, контактными кольцами 10, по которым скользят токоподводящие щетки 2, и кольцом 5, выполненным из материала с большим коэффициентом трения и малым износом. Полумуфта 6 посажена на ведомом валу 8 на скользящей шпонке 9. Когда ток по обмотке возбуждения не проходит, полумуфта 6 под действием пружины 7 смещена вправо и не соприкасается с кольцом 5. При пропускании тока по обмотке возбуждения полумуфта 6, преодолевая противодействие пружины 7, притянется к кольцу 5 и между ними возникнут силы трения, достаточные для передачи вращающего момента.

Электродвигательные исполнительные механизмы могут быть пропорциональными (см. рис. 1,а) и двухпозиционными. Чтобы получить двухпозиционное управление (регулирование), исполнительные механизмы оснащают конечными выключателями, отключающими двигатель при достижении регулирующим органом своих крайних положений.

К электродвигательным исполнительным механизмам, применяемым в подземных выработках шахт (в том числе опасных по газу или пыли), относятся: привод моторный стрелочный ПМС-4; привод стволовой двери ПДС-1; привод винтовой моторный ПВМ для управления механизмами с возвратно-поступательным или качающимся движением и фиксации регулирующего органа в крайних положениях; привод задвижки ПЗ-1 для управления задвижками нагнетательных трубопроводов при автоматизации водоотливных установок угольных шахт, а также для управления другими механизмами с вращательным движением выходного элемента; приводы реостатов для дистанционного и автоматического управления реостатами роторных цепей и др.

Основным узлом электродвигательных исполнительных механизмов служит непосредственно электродвигатель. При мощности в сотни ватт и выше применяют обычно трехфазный асинхронный двигатель; при мощности в десятки ватт и ниже - специальные исполнительные электродвигатели.

Синхронные исполнительные двигатели применяют в случаях, когда частота вращения приводимого ими механизма должна быть строго постоянной. Так, синхронные двигатели малой мощности со встроенным замедляющим редуктором РД-06 используются в регистрирующих приборах для перемещения бумажной диаграммой ленты или диска, а также в системах автоматического управления для задания определенной программы, например в системах автоматизации водоотливных установок (см. раздел 7).

Исполнительные асинхронные двигатели применяются в основном в виде двухфазных асинхронных двигателей с коротко-

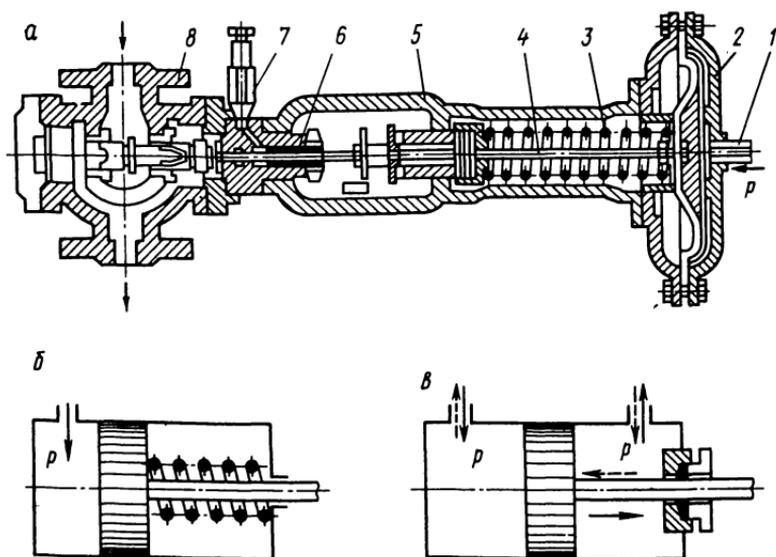


Рис. 18. Мембранные (а) и поршневые (б, в) исполнительные механизмы

замкнутым или полым ротором. На статоре этих двигателей располагаются две обмотки под углом  $90^\circ$  эл. градусов и на обмотки подаются напряжения переменного тока, сдвинутые по фазе также на  $90^\circ$ , т.е. по времени на одну четверть периода. При этом образуется круговое вращающееся магнитное поле. Обычно двухфазные асинхронные исполнительные двигатели питаются от однофазного источника. Чтобы получить сдвиг по фазе токов в обмотках, в одну из них включают конденсатор.

Гидравлические и пневматические исполнительные механизмы делятся по типу приводного элемента на мембранные и поршневые.

Мембранные и исполнительные механизмы получили преимущественное распространение для привода регулирующих органов с небольшим ходом благодаря простоте конструкции, высокой надежности и малой стоимости. Их применяют также при необходимости полной герметизации рабочей среды (жидкости, воздуха). Мембранные исполнительные механизмы обычно объединяют в единую конструкцию с регулирующим органом (клапаном, вентилем, задвижкой, краном и др.), которыми они управляют.

На рис. 18,а показан пневматический мембранный исполнительный механизм, состоящий из корпуса 5 и мембранной головки 2. Через корпус проходит шток 4, соединенный в верхней части с мембраной, а в нижней - со штоком регулирующего органа 8. Воздух, управляющий исполнительным механизмом, подается под давлением  $p$  через штуцер 1 в полость над мембранной. Противодействующее усилие создается пружиной 3. Шток

в месте прохода из корпуса исполнительного механизма в корпус регулирующего органа уплотнен с помощью сальника б, чтобы протекающая через регулирующий орган жидкость не проникла в исполнительный механизм. Для периодической подачи смазки в сальник установлена масленка 7. Мембрана изготавливается из прорезиненной ткани (при низких давлениях) или из металла. Этот исполнительный механизм - пропорциональный, поскольку ход поршня его пропорционален давлению воздуха, подаваемого в полость над мембраной.

Применяются также мембранные исполнительные механизмы, у которых в полость с одной стороны мембраны подводится воздух под давлением, пропорциональным заданному значению регулируемого параметра, а в полость с другой стороны мембраны - воздух под давлением, пропорциональным его фактическому значению. Тогда на шток будет действовать усилие, пропорциональное разности заданного и фактического значений регулируемого параметра, и регулирующий орган будет воздействовать на объект регулирования, пока эта разность не станет равной нулю. Таким образом, описанное устройство выполняет одновременно функции элемента сравнения, исполнительного механизма и регулирующего органа. Аналогичную конструкцию может иметь и гидравлический исполнительный механизм.

**Поршневые исполнительные механизмы** состоят из цилиндра и перемещающегося в нем поршня со штоком, который приводит в движение регулирующий орган. Различают поршневые исполнительные механизмы одностороннего и двойного действия.

В поршневых исполнительных механизмах одностороннего действия (рис. 18,б) поршень перемещается в одну сторону под действием усилия, создаваемого давлением  $p$  рабочей среды (жидкости, воздуха), а в другую - под действием пружины (как показано на рис. 18,б) или груза, который подвешивается к штоку при вертикальном положении цилиндра (если на гибкой связи груза со штоком установить отклоняющий ролик, то цилиндр может быть расположен произвольно). При использовании противодействующей пружины каждому давлению рабочей среды соответствует определенное положение поршня.

Поршневые исполнительные механизмы двойного действия (рис. 18,в) это реверсивные механизмы. Направление перемещения поршня зависит от того, в какую полость цилиндра поступает под давлением воздух (или жидкость). Другая полость цилиндра в это время соединяется с атмосферой (или со сливом). Исполнительные устройства с поршневыми механизмами применяют, например, в некоторых стрелочных переводах, в устройствах управления лядами.

Регулирующие органы непосредственно воздействуют на объект регулирования путем изменения потока энергии или вещества в нем.

В качестве регулирующих органов применяют различные

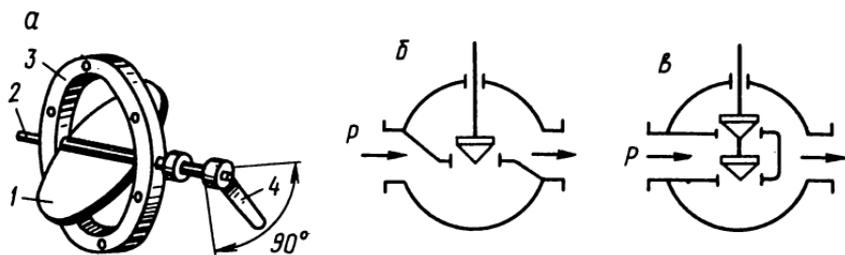


Рис. 19. Регулирующие органы

устройства в зависимости от вида входной величины объекта регулирования, его характеристик и мощности. При электрической входной величине используют реостаты, потенциометры, индукционные регуляторы, переменные конденсаторы и др. В исполнительных элементах, предназначенных для воздействия на технологические процессы путем изменения расхода проходящих через них сред, используются регулирующие органы в виде клапанов, задвижек, заслонок, шиберов и др.

Дроссельные заслонки (рис. 19,а) применяют для регулирования потока газов в трубопроводе. При повороте диска 1, закрепленного на оси 2, изменяется проходное сечение кольца 3. С исполнительным механизмом заслонка соединяется рычагом 4.

Для регулирования потоков жидкости широко применяют одно- и двухседельные клапаны, состоящие из неподвижной части - одного или двух седел и подвижной части - затвора.

В односедельных клапанах (рис. 19,а) исполнительный механизм преодолевает усилие от давления  $p$  жидкости на затвор и поэтому он должен иметь достаточно большую мощность. Это недостаток односедельных клапанов.

Двухседельные клапаны (рис. 19,в) свободны от этого недостатка, так как давление жидкости создает усилия, действующие на верхний (по рисунку) затвор вверх, а на нижний - вниз. При этом усилия взаимно уравновешиваются и исполнительный механизм может иметь небольшую мощность.

## 2.5. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АППАРАТУРЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ, ЗАЩИТЫ И БЛОКИРОВАНИЯ

При автоматизации производственных процессов в схему управления необходимо вводить данные о достижении технологическими параметрами определенных (заданных) значений в целях выработки соответствующих команд. Они необходимы также для сигнализации, автоматической защиты и блокирования. Эти данные получают с помощью специальной аппаратуры контроля

технологических параметров. В подземных выработках шахт необходимо также контролировать некоторые параметры окружающей среды, например содержание метана в воздухе, температуру поступающего в шахту воздуха и скорость его движения по выработкам.

Большинство аппаратов контроля - релейного действия. Они построены по одинаковому принципу: содержат измерительный преобразователь - датчик, усилительное устройство и выходное электромагнитное реле. В некоторых аппаратах контроля усилитель может отсутствовать, другие могут дополнительно иметь преобразовательные устройства и промежуточные электромагнитные реле.

В конструктивном отношении аппараты контроля строятся по блочному принципу: блоки усилители и другие электронные блоки выполняют в виде отдельных узлов, соединенных с остальными элементами аппаратуры с помощью электрических соединителей штепсельного типа. Такая конструкция позволяет быстро заменить отказавший блок.

Аппараты контроля, предназначенные для эксплуатации в шахтах, опасных по газу или пыли, обычно состоят из релейной части, которую помещают во взрывонепроницаемую оболочку, и вынесенного датчика с искробезопасными цепями. В некоторых аппаратах, например в сигнализаторе метана "Сигнал 2", датчик встроен в корпус аппарата.

Аппараты контроля технологических параметров классифицируют по виду параметра, на которые они реагируют. По этому признаку различают реле контроля: температуры, положения подвижных частей, скорости, уровня жидкости и заполнения бункеров, режима работы электродвигателей, содержания метана в воздухе и др.

## 2.6. АППАРАТЫ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ

Контроль температуры осуществляется для сигнализации о перегреве и защиты от него обмоток электродвигателей, подшипников шахтного оборудования, приводных барабанов ленточных конвейеров.

Для контроля температуры узлов шахтных стационарных установок (вентиляторов, компрессоров, насосов и др.) применяют аппаратуру АКТ-2. Она состоит из аппарата контроля температуры АКТФ-2 общего назначения со степенью защиты от внешних воздействий IP30 и шести датчиков контроля температуры ДКТ-1 или ДКТ-2 (см. 2.1) - взрывобезопасных с искробезопасной электрической цепью.

Аппаратура АКТ-2 работает следующим образом. В нормальном режиме автогенератор на транзисторе *V1* (рис. 20) генерирует импульсы определенной полярности, что вызывает срабатывание реле *K1*, которое своим контактом *K1* размыкает цепь реле *K4*.

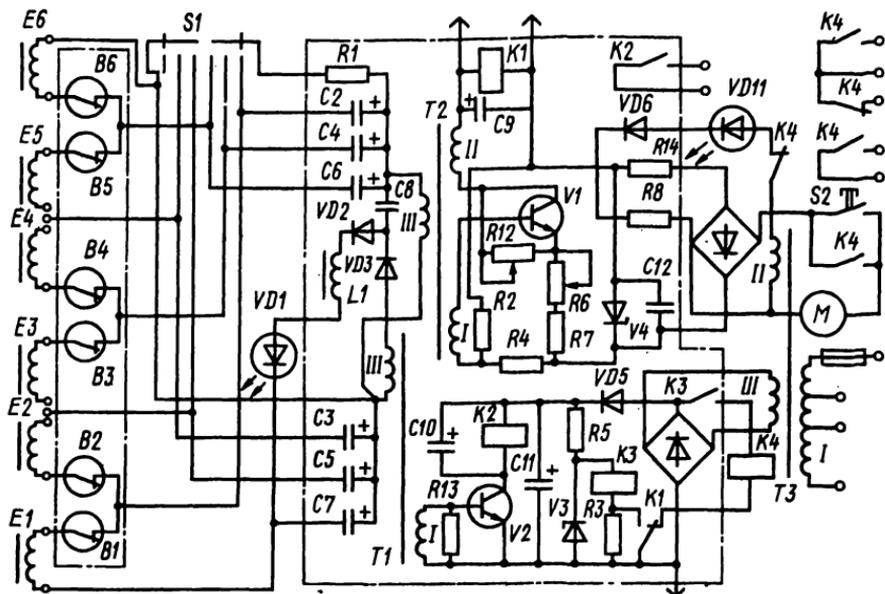


Рис. 20. Принципиальная электрическая схема аппаратуры АКТ-2

Контакт этого реле подключает к источнику питания светодиод  $VD11$ , сигнализирующий о нормальном режиме работы аппарата. Одновременно напряжение с обмотки  $III$  трансформатора  $T2$  подается через конденсаторы  $C2 - C7$  на датчики  $E1 - E6$ , индуктивность которых достаточно велика (3000 мГн) и не оказывает существенного воздействия на режим работы генератора.

При увеличении температуры одного из датчиков, например  $E1$ , магнитная проницаемость его сердечника и, следовательно, индуктивность уменьшается, а ток в цепи  $C2 - E1 - B1 - C6$  возрастает. Дальнейшее увеличение температуры и соответствующее увеличение тока в обмотке  $III$  трансформатора  $T2$  вызывает срыв колебаний автогенератора, вследствие чего транзистор  $V1$  запирается и реле  $K1$  обесточивается.

Реле  $K1$  своим размыкающим контактом включает реле  $K4$  (контакт реле  $K3$  в цепи  $K4$  замкнут, так как реле  $K3$  остается во включенном состоянии через резистор  $R3$ ). В результате гаснет светодиод  $VD11$  ("Нормальная работа") на крышке аппарата. Реле  $K4$  своим замыкающим контактом включает двигатель  $M$  герконового переключателя, который определяет номер сработавшего датчика путем поочередного размыкания контактов  $B2 - B6$ . Когда разомкнется контакт в цепи перегретого датчика, работа автогенератора восстановится, реле  $K1$  сработает и обесточит реле  $K4$ , которое отключит двигатель  $M$ . Последний укажет номер перегретого датчика.

Кроме того, гаснет светодиод *VD1* ("Обрыв"), указывая на обрыв цепи датчика контактом *B1 B6*. После устранения причины перегрева датчика необходимо восстановить целостность его цепи. Для этого нажимают кнопку *S2* ("Сброс"), устанавливая указатель герконового переключателя между номерами датчиков *1* и *6*. Светодиод при этом должен загореться.

В аппаратуре АКТ-2 непрерывно контролируется целостность цепей датчиков *E1* и *E6*. Когда цепь не повреждена, светодиод *VD1* ("Обрыв") горит и по первичной обмотке трансформатора *T1* проходит ток. Транзистор *V2*, включенный во вторичную обмотку *T1*, открыт и реле *K2* включено. При обрыве цепи любого датчика ток в первичной обмотке трансформатора *T1* отсутствует, транзистор *V2* запирается и реле *K2* обесточивается. Своим контактом оно включает у диспетчера предупредительный сигнал. Одновременно гаснет светодиод "Обрыв".

Выходное реле *K4* в нормальном режиме обесточено. Поэтому при снятии напряжения с аппарата аварийный сигнал не подается. Чтобы при подаче напряжения на аппарат реле *K4* кратковременно не включалось и не подавался аварийный сигнал, введено дополнительно реле *K3*, которое включается контактом реле *K1*, шунтирующим резистор *R3*.

## 2.7. АППАРАТЫ КОНТРОЛЯ СКОРОСТИ

Аппараты контроля скорости используют на горных предприятиях в основном для контроля за движением ленты на ленточных конвейерах и за движением и целостностью (т.е. обрывом) цепи на скребковых конвейерах. Они могут применяться также для контроля работы других механизмов, например качающихся питателей, грохотов.

Для использования на обогатительных фабриках выпускается устройство контроля скорости УКС. Оно снабжено узлом аварийного отключения конвейера из любой точки по его трассе. Устройство УКС выпускается в двух модификациях:

УКС. 1 - для контроля скорости ленты ленточного конвейера в пределах 0,6 - 5 м/с, состоящее из аппарата контроля скорости КС и датчика бесконтактного контроля вращения БКВ;

УКС.2 - для контроля движения цепи одноцепного скребкового конвейера в пределах скоростей 0,4-1,6 м/с, состоящее из аппарата КС и магнитоиндукционного датчика ДМ-2М.

Принцип работы. Аппарат контроля скорости КС (рис. 21) устройства УКС состоит из источника питания ИП, входного узла ВУ, преобразователя ПР, узла настройки УН, коммутатора уровней сравнения КУС, узла сравнения УС, выходного блока ВВ и узла аварийного отключения УАО, к которому подключены соединенные последовательно кабель-тросовые выключатели *КТВ1 - КТВn* и концевой диод *VD21*.

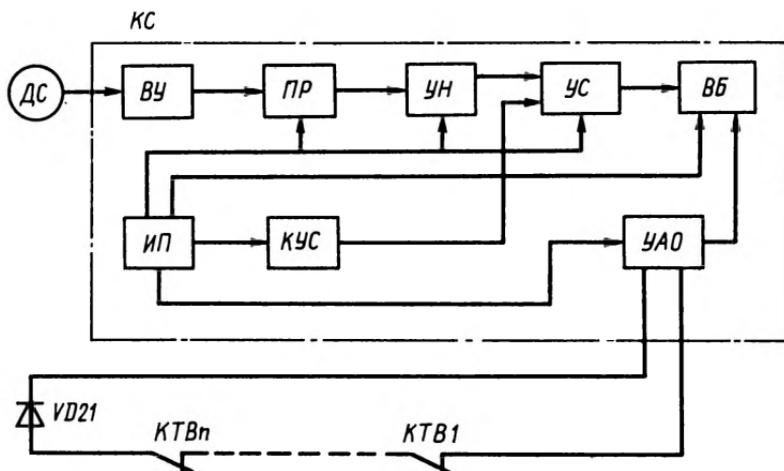


Рис. 21. Структурная схема устройства контроля скорости УКС

Сигнал переменного тока с датчика *ДС*, частота которого пропорциональна скорости контролируемого механизма, подается во входной узел *ВУ*, в котором происходит удвоение частоты и разделение искробезопасной цепи датчика от искроопасных цепей аппарата *КС*. Затем в преобразователе *ПР* частотный сигнал датчика преобразуется в аналоговый и через узел настройки *УН* на узел сравнения *УС*. На него поступает также сигнал с коммутатора уровней сравнения *КУС*. Если уровень сигнала фактической скорости с узла *УН* соответствует заданным уровням сравнения, то сигнал с узла *УС* поступает в выходной блок *ВБ*, в котором включается исполнительное реле. В противном случае выходной сигнал с узла *УС* отсутствует и исполнительное реле отключено.

Для аварийного отключения конвейера необходимо воздействовать на выключатели *КТВ* из любой точки трассы. При этом в узле *УАО* формируется команда на отключение реле выходного блока *ВБ*, которое, в свою очередь, отключает конвейер.

Рассмотрим работу устройства УКС применительно к ленточному конвейеру.

Источник питания ИП состоит из двух каналов напряжения постоянного тока: первый канал (9 В) содержит обмотку II трансформатора *T2* (рис. 22), выпрямительный мост *VD17*, конденсатор фильтра *C24* и стабилизатор на элементах *R46*, *R47*, *C25*, *C26*, *VT10*, *VT11*, *VD19*, *VD20*; второй канал содержит обмотку II *T2*, диод *VD18* и конденсатор фильтра *C23*. Пульсирующее напряжение для управления транзистором *VT3* узла *КУС* снимается с обмотки II. Искробезопасная цепь узла *УАО* питается от обмотки III трансформатора *T2*.

Входной узел *ВУ* содержит полупроводниковый мост на дио-

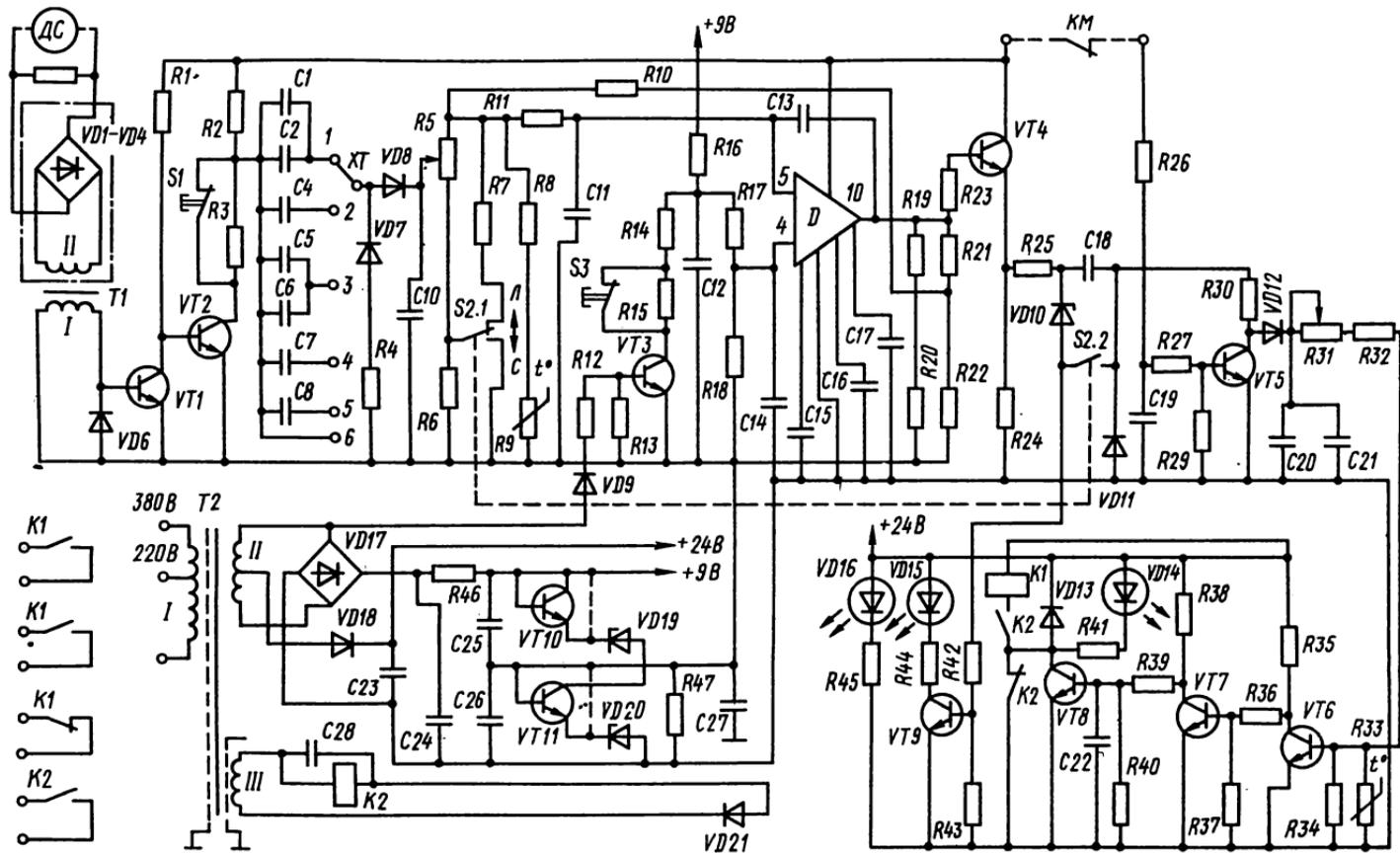


Рис. 22. Принципиальная электрическая схема устройства контроля скорости УКС

дах  $VD1$   $VD4$  для получения пульсирующего напряжения удвоенной частоты и искрозащиты цепи датчика  $ДС$  и разделительный трансформатор  $T1$ .

Преобразователь ПР содержит диоды  $VD6 - VD8$ , транзисторы  $VT1$  и  $VT2$ , резисторы  $R1 - R4$ , конденсаторы  $C1 - C10$ , переключатель  $XТ$  и кнопку  $S1$  ("Проверка"). Транзисторы  $VT1$  и  $VT2$  работают в режиме электронного ключа. Конденсаторы  $C1 - C8$  предназначены для выбора с помощью переключателя  $XТ$  одного из пяти поддиапазонов контролируемых скоростей ленты. При контроле движения цепи скребкового конвейера переключатель  $XТ$  устанавливают в положение 6.

Когда конвейер не включен и сигнал датчика  $ДС$  отсутствует, транзистор  $VT1$ , заперт,  $VT2$  открыт, конденсаторы  $C1$ ,  $C2$  разряжены, напряжение на конденсаторе  $C10$  отсутствует. После включения конвейера сигналы датчика с частотой, пропорциональной скорости ленты, поступают через входной узел  $ВУ$  на базу транзистора  $VT1$ . С этой частотой транзистор  $VT1$  открывается и происходит зарядка конденсаторов  $C1$ ,  $C2$  (при установке переключателя  $XТ$  в положение 1). Зарядным током этих конденсаторов заряжается интегрирующий конденсатор  $C10$ . При открытом транзисторе  $VT2$  конденсаторы  $C1$ ,  $C2$  разряжаются. Затем этот цикл повторяется. Количество энергии для зарядки конденсаторов  $C1$ ,  $C2$  и  $C10$  в течение одного цикла постоянно. Поэтому напряжение на конденсаторе  $C10$  будет пропорционально только частоте сигнала датчика и, следовательно, скорости ленты.

Коммутатор уровней сравнения КУС содержит диод  $VD9$ , резисторы  $R12 - R18$ , транзистор  $VT3$ , конденсатор  $C12$  и кнопку  $S3$ . Он формирует сигнал в виде двух фиксированных (заданных) уровней опорного напряжения  $U_{он}$ , меняющихся с частотой включения транзистора  $VT$  (50 Гц). Верхний уровень опорного напряжения (транзистор  $VT3$  заперт) соответствует номинальной скорости ленты конвейера, т.е.  $1,0 v_{ном}$ , нижний уровень напряжения ( $VT3$  открыт) - скорости ленты  $0,75v_{ном}$ .

Узел настройки УН на номинальную скорость ленточного конвейера содержит резисторы  $R5$   $R11$ , конденсатор  $C11$  и контакт  $S2.1$  тумблера  $S2$ . Резистор  $R5$  предназначен для установки напряжения фактической скорости, близкого к верхнему опорному уровню. Резистор  $R11$  и конденсатор  $C11$  служат для сглаживания пульсаций напряжения.

Узел сравнения УС выполнен на операционном усилителе  $D$ . Он содержит конденсаторы  $C13$   $C17$ , резисторы  $R19$   $R25$  и транзистор  $VT4$ . Напряжение сигнала  $U_{вх}$ , пропорциональное скорости конвейера, подается на неинвертирующий вход 5 усилителя  $D$  и сравнивается с напряжением опорных уровней, поступающим на инвертирующий вход 4. Результат сравнения в виде напряжения  $U_{вых}$  снимается с входа 10.

Когда уровень сигнала фактической скорости  $U_{вх}$  находится между заданными уровнями опорного напряжения, на выходе 10

усилителя и на базе транзистора *VT4* будет переменное напряжение.

Если  $U_{вх}$  превышает верхний уровень  $U_{оп}$  или становится меньше его нижнего уровня, то на выходе *10* усилителя и на транзисторе *VT4* будет постоянное напряжение соответственно высокого или низкого уровней.

Выходной блок ВВ предназначен для: усиления выходного сигнала устройства *УС*; включения и отключения выходного реле *K1*; обеспечения выдержки времени на включение выходного реле *K1* после размыкания контакта пускателя *KМ*; создания выдержки времени на отключение *K1* после исчезновения сигнала на выходе устройства сравнения *УС*; индикации наличия напряжения питания, состояния реле *K1* и *K2*.

Выходной блок содержит резисторы *R25* *R45*, конденсаторы *C18* - *C22*, стабилитрон *VD10*, диоды *VD11* *VD13*, транзисторы *VT5* *VT9*, светодиоды *VD14* *VD16*, реле *K1*, контакт *S2.2* тумблера *S2*.

Выдержка времени на включение реле *K1* создается времязадающим узлом на элементах *R26*, *R27*, *R29*, *C19* и *VT5* только при подключенном к зажимам *12*, *13* аппарата *КС* размыкающим контакте *KМ*. В этом случае транзистор *VT5* открыт. Он шунтирует выходной сигнал устройства сравнения *УС*. После замыкания контакта *KМ* транзистор *VT5* запирается с выдержкой времени 2-6 с, определяемой временем разрядки конденсатора *C19* и становится возможным включение реле *K1*.

Регулируемая выдержка времени на отключение *K1* создается присоединением на вход усилителя на транзисторах *VT6* - *VT8* времязадающей цепочки, содержащей элементы *C20*, *C21*, *R31*. Индикация настройки выполнена на красном светодиоде *VD15*.

Транзисторный ключ *VT9* управляется выходным сигналом устройства сравнения *УС*.

Узел аварийного отключения УАО содержит искробезопасную обмотку *III* трансформатора *T2*, реле *K2*, конденсатор *C28* и концевой диод *VD21*. В исходном состоянии через реле *K2*, концевой диод и замкнутые контакты выключателей *КТВ* проходит ток, в результате чего реле *K2* включено и его переключающий контакт присоединяет обмотку реле *K1* к коллектору транзистора *VT8*.

При размыкании контакта выключателя *КТВ* разрывается цепь питания реле *K2*. Его переключающий контакт размыкает цепь обмотки реле *K1* и подключает зеленый светодиод *VD14* к минусу источника питания, вследствие чего он продолжает светиться. Реле *K1*, отключаясь, выдает сигнал на отключение привода контролируемого конвейера. Светодиод *VD15* при этом гаснет.

Аналогично происходит остановка конвейера при коротком замыкании в линии аварийного отключения.

Настройка УКС при работе с ленточным конвейером. Коммутационные элементы устройства должны находиться в следующих положениях: переключатель *ХТ* - в положении *1* - *5*; тум-

блер  $S2$  - в положении  $L$  ("Ленточный"); контакт  $KM$  в цепь не включен.

Рассмотрим последовательность настройки. Поворачивая ось резистора  $R5$  ("Настройка") по часовой стрелке в крайнее положение, устанавливают на входе  $5$  усилителя  $D$  максимальный сигнал  $U_{\text{вх}}$  и запускают конвейер. После его разгона светодиод  $VD15$  ("Настройка") начинает ярко светиться, так как на выходе  $10$  усилителя  $D$  появляется постоянное напряжение высокого уровня, которое через транзистор  $VT4$ , резистор  $R25$  и стабилитрон  $VD10$  поступает на базу транзистора  $VT9$ .

Нажатием кнопки  $S3$  ("Настройка") устанавливают на коммутаторе  $KУС$  нижний уровень опорного напряжения, соответствующий  $0,97v_{\text{ном}}$ . Одновременно, не отпуская кнопку, медленно вращают ось резистора  $R5$  против часовой стрелки и уменьшают таким образом уровень сигнала  $V_{\text{вх}}$  до значения, находящегося между верхним и нижним опорными уровнями в данном режиме, соответствующими скоростям  $1,0v_{\text{ном}}$  и  $0,97v_{\text{ном}}$ . При этом на выходе  $10$  усилителя  $D$  и эмиттере транзистора  $VT4$  появляется напряжение переменного тока, которое через резистор  $R25$ , конденсатор  $C18$ , резистор  $R30$ , диод  $VD12$  и резисторы  $R31$ ,  $R32$  подается на вход усилителя на транзисторах  $VT6 - VT8$ . Включается реле  $K1$ , начинает светиться светодиод  $VD14$ , яркость свечения светодиода  $VD15$  уменьшается, поскольку он периодически гаснет с частотой напряжения  $V_{\text{вх}}$ . Затем кнопку  $S3$  отпускают и вращением оси резистора  $R31$  устанавливают необходимую выдержку времени на отключение.

После этого проверяют, отключится ли реле  $K1$  при снижении скорости ленты на  $25\%$ . Напряжение фактической скорости  $U_{\text{вх}}$ , подаваемое на вход  $5$  усилителя  $D$ , пропорционально частоте сигнала и разности напряжений на конденсаторах  $C1$ ,  $C2$  (при установке переключателя  $XТ$  в положение  $1$ ) в периоды зарядки и разрядки. Проверку выполняют путем снижения частоты (скорости) на  $25\%$ . Для этого нажимают кнопку  $S1$  ("Проверка"), контакт которой вводит в цепь транзистора  $VT2$  резистор  $R3$ , образующий в полупериоды разрядки конденсаторов  $C1$ ,  $C2$  делитель напряжения  $R2 - R3$ . Поэтому разрядка конденсаторов происходит не до нуля и импульсы напряжения при последующих циклах зарядки  $C1$ ,  $C2$  оказываются соответственно меньшими. В результате  $U_{\text{вх}}$  на входе  $5$  усилителя  $D$  пропорционально падает и становится меньше нижнего опорного уровня. При этом гаснут светодиоды:  $VD15$  и с выдержкой времени на отключение -  $VD14$ . Реле  $K1$  отключается.

Настройка закончена и аппаратура готова к работе.

Аналогично настраивается аппаратура  $УКС$  при работе со скребковым конвейером. В этом случае переключатель  $XТ$  устанавливают в положение  $6$  и к зажимам  $12$ ,  $13$  подключают контакт  $KМ$  пускателя, если необходима задержка на срабатывание реле  $K1$ .

## 2.8. АППАРАТЫ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ И ЗАПОЛНЕНИЯ БУНКЕРОВ

Действие большинства аппаратов, контролирующих уровень электропроводящих и сыпучих материалов, основано на возникновении электрического контакта между этими материалами и установленным на определенной высоте электродом.

Для применения в шахтах, опасных по газу или пыли, в настоящее время серийно выпускается реле контроля уровня РКУ.1М. Оно рассчитано для работы с датчиками уровня ДУ (см. рис. 7,б), однако допускается применять и другие типы датчиков, например электродные, щеточные. Электрические цепи датчиков имеют искробезопасные параметры. Уровень взрывозащиты реле - РВ, вид взрывозащиты 3В, Ia. Степень защиты IP54.

Реле РКУ.1М может работать в трех режимах: контроля одного уровня, контроля двух уровней (нижнего и верхнего) и сигнализации по неизолированным проводам. Необходимый режим устанавливается с помощью тумблеров S2 и S5 (рис. 23), которые при контроле уровня переключают в положение "Уровень". В зависимости от переходного сопротивления между контролируемой средой и датчиком выбирают один из двух диапазонов контроля: от 0 до 150 кОм и от 150 кОм до 3 МОм. Для этого тумблер S3 устанавливают в положение соответственно "150 кОм и 3 МОм".

Промежуточное реле K3 и выходные реле K1 и K2 включаются с выдержкой времени 0,8 - 8 с, которая регулируется потенциометром R13 ("Время"). Реле K1 предназначено для коммутации искроопасных цепей, а реле K2 - для искробезопасных. Эти реле управляются электронным блоком, который представляет собой усилитель с релейной характеристикой, выполненный на операционном усилителе D в интегральном исполнении и двух транзисторных ключах (первый - на транзисторах V14, V15, второй - на транзисторе V16). Промежуточное реле K3 с помощью тумблера S4 включается в коллекторную цепь первого ключа (в положении I тумблера) или второго ключа (в положении II). В первом случае при отсутствии сигнала на входе РКУ.1М (цепь датчика разорвана) реле K3 включено, во втором - отключено.

Рассмотрим работу реле РКУ.1М при контроле двух уровней. Тумблер S4 необходимо установить в положение II. Датчик (электрод) верхнего уровня B2 подключают к зажиму 14; датчик нижнего уровня B1 - к зажиму 15. На датчиках ДУ, с которыми работает реле РКУ.1М, имеются охранные кольца, предназначенные для повышения надежности работы реле при значительной утечке тока с датчика на землю. К этим кольцам с зажима 13 подводится положительный потенциал, преграждающий путь токам утечки.

Замыканием выключателя S1 на трансформатор T подается

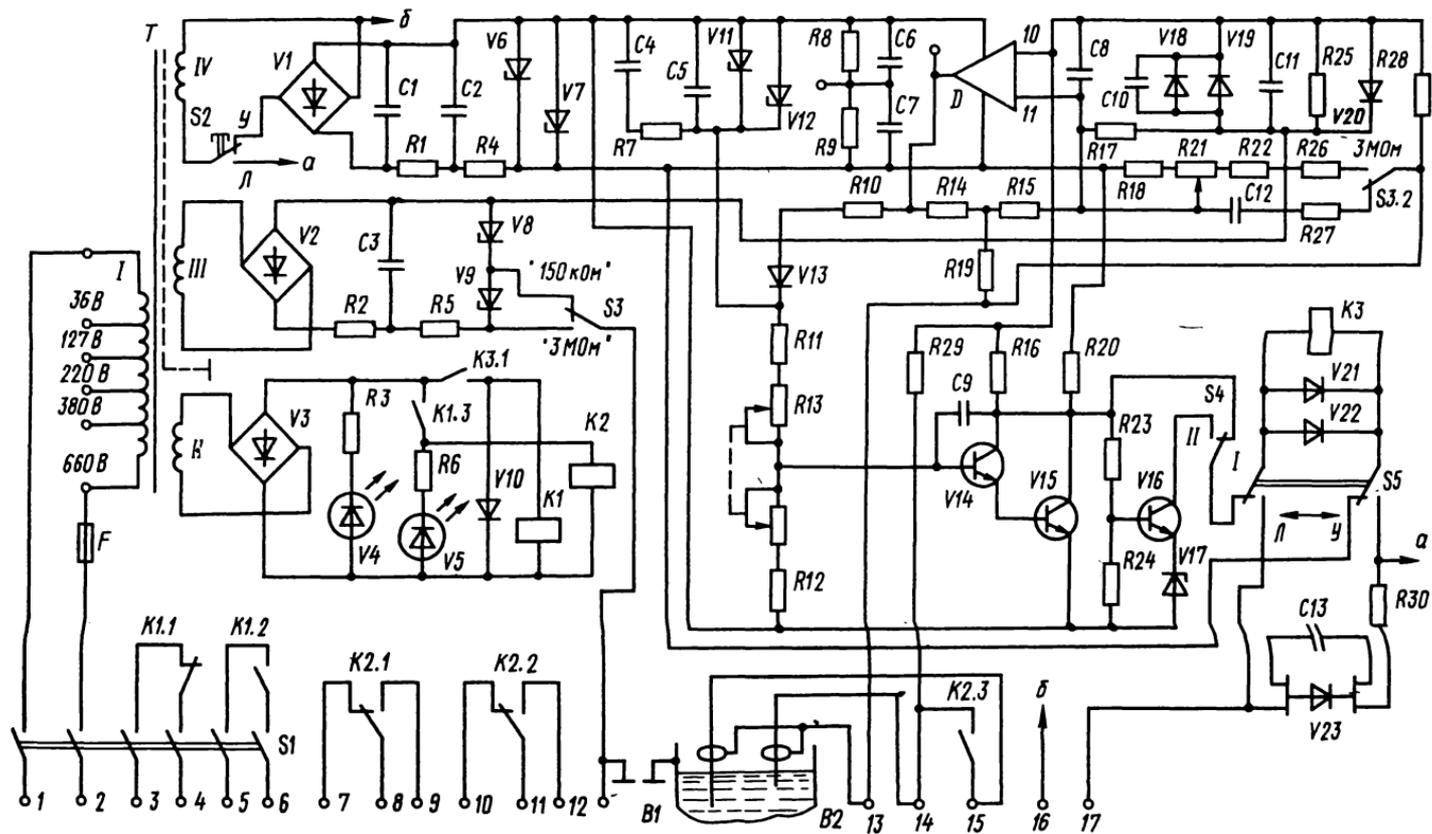


Рис. 23. Принципиальная электрическая схема реле контроля уровня РКУ.1М

напряжение. При этом должен загореться светодиод *V4*. В исходном состоянии установки, т.е. при опорожненной накопительной емкости (бункера, водосборника) датчики *B1* и *B2* не контактируют со средой; промежуточное реле *K3* и выходные реле *K1* и *K2* отключены. Светодиод *V5* не горит.

Когда контролируемый материал прикоснется к датчику *B1*, никаких изменений в состоянии элементов аппаратуры не произойдет, поскольку цепь этого датчика разомкнута контактом *K2.3* выходного реле *K2*. При дальнейшем заполнении накопительной емкости и замыкании электрической цепи датчик *И2* контролируемая среда образует цепь: плюс параметрического стабилизатора *V8* или *V9*-зажим "Земля" - переходное сопротивление между контролируемым материалом и датчиком *B2* - резисторы *R29* и *R25* - минус стабилизатора. Проходящий по этой цепи ток создает на резисторе *R25* падение напряжения, которое прикладывается ко входу *10* усилителя *D*. На вход *11* усилителя подается напряжение уставки переходного сопротивления, которое при настройке реле РКУ.1М устанавливается потенциометром *R21* ("Чувствительность") в соответствии с фактическим переходным сопротивлением материала.

При равенстве напряжений на входах *10* и *11* напряжение на выходе усилителя *D* уменьшается до значения, при котором первый ключ запирается, а второй (*V16*) открывается. Реле *K3*, *K1* и *K2* срабатывают; светодиод *V5* начинает светиться.

Когда емкость опорожняется, контакт датчика *B2* с контролируемым материалом разрывается, но реле *K3*, *K1* и *K2* не отключаются, поскольку ток в рассмотренной выше цепи продолжает проходить через контакт датчика *B1* с материалом и замкнувшийся контакт *K2.3*. Реле отключаются поэтому только при опускании материала в емкости ниже датчика *B1*. Светодиод *V5* гаснет.

Для контроля течек, мест пересыпа и верхнего уровня в угольных бункерах тумблер *S4* необходимо установить в положение *I*, а датчик присоединить к зажиму *14*.

## 2.9. АППАРАТЫ КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ЧАСТЕЙ

Для контроля положения крупных подвижных объектов, выполненных из электропроводных материалов (вагонеток, электровозов, подъемных сосудов, автосамосвалов, железнодорожных вагонов), контроля занятости участка пути на подземном транспорте, контроля схода скипов с рельсов в наклонных стволах выпускают датчик контроля положения подвижных объектов ДКП-М. Он состоит из:

усилителя датчика контроля УДК-2, предназначенного для выдачи и приема электромагнитных импульсов на антенну с последующим их усилением, а также для коммутации выходных цепей;

передающей антенны датчика АДИ-2, предназначенной для излучения высокочастотных электромагнитных колебаний, создаваемых усилителем УДК-2;

приемной антенны датчика АДП-2, предназначенной для приема высокочастотных колебаний и передачи их в усилитель УДК-2.

Все узлы датчика ДКП-М имеют взрывобезопасное исполнение.

Выпускаются также унифицированные датчики контроля положения серии ДКПУ, имеющие различные модификации:

ДКПУ-11, ДКПУ-21, состоящие из первичного преобразователя ПП-1 и исполнительного блока соответственно БИ-1 (для шахт, опасных по газу или пыли) или БИ-2 (для установки на поверхности шахт). Они предназначены для контроля положения шахтных вагонеток, скипов, клетей, ляд главных вентиляторных установок и др.;

ДКПУ-12, ДКПУ-22, состоящие из первичного преобразователя ПП-1 с магнитом МПП и исполнительного блока соответственно БИ-1 и БИ-2. Эти модификации предназначены для концевой защиты, например для защиты подъемных установок от переподъема.

## 2.10. АППАРАТЫ КОНТРОЛЯ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

В системах автоматического управления процессами на горнодобывающих и горнообогатительных предприятиях во избежание возникновения аварий необходимо непрерывно контролировать работу электродвигателей технологического оборудования. Для этой цели используется различная аппаратура: ДР-1, КРОК, КОРД и др.

Датчик рабочего режима ДР-1 предназначен для контроля работы электродвигателей проходческих комбайнов. Он состоит из: трансформатора тока  $TA$  (рис. 24,а), первичной обмоткой которого служит жила кабеля, питающего комбайн; выпрямителя  $U$  с параметрическим стабилизатором ( $C1, VD1, VD2, R2$ ); сглаживающего фильтра  $C2, R3$ ; порогового каскада на транзисторе  $VT1$ ; эмиттерного повторителя на транзисторе  $VT2$ ; реле  $K$  с магнитоуправляемым контактом.

Электрические цепи датчика питаются от трансформатора тока  $TA$ . В исходном состоянии при токе в первичной обмотке  $TA$  меньшем порогового значения, транзистор  $VT1$  открыт до насыщения. Когда ток нагрузки достигнет порогового значения, транзистор  $VT1$  заперется. При этом конденсатор  $C4$  заряжается, транзистор  $VT2$  открывается и реле  $K$  срабатывает. Пороговое значение тока срабатывания задается переменным резистором  $R4$ .

Комплекс контроля работы очистных комбайнов КРОК выпускается вместо изготавливаемого ранее и широко применяющегося на шахтах датчика рабочего режима ДР-2.

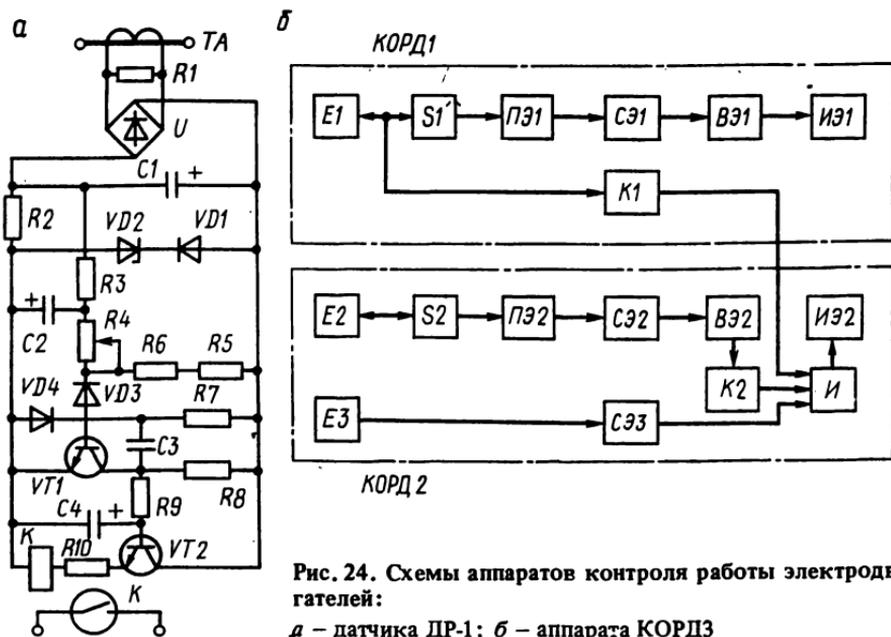


Рис. 24. Схемы аппаратов контроля работы электродвигателей:

а - датчика ДР-1; б - аппарата КОРДЗ

Аппарат контроля работы электродвигателей горных машин КОРД обеспечивает: автоматическое отключение электродвигателя при обрыве одной из фаз; защиту электродвигателя при технологических перегрузках; контроль по току работы электродвигателя, т.е. информацию его включенного состояния.

Аппарат КОРД имеет три варианта исполнения в зависимости от выполняемых им функций:

КОРД1 - для автоматического отключения электродвигателей при опрокидывании и незавершившемся пуске;

КОРД2 - для контроля по току за работой электродвигателей или защиты при технологических перегрузках;

КОРД3 - для автоматического отключения электродвигателей при опрокидывании и незавершившемся пуске, а также для выполнения одной из следующих функций: контроля по току за работой электродвигателя; защиты его при технологических перегрузках; автоматического отключения при обрыве одной из фаз.

Каждый вариант исполнения аппарата имеет два типоразмера:

I - для защиты электродвигателей мощностью до 30, 40, 50 кВт;

II - для защиты электродвигателей мощностью свыше 40, 55, 70 кВт при напряжении питания соответственно 380, 500, 660 В переменного тока частотой 50 Гц.

Аппараты КОРД1 и КОРД2 выполнены в виде отдельных блоков, залитых эпоксидным компаундом; аппарат КОРД3 (рис. 24,б) состоит из аппаратов КОРД1 и КОРД2, соединенных перемычкой.

Аппарат КОРД1 работает следующим образом. Ток электродвигателя измеряется датчиком тока  $E1$ , преобразуется в напряжение, пропорциональное току, которое включает ключевую схему  $K1$  и поступает на переключатель уставок срабатывания  $S1$ , а затем на пороговый элемент  $ПЭ1$ . Когда ток электродвигателя превышает уровень, заданный переключателем  $S1$  и пороговым элементом  $ПЭ1$ , на времязадающем элементе  $ВЭ1$  появляется напряжение, которое стабилизируется элементом  $СЭ1$ . Если ток повышенного значения проходит дольше, чем уставка времязадающего элемента  $ВЭ1$  (2,2 с), то последний включает исполнительный элемент  $ИЭ1$ , который своим замыкающим контактом отключает цепь управления защищаемого двигателя, и он останавливается. Реле аппарата КОРД1 возвращается в исходное состояние, и аппарат вновь оказывается подготовленным к работе. Ключевая схема  $K1$  предназначена для контроля целостности фазы питания двигателя и наличия в ней тока. Она отключена, если ток в контролируемой фазе отсутствует.

В аппарате КОРД2 ток электродвигателя измеряется датчиками тока  $E2$  и  $E3$ , включенными в две фазы, и преобразуется в напряжение, которое поступает: от  $E2$  - на переключатель уставки контроля тока  $S2$ ; от  $E3$  на стабилизирующий элемент  $СЭ3$ . С переключателя  $S2$  сигнал поступает на пороговый элемент  $ПЭ2$ . Когда ток электродвигателя превышает уровень, заданный переключателем  $S2$  и элементом  $ПЭ2$ , на времязадающем элементе  $ВЭ2$  появляется напряжение, которое стабилизируется элементом  $СЭ2$ . Если в этом случае длительность прохождения тока превышает время, заданное элементом  $ВЭ2$ , то последний включает ключевую схему  $K2$ , которая воздействует на схему совпадения  $И$ . При наличии на ее входах одновременно сигналов: от ключевой схемы  $K2$ , датчика тока  $E3$  и замкнутом состоянии цепей контроля третьей фазы исполнительное реле  $ИЭ2$  включается и подает сигнал о прохождении по электродвигателю тока, превышающего заданное значение. Времязадающий элемент  $ВЭ2$  обеспечивает выдержку времени срабатывания элемента  $ИЭ2$  до 0,3 с при разомкнутых зажимах 9, 19 (на схеме не показаны) и выдержку 10 с при замкнутых зажимах.

Если ток защищаемого электродвигателя во всех трех фазах не превышает заданную переключателем  $S2$  уставку, то исполнительное реле  $ИЭ2$  отключено и сигнализирует о целостности фаз. При обрыве одной из фаз обесточится соответствующий датчик тока, реле  $ИЭ2$  включится и своим замыкающим контактом отключит цепь управления защищаемого электродвигателя.

## 2.11. АППАРАТУРА КОНТРОЛЯ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАНА В ШАХТНОЙ АТМОСФЕРЕ

Содержание метана в атмосфере горных выработок и помещений углеобогатительных фабрик контролируется специальной аппаратурой - стационарной (см. разд. 8) и переносной. К

последней относятся: переносное метан-реле СШ-2 (в настоящее время не выпускается); сигнализатор метана "Сигнал.2"; метан-реле ТМРК-3.

Сигнализатор метана малогабаритный с цифровой индикацией "Сигнал.2" предназначен для непрерывного измерения содержания (по объему) метана в воздухе с цифровой индикацией показаний и выдачи светового и звукового сигналов при достижении концентрации метана значения уставки. Он применяется в подземных выработках шахт, опасных по метану, в местах, где Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах (ПБ) [7] предусмотрен контроль рудничной атмосферы с помощью переносных автоматических приборов.

Концентрация метана в единицах и десятых долях процентов высвечивается на цифровом индикаторе. Сигнализатор подает следующие сигналы: прерывистый звуковой и световой сигналы, когда концентрация метана превышает значение уставки; непрерывный звуковой и световой сигналы, когда блок питания разряжен и функции измерения содержания метана и напряжения питания не выполняются.

Сигнализатор "Сигнал.2" закрепляется за определенным, ответственным за него работником шахты. Он должен доставить сигнализатор на выработку со свежей струей воздуха, если персонал покинет зону, в которой содержание (концентрация) метана превысило допустимые ПБ нормы [7].

Метан-реле для забойных машин ТМРК-3 предназначено для автоматического отключения электроэнергии, подаваемой на забойную машину при недопустимой концентрации метана, а также для подачи звукового и светового сигналов о срабатывании метан-реле.

Метан-реле ТМРК-3 состоит из следующих узлов: головки метан-реле МРГ-1, осуществляющей обработку информации о концентрации метана выдачу отключающего сигнала на выключатель защитного кожуха КЗМ-1, а также подачу уведомляющих звукового и светового сигналов о срабатывании метан-реле; блока питания ПБИ-1; защитного кожуха КЗМ-1.

Первичным преобразователем концентрации метана в пропорциональную электрическую величину служит датчик метана (рис. 25, а). Он состоит из рабочего  $R_p$  и сравнительного  $R_c$  элементов, которые располагаются в общей камере, чтобы изменение параметров окружающей среды не влияло на точность измерений. Оба элемента представляют собой цилиндры из активной окиси алюминия с намотанными на них спиральями из платиновой проволоки. На поверхность рабочего элемента нанесен слой платины и палладия.

Принцип действия метан-реле основан на измерении термоэффекта при беспламенном сжигании метана на поверхности платинопалладиевого катализатора. Рабочий  $R_p$  (рис. 25, б) и сравнительный  $R_c$  элементы образуют два плеча измерительного моста; два других плеча составлены резистором  $R_{22}$  вместе с

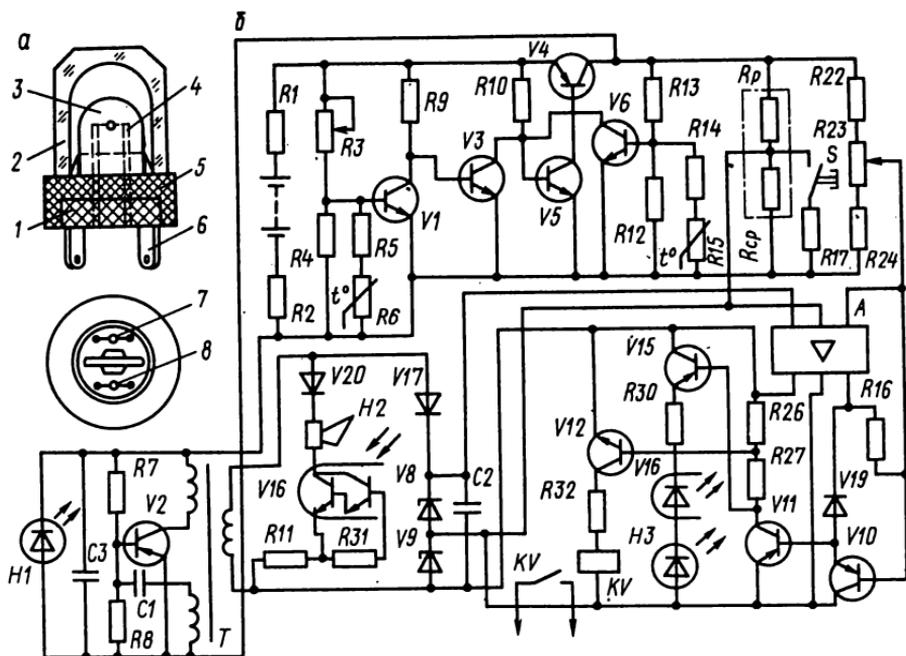


Рис. 25. Метан-реле для забойных машин ТМРК-3:

*a* датчик метана; *б* принципиальная электрическая схема; 1 компаунд; 2 взрывозащитный элемент; 3 экран; 4 - стойка; 5 колодка; 6 - лепесток; 7 - рабочий элемент; 8 - сравнительный элемент

верхней от ползунка частью резистора  $R23$  и резистором  $R24$  с нижней частью  $R23$ . При отсутствии метана в воздухе сопротивление рабочего и сравнительного элементов одинаково. Когда появляется метан и сгорает на рабочем элементе, выделяется дополнительное тепло и сопротивление его возрастает. Измерительный мост настраивают резистором  $R23$  таким образом, чтобы при концентрации метана 2% он был уравновешен.

Сигнал с измерительной диагонали моста усиливается полупроводниковым усилителем, предварительные каскады которого собраны на микросхеме  $A$ , а выходные - на транзисторах  $V11$ ,  $V12$  и  $V15$ . Выход одного каскада нагружен на последовательно соединенные оптрон  $V16$  и светодиод  $H3$ , а выход другого - на обмотку исполнительного реле. При концентрации метана, большей 2%, контакты этого реле, введенные в цепь дистанционного управления пускателем комбайна, отключают пускатель. Одновременно подаются звуковой (микрофоном  $H2$ ) и световой (светодиодом  $H3$ ) сигналы.

Доставка сменного блока, состоящего из состыкованных головки метан-реле МРГ-1 и блока питания ПБИ-1, в шахту и из шахты на поверхность, а также наблюдение за работой метан-реле на комбайне возлагаются на машинистов комбайнов и их

помощников. В шахте сменный блок вставляют в защитный кожух КЗМ-1, смонтированный на комбайне. Не закрывая его крышку, запускают электродвигатель комбайна. Затем следует нажать кнопку *S* на головке МРГ-1. Контакт кнопки подключает резистор *R17* параллельно сравнительному элементу  $R_{cp}$ . В результате уменьшается сопротивление соответствующего плеча измерительного моста, что равносильно увеличению сопротивления рабочего элемента  $R_p$ . Таким образом имитируется повышение концентрации метана сверх 2%. При исправном метан-реле оно срабатывает и двигатель отключается. Крышку защитного кожуха закрывают.

Сменный блок после окончания смены выдают на поверхность. Если энергия блока питания использована неполностью, то расстыковку не производят, пока не погаснет зеленый сигнал (светодиод *Н1*) на головке МРГ-1. После этого блок питания отсоединяют и ставят на зарядку.

## 2.12. КОММУТАЦИОННАЯ АППАРАТУРА СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

**Общие сведения.** В системах автоматики коммутационная аппаратура применяется в цепях управления для подачи управляющих импульсов и выбора режима работы систем и в главных цепях для подачи питания на исполнительные элементы.

Для цепей управления используют:

взрывобезопасные блоки управления БУВ-4, содержащие восемь кнопочных элементов (из них два - с фиксацией), которые способны коммутировать токи до 4 А при напряжении 36 В;

переключатели цепей управления ПЦУ.2.1М и ПЦУ.4.1М с коммутационным аппаратом - универсальным кулачковым переключателем серии ПКУЗ;

кнопочные посты и командоконтроллеры [3] и др.

В главных цепях применяют: ручные пускатели со штепселем, рассчитанные на ток 10 А при напряжении 380 В и 6 А - при 660 В; электромагнитный рудничный пускатель автоматики ПРА и др.

Рудничный пускатель автоматики ПРА предназначен для управления и защиты приводов: толкателей ПВМ, задвижек ПЗ-1, ствольных дверей ПДС-1, моторных стрелочных ПМС-4, используемых в системах дистанционного, централизованного и автоматического управления шахтными механизмами. Пускатель может применяться в выработках угольных и сланцевых шахт, опасных по газу или пыли, в которых согласно требованию ПБ [7] должно устанавливаться электрооборудование с уровнем взрывозащиты "РВ".

Номинальные напряжения коммутируемых пускателем трехфазных цепей 127, 220, 380 и 660 В; номинальный ток в продолжительном режиме - 16 А.

Все электрические элементы пускателя заключены в сварной

корпус, разделенный на четыре взрывонепроницаемых отделения: пусковой и защитной аппаратуры, в котором указанная аппаратура установлена на двух выемных панелях; выключателя, в котором размещен автоматический выключатель; ввода кабеля от сети с двумя вводными устройствами, один из которых используется в качестве транзитного; вывода кабеля к нагрузке с двумя вводными устройствами для подключения приводов и четырьмя вводными устройствами для кабелей к устройствам управления и сигнализации.

Электрическая часть пускателя (рис. 26) содержит:

главную цепь, состоящую из зажимов *A*, *B*, *C* для присоединения к сети, главных контактов и катушек максимальных токовых расцепителей автоматического выключателя *SF*, главных контактов пускателей (контакторов) *KM1* и *KM2* и зажимов *C1*, *C2*, *C3* для присоединения отходящих к нагрузке кабелей;

вспомогательную цепь напряжением 127-660 В, состоящую из подключенной к фазам *B* и *C* первичной обмотки трансформатора *T1*;

цепь напряжением 36 В, состоящую из вторичной обмотки трансформатора *T1*, предохранителя *FU1* и подключенных к ней цепей питания сигнальных ламп *H1* - *H3*, катушек пускателей (контакторов) *KM1*, *KM2*, катушек блокировочных реле *K3* и *K4*, нагревательных элементов теплового реле *KK1*, катушки независимого расцепителя выключателя *SF*, первичной обмотки стабилизированного трансформатора *T2* и цепи, выведенной к зажимам *10* и *11* для подключения внешней нагрузки мощностью до 75 В·А;

цепь напряжением 127 В, состоящую из вторичной обмотки трансформатора *T1*, предохранителя *FU2*, реле утечки УАКИ-127 (в которое входят реле *K6*, диод *VD4*, конденсатор *C6*, резисторы *R10* - *R13*) и контакторов *KM3*;

искробезопасные цепи управления напряжением 18 В, состоящие из вторичных обмоток трансформатора *T2* и включенных параллельно им катушек промежуточных реле *K1* и *K2*, зажимов 4 - 6;

цепи блокировочного реле утечки *БПУ*, состоящие из вторичной обмотки трансформатора *T2* и резистора *R4*, выпрямительного моста *U*, реле *K5*, диода *VD1*, тумблера *SA1*, резисторов *R5*, *R6*.

Пускатель при управлении, защите, блокировании и сигнализации работает следующим образом.

Подготовка к работе выполняется включением автоматического выключателя *SF*. При этом загорается сигнальная лампа *H1* и от трансформатора *T1* получает питание стабилизирующий трансформатор *T2*, но подключенные к нему реле *K1* и *K2* не срабатывают, поскольку по ним проходит переменный ток.

Дистанционное управление пускателем с вынесенного кнопочного поста осуществляется нажатием кнопки *SB4* или *SB5*. Если, например, нажата кнопка *SB4*, то она вместе с после-

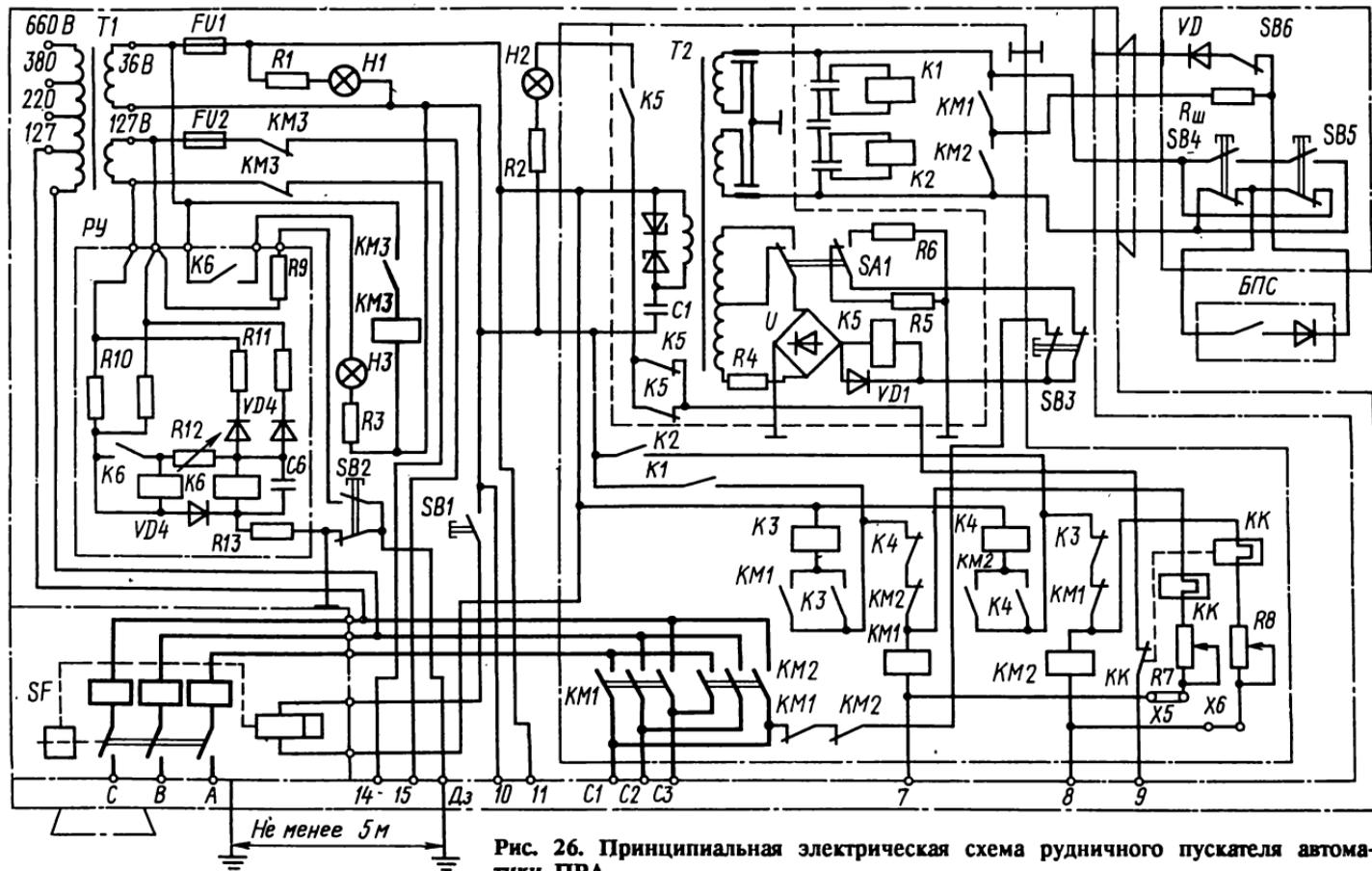


Рис. 26. Принципиальная электрическая схема рудничного пускателя автоматики ПРА

довательно включенным диодом  $VD$  шунтирует в течение одного полупериода катушку реле  $K1$ . В результате по катушке проходит выпрямленный ток, реле срабатывает и своим замыкающим контактом включает контактор  $KM1$  через замкнутые конечным выключателем привода зажимы 7 и 9. Контактор  $KM1$  одним замыкающим контактом шунтирует кнопку  $SB4$  через резистор  $R_{ш}$  в кнопочном poste. Теперь при отпускании кнопки  $SB4$  ток в катушке реле  $K1$  уменьшится, но он будет достаточен для удержания реле во включенном состоянии. Другим замыкающим контактом включается блокировочное реле  $K3$ . Размыкающий контакт  $KM1$  разрывает цепь контроля сопротивления отходящей сети ( $БРУ$ ).

Двухпозиционное управление приводом с движущегося электроваза происходит аналогично, поскольку контакты исполнительного реле системы автоматического управления включены параллельно кнопкам  $SB4$  и  $SB5$  кнопочного поста.

При однопозиционном управлении контакты исполнительного реле системы автоматического управления включают зажимы 4 и 6 через диод на корпус параллельно. Реле  $K1$  и  $K2$  срабатывают одновременно и замыкают свои контакты в цепях контакторов соответственно  $KM1$  и  $KM2$ . Однако срабатывает только один из них, цепь питания катушки которого замкнута конечным выключателем управляемого привода.

Защита от токов короткого замыкания (к.з.) осуществляется: в отходящей главной цепи электромагнитными расцепителями максимальной токовой защиты выключателя  $SF$ ; в цепях питания внешней нагрузки напряжением 36 и 127 В предохранителями  $FU1$  и  $FU2$ .

Защита от замыканий в цепях дистанционного управления осуществляется промежуточными реле  $K1$  и  $K2$ , которые при замыкании шунтируются и отключаются.

От длительного пребывания под током приводы защищаются тепловым реле  $KK$ . Нагревательные элементы реле включаются замыкающими контактами блокировочных реле  $K3$  и  $K4$ , которые в свою очередь включаются контактами контакторов  $KM1$  и  $KM2$ . Если по какой-либо причине контакты конечного выключателя не разомкнутся, то через 20 с после включения реле  $KK$  разомкнет свой контакт и отключит пускатель. В исходное состояние реле  $KK$  возвращают нажатием выведенной на корпус кнопки, которая воздействует на контакт  $KK$ .

Если пускатель работает в продолжительном режиме, например при управлении колонковым электросверлом, то защиту от длительного пребывания под током отключают, снимая переключки  $X5$  и  $X6$ .

Электрическое блокирование контакторов от попеременного их включения при длительном сигнале осуществляется блокировочными реле  $K3$  и  $K4$ . При однопозиционном сигнале, когда оба промежуточных реле  $K1$  и  $K2$  срабатывают одновременно, включается, как указывалось выше, только один контактор, напри-

мер *КМ1*. Он включает блокировочное реле *К3*, которое своим размыкающим контактом размыкает цепь катушки контактора *КМ2*, а замыкающим контактом шунтирует контакт *КМ1* в цепи собственной катушки. Благодаря этому реле *К3* остается во включенном состоянии до тех пор, пока включены оба промежуточных реле *К1* и *К2*. После того, как конечный выключатель привода разомкнет свой контакт в цепи катушки контактора *КМ1* (и отключит его) и замкнет контакт в цепи катушки контактора *КМ2*, последний не включится, поскольку цепь остается разомкнутой контактом реле *К3*. Аналогично блокируется контактор *КМ1* при включенном *КМ2*.

Электрическое блокирование контакторов *КМ1* и *КМ2* от одновременного включения; предварительный контроль сопротивления изоляции относительно земли отходящего от пускателя участка сети и блокирование, препятствующее включению пускателя при снижении сопротивления изоляции ниже нормы, осуществляются так же, как в электромагнитных пускателях серии ПВИ [10].

Защита сигнальных цепей 127 В от утечек тока на землю осуществляется реле утечки *РУ* (УАКИ-127), выполненным в виде отдельного блока. При снижении сопротивления изоляции сигнальной цепи до критической (отключающей) величины - 5 кОм ток утечки возрастает настолько, что реле срабатывает и включает контактор *КМ3*, который отключает нагрузку, присоединенную к зажимам *14* и *15* пускателя, включает сигнальную лампу *Н3* и самоблокируется.

Исправность реле утечки проверяют нажатием кнопки *SB2*. При этом искусственно создается утечка тока на землю через проверочный резистор *R9*, включается реле *К6* и своим контактом замыкает цепь питания катушки контактора *КМ3* и сигнальной лампы *Н3*. Контактор отключает нагрузку и самоблокируется. Для возврата реле утечки в исходное положение необходимо выключателем *SF* на короткое время снять напряжение с трансформатора *T1*.

Чтобы проверить исправность максимальной токовой защиты, нажимают кнопку *SB1*. В результате включается независимый расцепитель, который отключает автоматический выключатель *SF* и сигнальная лампа *Н1* гаснет.

## 2.13. НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

**Основные определения.** Все изделия, в том числе аппаратура автоматики, предназначены для длительной (в течение нескольких лет) эксплуатации. Чтобы охарактеризовать продолжительность работы изделий, вводят понятие *наработки*, представляющей собой продолжительность функционирования изделия или объем выполненной им работы за некоторый промежуток времени. Нарботка измеряется в циклах, единицах времени, объеме работы и т.п.

В каждый момент времени изделие может находиться в *работоспособном состоянии*, при котором его основные (рабочие) параметры находятся в установленных пределах, или в состоянии *отказа*, когда значения одного или нескольких параметров изделия выходят за допустимые пределы и дальнейшее выполнение изделием заданных функций невозможно.

Среднее значение наработки ремонтируемого изделия между двумя отказами называется *наработкой на отказ* или *временем безотказной работы*, если наработка измеряется в единицах времени. Нарботка на отказ - один из основных критериев надежности. Под *надежностью* изделий понимают их свойство выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в определенных пределах при заданных режимах работы и условия использования изделия, его технического обслуживания и ремонта. Надежность комплексное свойство, которое включает:

*безотказность* свойство изделия сохранять работоспособность в течение некоторого времени без вынужденных перерывов. Она оценивается для ремонтируемых изделий наработкой на отказ;

*ремонтпригодность* - свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, отысканию и устранению причин и последствий повреждений (отказов) путем проведения технического обслуживания и ремонтов. Она характеризуется затратами труда, времени и средств на поддержание и восстановление работоспособности изделий;

*долговечность* - свойство изделия сохранять работоспособность (при установленной системе технического обслуживания и ремонта) до наступления предельного состояния, т.е. состояния, при котором дальнейшая эксплуатация изделия должна быть прекращена из-за неустраняемого нарушения требований безопасности, отклонения параметров от установленных пределов, резкого снижения эффективности эксплуатации. Количественно долговечность оценивается, например, *техническим ресурсом*, т.е. наработкой изделия до указанного предельного состояния;

*сохраняемость* свойство изделия сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после срока хранения и транспортирования, установленного в технической документации.

Показатели надежности элементов систем автоматики. Производственные процессы в шахтах характеризуются последовательным расположением агрегатов в технологической цепи выемки и транспортирования полезного ископаемого. Поэтому высокая надежность шахтной аппаратуры автоматики имеет весьма важное значение. Так, выход из строя, например, аппаратуры автоматизации конвейерной линии приводит к остановке всех конвейеров и, следовательно, к простоям забойного оборудования (конвейеров забоя, очистных машин и комплексов).

Т а б л и ц а 2. Показатели надежности аппаратуры автоматики

Наименование	Средняя наработка на отказ $T$ , ч	Среднее время восстановления - $T_v$ , ч
Аппаратура автоматизации конвейерного транспорта АУК.1М	2460	0,7
Аппаратура автоматизации рудничного водоотлива УАВ	3100	2,1
Аппаратура контроля воздуха АКВ-2П	6020	1,1
Аппарат задания и контроля хода подъема установок АЗК-1	3640	0,5

На безотказность аппаратуры сильно влияют условия ее эксплуатации, которые для угольных шахт чрезвычайно тяжелы: наличие кислотных вод; большие запыленность и содержание агрессивных газов в шахтной атмосфере; повышенная температура шахтного воздуха (особенно при разработке глубоких горизонтов); значительные динамические нагрузки от работающих машин, при транспортировании и перемещениях, связанных с продвижением фронта работ. Кроме того, безотказность аппаратуры автоматики зависит от режима ее работы: нагрузки, частоты включений, числа рабочих смен в сутки, а также от качества ремонта, которое определяется принятой системой технического обслуживания, квалификацией обслуживающего персонала и его отношением к труду.

В табл. 2 приводятся значения средней наработки на отказ  $T$  для различных видов аппаратуры автоматики, полученные на основании статистических данных [5].

Повышать безотказность аппаратуры шахтной автоматики необходимо еще на стадии ее проектирования. Так, для элементов аппаратуры принимают нагрузку, меньшую номинальной. Коэффициент снижения нагрузки по рекомендациям ведомственного стандарта составляет, например, для резисторов - 0,8; конденсаторов - 0,85; дросселей 0,9; диодов 0,7; транзисторов - 0,85; реле и контактов - 0,8.

Ремонт аппаратуры автоматики в подземных выработках шахт затруднен из-за тяжелых специфических условий его проведения: стесненности пространства, слабой освещенности и невозможности использования некоторых методов поиска неисправностей вследствие опасности взрывов метановоздушной смеси. Чтобы повысить ремонтнопригодность аппаратуры, предусматривают при проектировании следующие конструктивные меры: доступность аппаратуры для контроля, технического обслуживания и ремонта; блочный принцип построения аппаратуры, при котором неисправные блоки заменяются; приспособленность к автоматическому поиску неисправностей.

Среднее время восстановления  $T_{\text{в}}$  для некоторых видов аппаратуры автоматики приведено в табл. 2.

### Контрольные вопросы

1. Как классифицируют датчики по виду входной величины?
2. Как классифицируют датчики по виду выходной характеристики?
3. На каком принципе основана работа датчиков перемещения?
4. Опишите устройство и работу датчиков ДМ-2М и ДКС.
5. Как устроен и работает датчик давления РДВ?
6. Назовите принципы построения датчиков температуры.
7. В чем отличие широкополосных и резонансных усилителей?
8. Как действует обратная связь в магнитных усилителях?
9. Назовите основные типы гидроусилителей.
10. Объясните работу феррорезонансного стабилизатора.
11. Какова функция исполнительных элементов САУ?
12. Приведите примеры электрических, гидравлических и пневматических исполнительных механизмов.
13. Объясните назначение регулирующих органов САУ.
14. Опишите работу аппарата контроля температуры АКТ-2.
15. Объясните действие устройства контроля скорости УКС.
16. Опишите работу реле контроля уровня РКУ.1М.
17. Как устроены аппараты контроля положения подвижных частей?
18. Как контролируется работа электродвигателей?
19. Опишите работу переносных аппаратов контроля содержания метана.
20. Как устроен и работает рудничный пускатель автоматики ПРА?
21. Назовите основные показатели надежности аппаратуры шахтной автоматики.

## 3. Телемеханические, вычислительные и робототехнические устройства и системы

### 3.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕЛЕМЕХАНИКИ

*Телемеханика* - это отрасль науки и техники, охватывающая теорию, способы и технические средства автоматической передачи электрических сигналов (команд управления и информации о состоянии управляемых объектов) при больших расстояниях между пунктами передачи и приема. Особенность передачи сигналов на большие расстояния обусловлена двумя факторами:

1) значительным искажением сигналов в длинной линии связи вследствие изменения ее параметров и наличия помех;

2) существенным увеличением стоимости линий связи при большом числе сигналов, если каждый сигнал передается по отдельной линии связи как в цепях дистанционного управления.

Под *линией связи* понимают определенную физическую среду, по которой передается энергия сигналов (проводная линия, радиолиния).

Уменьшить искажение сигналов можно путем преобразования передаваемых сигналов к виду, при котором они мало подвержены искажению.

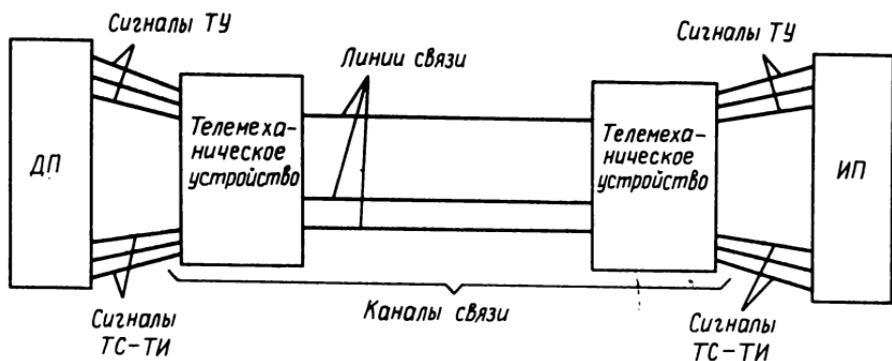


Рис. 27. Структурная схема телемеханической системы ТУ - ТС - ТИ

Снижение числа линий связи может быть достигнуто передачей по одной линии связи нескольких сигналов одновременно или со сдвигом во времени, т.е. уплотнением линии связи.

Эти технические решения в системах передачи сигналов на большие расстояния (системах телемеханики) реализуются специальными средствами и устройствами, называемыми телемеханическими.

По назначению системы телемеханики делятся на следующие:

*системы телеуправления (ТУ)* - для передачи команд управления, например "Пуск", "Стоп", "Вперед";

*системы телерегулирования (ТР)* для передачи находящегося на значительном расстоянии объекту регулирования управляющих воздействий, непрерывно изменяющихся во времени;

*системы телесигнализации (ТС)* - для передачи информации о состоянии объекта и достижении параметрами системы определенных значений, например "Включено", "Отключено", "Верхний уровень", "Перегрев";

*системы телеизмерения (ТИ)* для передачи непрерывной информации о значении параметров контролируемого объекта.

В системах ТУ и ТС важно передать без искажения смысл команды или сообщения о состоянии объекта, а в системах ТР и ТИ необходимо с высокой точностью передать абсолютное значение непрерывной величины (управляющего воздействия или контролируемого параметра).

В настоящее время создаются комбинированные системы, например ТУ - ТС - ТИ (рис. 27). Телемеханические устройства диспетчерского пункта ДП и исполнительного пункта ИП соединяются между собой одной или несколькими линиями связи.

Совокупность технических устройств и линий связи, позволяющая передавать самостоятельные и независимые сигналы называются *каналом связи*. С помощью телемеханических устройств можно уплотнить линию связи, т.е. организовать на ней несколько каналов связи. Системы с уплотнением линий связи называется *многоканальными*.

Большая длина линии связи не является единственным определяющим критерием для применения систем телемеханики. Они используются и при незначительных расстояниях, когда необходимо передать большое число команд и сообщений о состоянии объекта, а число жил кабеля ограничено.

### 3.2. МЕТОДЫ ИЗБИРАНИЯ

Передача информации в телемеханических системах ТУ - ТС, наиболее широко применяемых для управления и контроля горных машин, осуществляется с помощью импульсов тока. При этом смысл команды (сообщения) может выражаться каким-либо качественным признаком импульса, временем его передачи или определенной комбинацией импульсов. Соответствующее преобразование команды (сообщения) на передающем пункте и последующая расшифровка импульсов на приемном пункте называется *избиранием*. Существуют четыре основных метода избирания: качественный, качественно-комбинационный, распределительный и комбинационно-распределительный (кодовый).

**Качественный метод избирания.** При данном методе импульсу тока придается определенное качество (импульсный признак). На приемном пункте только одно из приемных устройств, присоединенных к данной линии связи, реагирует на этот импульс. Качествами импульсов могут быть полярность тока, частота переменного тока, длительность импульса и др.

В системе ТУ с качественным методом избирания при использовании импульсов различной полярности (рис. 28,а) каждое исполнительное реле (*K1-K6*) на приемном пункте передает определенную команду. Если, например, необходимо, чтобы включились реле *K1* и *K4*, переключатель *SA1* на пункте управления устанавливают в положение 1, *SA2* - в положение 2, *SA3* в положение 0, после этого нажимают кнопку *SB*. Как видно из схемы, каждый сигнал в данной системе имеет самостоятельное значение.

Уплотнение линии связи рассмотренным способом применено например, в аппаратуре автоматизации конвейерных линий АУК.1М (см. 5.1). Использование импульсов различной частоты широко применяется в рудничной аппаратуре, например в аппаратуре частотного управления стрелками с движущегося электроза НЭРПА-1 (см. 5.2) или в аппаратуре автоматизации водоотливных установок УАВ (см. 7.2).

**Качественно-комбинационный метод избирания.** При этом методе отдельные импульсы тока не имеют самостоятельного значения, а команда передается определенной комбинацией импульсов. Для расшифровки команд составляют дешифраторные цепи (рис. 28,б). При этом реле *K1-K6* (см. также рис. 28,а) выполняют функцию наборных реле. В данном случае можно составить восемь комбинаций включений реле, т.е. управлять,

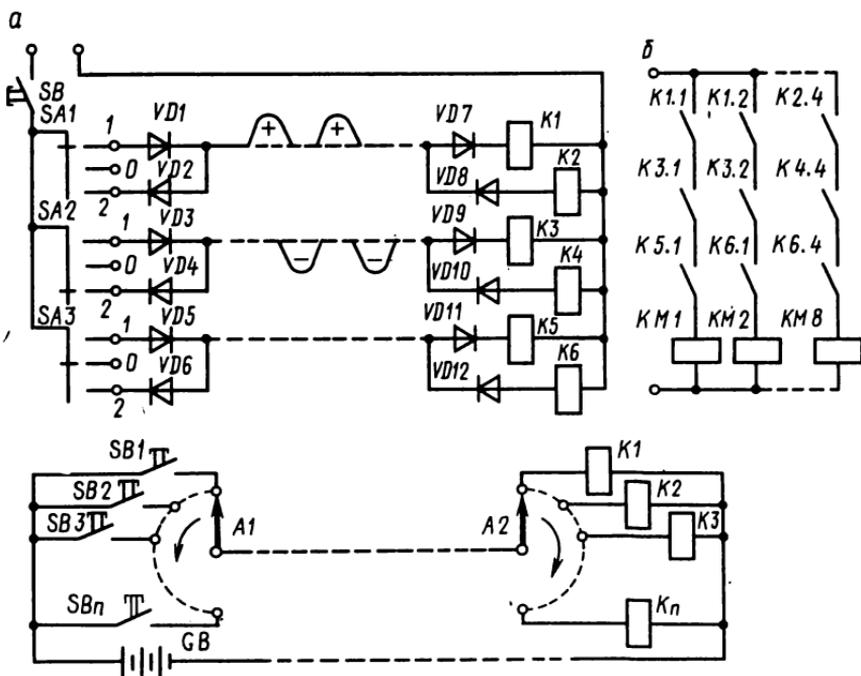


Рис. 28. Упрощенные схемы телемеханических систем с различными методами избириания

например, включением восьми контакторов  $KM1-KM8$ . Таким образом, данная система позволяет управлять большим числом объектов при том же числе линий связи. Однако, поскольку при качественно-комбинационном методе избириания передача одной команды производится по всем линиям связи, то одновременно передавать несколько команд невозможно. В результате этого время на передачу команд по сравнению с качественной системой избириания возрастает.

**Распределительный метод избириания.** Он заключается в поочередной, т.е. последовательной во времени, передаче отдельных команд. Для этого на диспетчерском (ДП) и исполнительном (ИП) пунктах устанавливают специальные устройства распределители, которые одновременно и поочередно подключают линию связи к аппаратам управления на ДП и к соответствующим им приемным устройствам на ИП. Упрощенная схема такой системы, в которой в качестве распределителей применены синхронно и синфазно перемещающиеся шаговые искатели  $A1$  и  $A2$ , показана на рис. 28,в. При распределительном методе с увеличением числа объектов число линий связи не возрастает; увеличивается лишь время передачи команд. Однако при использовании быстродействующих бесконтактных распределителей

(например, на магнитных элементах) время передачи команд даже при большом числе объектов получается незначительным.

Если в телемеханическом устройстве с распределительным методом избирания импульсам тока придать определенные качества, например передавать команды импульсами разной полярности (как в схеме на рис. 28,а), то за цикл работы распределителя можно передать в 2 раза больше команд, чем при использовании однополярных импульсов.

Для телемеханизации объектов шахт и рудников широко применяется телемеханическая система ТКУ-2, работающая на бесконтактных феррит-диодных элементах с временным разделением каналов связи и распределительным методом избирания.

Кодовый метод избирания. Команды при этом методе избирания представляют комбинацию нескольких импульсов, которые в отличие от качественно-комбинационного метода передаются поочередно, т.е. как при распределительном методе.

В телемеханических системах ТУ - ТС, использующих распределительный и кодовый методы избирания, можно обойтись всего одной линией связи. В этом состоит их важное преимущество.

### 3.3. ЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ И ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Основные логические функции и реализация их в релейно-контактных цепях. Каждая электрическая цепь работает в соответствии с определенным, заложенным в нее заданием. Например, если контактор должен включаться при включенных разъединителе и промежуточном реле, то в цепь катушки контактора вводят последовательно соединенные замыкающие контакты этих аппаратов. Тогда входными сигналами будут служить замыкание и размыкание контактов разъединителя и реле, а выходным сигналом - замыкание главных контактов контактора. Таким образом, контактор и включенные в цепь его катушки контакты выполняют некоторую функцию, преобразуя определенным образом входные сигналы в выходной сигнал. Эта функция называется *логической функцией*, поскольку она может быть выражена в виде некоторого логического высказывания (задания). Основные логические функции - И, ИЛИ, НЕ.

Логическую функцию И (конъюнкцию) выполняет устройство, в котором выходной сигнал появляется при наличии всех входных сигналов. Такое устройство часто называют *схемой совпадения*. Для приведенного выше примера логическое задание выражается так: "Главные контакты контактора должны быть замкнуты, если включены и разъединитель, и промежуточное реле".

Логическая функция ИЛИ (дизъюнкция) реализуется устройством, в котором выходной сигнал появляется при подаче сигнала на любой из его входов. Например, для возможности независимого включения контактора из двух мест обе пусковые

кнопки соединяют между собой параллельно. Логическое задание для этого случая выразится следующим образом: "Контактор должен включаться при нажатии *или* первой, *или* второй кнопки".

Логическая функция НЕ (отрицание, инверсия) выполняется, когда сигнал на выходе имеется при отсутствии сигнала на входе, и наоборот. Эта логическая функция может быть реализована, например, введением размыкающего контакта максимального токового реле в цепь катушки контактора и выражена логическим заданием: "Контактор может быть включен, если максимальное токовое реле *не* включено".

Логические элементы. Устройства, выполненные на релейно-контакторной аппаратуре, имеют сравнительно низкую надежность, особенно при большом числе реле, так как при работе устройства возможны различные нарушения, связанные с залипанием якорей реле, подгоранием контактов и т.п. Поэтому в современных системах автоматики и телемеханики широко применяют логические элементы.

Логическим элементом называют бесконтактное устройство, выполняющее определенную логическую функцию. Обозначения основных элементов в электрических схемах и схемы их релейно-контактных аналогов приведены в табл. 3.

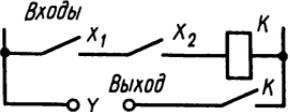
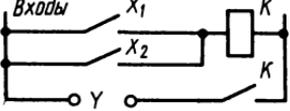
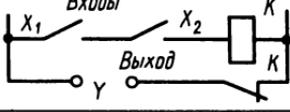
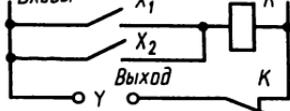
Логические элементы могут быть созданы на полупроводниковых диодах, транзисторах, тиристорах, ферромагнитных сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса и др. На рис. 29,а показана схема логического элемента И, выполненного на транзисторах. Число транзисторов соответствует числу входов. Когда сигналы на входах отсутствуют, транзисторы заперты напряжением смещения  $U_{см}$ . При поступлении на входы импульсов отрицательной полярности соответствующие транзисторы открываются. Сигнал на выходе появится при всех открытых транзисторах, т.е. когда на все входы будут поданы импульсы отрицательной полярности.

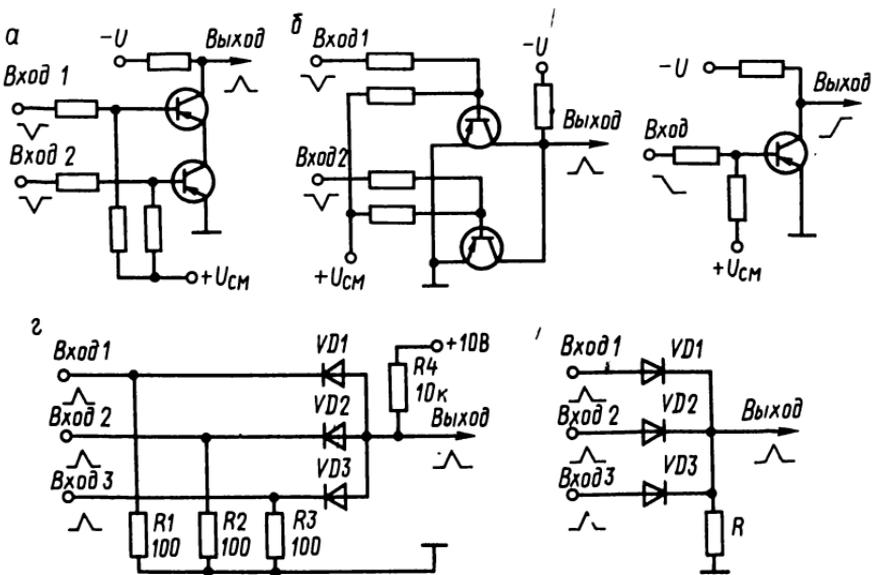
Логический элемент ИЛИ на транзисторах образуется при параллельном их соединении (рис. 29,б). Подача отрицательного импульса на любой из входов вызывает появление сигнала на выходе.

Схема логического элемента НЕ на транзисторе показана на рис. 29,в. Если сигнал на входе отсутствует, то транзистор заперт положительным смещением  $U_{см}$  и с коллектора транзистора поступает сигнал отрицательной полярности. При подаче на вход сигнала отрицательной полярности транзистор открывается и выходной сигнал выключается.

На рис. 29,г показана схема логического элемента И на полупроводниковых диодах. Когда сигналы на входах отсутствуют, напряжение на выходе мало, так как эквивалентное сопротивление диодов  $VD1 - VD3$  и резисторов  $R1 - R3$ , образующих нижнюю часть делителя напряжения, мало по сравнению с сопротивлением резистора  $R4$  в верхней части делителя напряже-

**Т а б л и ц а 3. Обозначения логических элементов и схемы их ремонтно-контактных аналогов**

Логический элемент	Обозначение логического элемента на схемах	Схема релейно-контактного аналога
И (конъюнктор)		
ИЛИ (дизъюнктор)		
НЕ (инвертор)		
И-НЕ		
ИЛИ-НЕ		



**Рис. 29. Схемы логических элементов**

ния. При подаче положительных импульсов на все диоды они запираются и на выходе появляется сигнал положительной полярности с амплитудой, близкой к напряжению источника питания.

В логическом элементе или, выполненном на полупроводниковых диодах (рис. 29, д), когда на какой-либо из входов поступает сигнал положительной полярности, соответствующий диод пропускает его и на резисторе нагрузки появляется сигнал положительной полярности.

Кроме основных логических функций существуют также функции И - НЕ, ИЛИ - НЕ и др. В логическом элементе И - НЕ сигнал на выходе выключается, когда на все входы поданы сигналы. В остальных случаях сигнал на выходе имеется. В логическом элементе ИЛИ - НЕ сигнал на выходе снимается при подаче сигнала на любой из его входов. Эти логические элементы могут быть получены подключением инвертора (элемента НЕ) к выходу соответствующего логического элемента (И или ИЛИ). В релейно-контактном варианте элементы И - НЕ и ИЛИ - НЕ получаются из элементов соответственно И и ИЛИ заменой замыкающего контакта реле *K* (см. табл. 3) в выходной цепи на размыкающий.

#### 3.4. УНИФИЦИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В АППАРАТУРЕ АВТОМАТИКИ

В настоящее время выпускается несколько серий унифицированных логических элементов на различной базе, из которых можно составлять системы автоматического управления любой сложности. В аппаратуре шахтной автоматики широко применяются логические диодно-транзисторные элементы серии "Логика-Т". Так, в аппарате контроля производительности АКП-1, предназначенном для автоматического контроля нарастающим итогом числа груженных ковшей экскаваторов - драглайнов при ведении горных работ, используются элементы Т-101, Т-107 и Т-303 этой серии.

Работу аппаратуры на логических элементах удобно рассматривать по структурным схемам. Аппарат АКП-1 состоит из трех магнитных усилителей - *МУн*, *МУт*, *МУв* (рис. 30), выполняющих роль датчиков тока приводов соответственно подъема стрелы, тяги и поворота; трех элементов времени *ВП*, *ВТ*, *ВВ*; двух элементов памяти - *П1*, *П2*; шести схем совпадения *И1* - *И6*; шести инверторов *НЕ1* - *НЕ6*; четырех схем разделения *ИЛИ1* - *ИЛИ4*; двух элементов установки *ЭУ1*, *ЭУ2*; выходного усилителя *У1*; формирователя импульсов *Ф*; электромеханического счетчика *СТ*; сигнальной лампы *Л*.

При включении напряжения питания аппарата элементы памяти *П1* и *П2* устанавливаются элементами *ЭУ1* и *ЭУ2* в состояние,

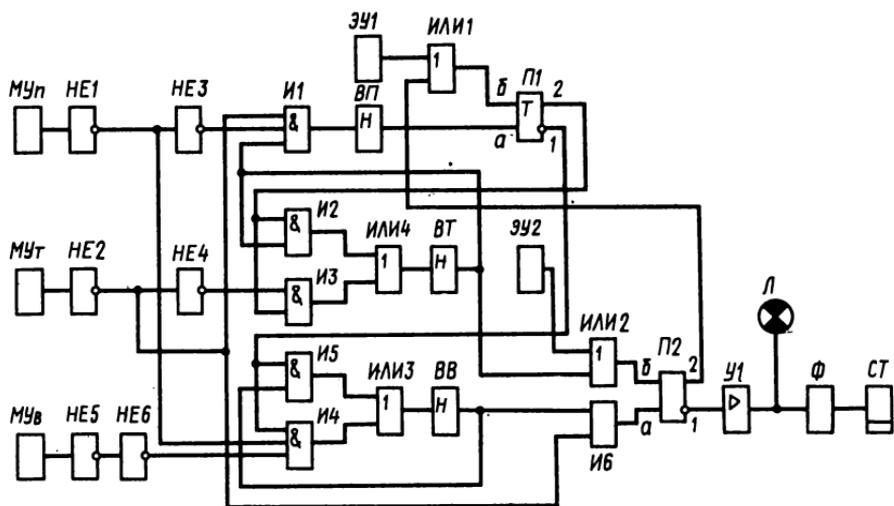


Рис. 30. Электрическая функциональная схема аппарата контроля производительности АКП-1

при котором на их выходах 1 сигнал отсутствует. При этом лампа  $L$  и катушка счетчика обесточены.

За начало цикла работы экскаватора и аппарата принят момент загрузки ковша, который сопровождается значительным увеличением тока в цепи привода тяги и срабатыванием магнитного усилителя тяги  $МУт$ . Через промежуток времени  $\Delta_1$  после срабатывания магнитного усилителя  $МУт$  на выходе элемента времени  $ВТ$  появится сигнал, который самоблокирует элемент  $ВТ$  через элементы  $И2$ ,  $ИЛИ4$  и подается на один из входов схемы совпадения  $И1$ .

После исчезновения тока в приводе тяги сигнал на выходе элемента времени  $ВТ$  сохраняется благодаря самоблокированию, т.е. происходит запоминание прошедшей операции тяги. При исчезновении сигнала на выходе  $МУт$  появляется сигнал на выходе элемента  $НЕ2$ , который поступает на второй вход элемента  $И1$ .

При подъеме груженого ковша срабатывает магнитный усилитель  $МУп$ . При этом сигнал через инверторы  $НЕ1$  и  $НЕ3$  подается на третий вход схемы совпадения  $И1$ , которая, срабатывая, выдает сигнал на вход элемента времени  $ВП$ . Через промежуток времени  $\Delta_2$ , определяемый этим элементом, срабатывает элемент памяти  $П1$  по входу "а". Это означает фиксацию груженого ковша.

Исчезновение сигнала на выходе 2 элемента памяти  $П1$  снимает блокировку элемента времени  $ВТ$  через схемы  $И2$  или  $ИЛИ4$ , а появление сигнала на выходе 1 элемента  $П1$  подготавливает к срабатыванию схемы совпадения  $И4$  и  $И5$ . Схема совпадения  $И4$  срабатывает только тогда, когда после разг-

рузки ковша машинист начнет поворот стрелы к месту загрузки (забою).

На входе элемента времени *ВВ* сигнал появится через промежуток времени  $\Delta t_3$ , необходимый для поворота платформы экскаватора от места разгрузки к забюю. Этим сигналом через схему совпадения *И5* и схему разделения *ИЛИ3* элемент времени *ВВ* самоблокируется и воздействует на один из выходов элемента *И3*. Если при этом отсутствует сигнал с выхода *МУт*, то элемент *И6* опрокидывает элемент памяти *П2*. В результате загорается лампа *Л*, формирователь импульса  $\Phi$  формирует импульс и счетчик *СТ* увеличивает свое показание на единицу.

Выходной сигнал элемента *П2* (выход 2) через элемент *ИЛИ1* вернет по входу "б" элемент памяти *П1* в исходное состояние. Последний выходом 1 разблокирует элемент времени *ВВ* через элемент *И5*, а выходом 2 подготовит включение элемента времени *ВТ*. При загрузке следующего ковша, т.е. при начале нового цикла работы экскаватора, срабатывает элемент времени *ВТ*, выходной сигнал которого переводит элемент памяти *П2* в исходное состояние. При этом сигнальная лампа *Л* гаснет.

В последнее десятилетие получили широкое применение логические элементы в виде интегральных микросхем (ИМС), представляющих собой электронное устройство с высокой плотностью размещения в нем электрически соединенных элементов, выполняющих функции транзисторов, диодов, резисторов, конденсаторов и образующих один или несколько логических элементов в одной конструкции. Различают полупроводниковые, пленочные и гибридные ИМС.

*Полупроводниковые ИМС* представляют собой монокристаллическую пластинку из кремния, в объеме которой и на ее поверхности выполнены все входящие в нее элементы и межэлементные соединения. Полупроводниковая пластинка закрепляется на основании корпуса, закрывается крышкой и герметизируется для защиты кристалла от воздействия внешней среды. На корпусе размещаются выводы от элементов микросхемы.

*Пленочные ИМС* содержат резисторы, конденсаторы и выполняются на диэлектрической подложке из стекла и керамики.

*Гибридные ИМС* имеют диэлектрическую подложку с элементами *R*, *L* и *C*, а полупроводниковые приборы (диоды, транзисторы) монтируют навесным способом.

Основа каждой серии ИМС составляют базовые элементы, выполняющие логические функции (операции) И-НЕ или ИЛИ-НЕ. Они могут быть резисторно-транзисторными, диодно-транзисторными и транзисторно-транзисторными.

На базе помехоустойчивых интегральных микросхем *K511*, герконовых реле, оптронов и тиристоров создана серия логических элементов "Логика-И", значительно превосходящая по техническому уровню и функциональным возможностям элементы серии "Логика-Т". Основной логической схемой серии *K511* служит схема И-НЕ. На рис. 31,а показана электрическая

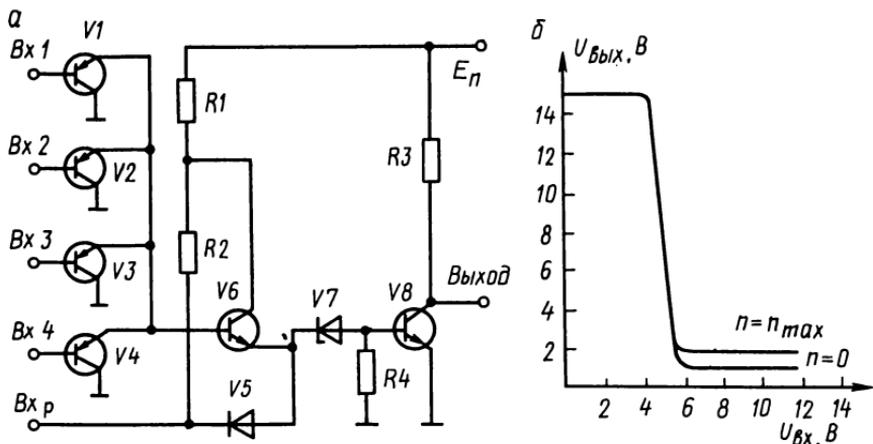


Рис. 31. Электрическая схема реализации функции 4И - НЕ (а) и передаточная характеристика элемента "Логика-И" (б)

схема, реализующая функцию 4И-НЕ, в которой функция И реализуется при помощи входных транзисторов  $V1 - V4$  типа  $p-n-p$ , а функция НЕ - транзистором  $V8$  типа  $n-p-n$ . Вход  $B_x$  обеспечивает возможность расширения входной логики И. Такая схемная реализация позволяет получить передаточную характеристику  $U_{\text{вых}} = f(U)$ , при которой уровень логической единицы не зависит от числа  $n$  включенных нагрузок (рис. 31,б).

В серию "Логика-И" входят следующие подгруппы: И-100 логических функций; И-200 - функциональных элементов; И-300 - элементов времени; И-400 - выходных элементов.

В подгруппу И-100 входят, например, элементы И-101 и И-103, реализующие функции соответственно 7НЕ (содержит семь схем НЕ) и 4 - 2И - НЕ (содержит четыре двухвходовые схемы И - НЕ).

### 3.5. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ МАШИНЫ

В современных автоматизированных системах управления отдельными технологическими процессами (АСУТП) и предприятием (АСУП) широко применяются электронные средства вычислительной техники: вычислительные машины, управляющие вычислительные системы, микропроцессоры.

Вычислительная машина представляет собой комплекс технических средств, имеющих общее управление и предназначенное для автоматизации процесса вычислений (обработки информации). В электронных вычислительных машинах технической базой служат различные электронные и магнитные элементы и

устройства: полупроводниковые, ферритовые, фотоэлектрические, а также интегральные схемы - большие (БИС) и сверхбольшие (СБИС). Они отличаются от рассмотренных выше микросхем значительно большим числом логических элементов, содержащихся в одной конструктивной единице. В БИС число логических элементов составляет более 100, а в СБИС - более 1000.

Различают аналоговые вычислительные машины (АВМ), цифровые вычислительные машины (ЦВМ) и гибридные вычислительные систем, которые совмещают непрерывный и дискретный принципы действия.

*Управляющие вычислительные системы* - это комплекс технических и программных средств с ЦВМ, обеспечивающий автоматическое или полуавтоматическое (через оператора) управление каким-либо процессом. Для них характерно наличие устройств связи с объектом управления (измерительных преобразователей параметров процесса, аналого-цифровых преобразователей, коммутаторов, каналов связи и т.д.), обработка данных в масштабе времени, соизмеримом со скоростью протекания процесса. Цифровая машина (ЦВМ) анализирует данные о состоянии объекта, обрабатывает их по программе, хранящейся в ее памяти, и выдает соответствующую информацию в виде сигналов устройствам регулирования или в форме печатного протокола оператору.

В автоматизированных системах управления на горных предприятиях широко распространена одна из наиболее совершенных управляющих систем - М6000/АСВТ-М, выполненная на базе модулей агрегатной системы средств вычислительной техники АСВТ-М.

Микропроцессор представляет собой устройство, выполненное в виде одной или нескольких больших интегральных схем с программируемыми операциями управления и обработки информации. Микропроцессор содержит арифметическое устройство, внутренние регистры и блок микропрограммного - жестко заданного управления. Он способен выполнять те же функции, что и процессор ЦВМ, но характеризуется меньшим числом разрядов (4-16) и небольшим числом команд (20-100).

В этих средствах вычислительной техники полученная информация о ходе технологического процесса сопоставляется с заданными параметрами процесса, которые могут быть жестко установлены или автоматически корректироваться при изменении условий функционирования системы (например, изменении мощности пласта, крепости породы) или с целью оптимального (по какому-либо критерию) регулирования для достижения заданной цели. Эта операция осуществляется по заложенной в вычислительную машину (микропроцессор) программе, которая выражается в виде алгоритма - формального предписания, однозначно определяющего содержание и последовательность операций, переводящих совокупность исходных данных в искомый

результат решение задачи. Алгоритм состоит из системы последовательно выполняемых элементарных преобразований над текстами определенного вида (словами в некотором алфавите, содержимым ячеек памяти ЦВМ, алгебраическими выражениями и числами) и правил, регулирующих порядок выполнения этих преобразований.

Для формирования и записи процессов решения задач на ЦВМ используют язык программирования, который представляет собой определенный набор символов и правил, управляющих способом и последовательностью соединения символов в осмысленные выражения.

Языки программирования подразделяются на алгоритмические, неалгоритмические формализованные (позволяющие описывать метод решения задачи без точного указания последовательности действий, которые при этом должны выполняться) и неполностью формализованные (например, язык блок-схем или программы со словесными пояснениями).

*Алгоритмический язык* позволяет записывать в формальном виде алгоритмы решения задач. Он включает синтаксис - систему правил построения конструкций из основных символов и семантику - систему правил их однозначного толкования. Основными символами алгоритмических языков служат буквы некоторого алфавита или какие-либо другие символы; конструкциями - слова, последовательности слов (предложения, а также таблицы). Алгоритмические языки, используемые в ЦВМ, называются машинными языками. Для научно-технических вычислений получили распространение языки *фортран* и *алгол*, для решения задач различных классов - ПЛ-1.

Более подробно затронутые выше вопросы рассматриваются при изучении предмета "Основы информатики и вычислительной техники".

### 3.6. РОБОТЫ И МАНИПУЛЯТОРЫ

Роботы представляют собой универсальные автоматические устройства, которые частично или полностью выполняют функции человека. Существуют информационные роботы, осуществляющие автоматический прием, преобразование и выдачу информации в виде текстов, таблиц, диаграмм, рисунков и др. В горной промышленности применяются роботы-манипуляторы, у которых исполнительным устройством служит манипулятор - приспособление для перемещения какого-либо узла горной машины или комплекса. По типу привода манипуляторы делятся на механические, гидравлические и электрические. Применяются также комбинированные приводы.

Различают три разновидности роботов-манипуляторов:

- 1) с жесткой программой действий;
- 2) управляемые человеком-оператором;

3) с искусственным интеллектом, действующие целенаправленно без вмешательства человека.

Роботы-манипуляторы позволяют: значительно облегчить труд горнорабочего при внедрении современных мощных, высокопроизводительных горных машин и, таким образом, повысить производительность труда; вывести обслуживающий персонал из зон, в которых работа связана с опасностью для здоровья.

Например, при переходе от буровзрывного способа проведения горных выработок к комбайновому установленная мощность двигателей увеличивается от 30-50 кВт до 200-300 кВт и более. При этом возрастает шум и запыленность шахтной атмосферы. С увеличением глубины шахт растет температура. Все эти факторы с учетом слабой освещенности и стесненности пространства приводят к значительному ухудшению условий труда.

Применение робототехнических систем и комплексов позво-

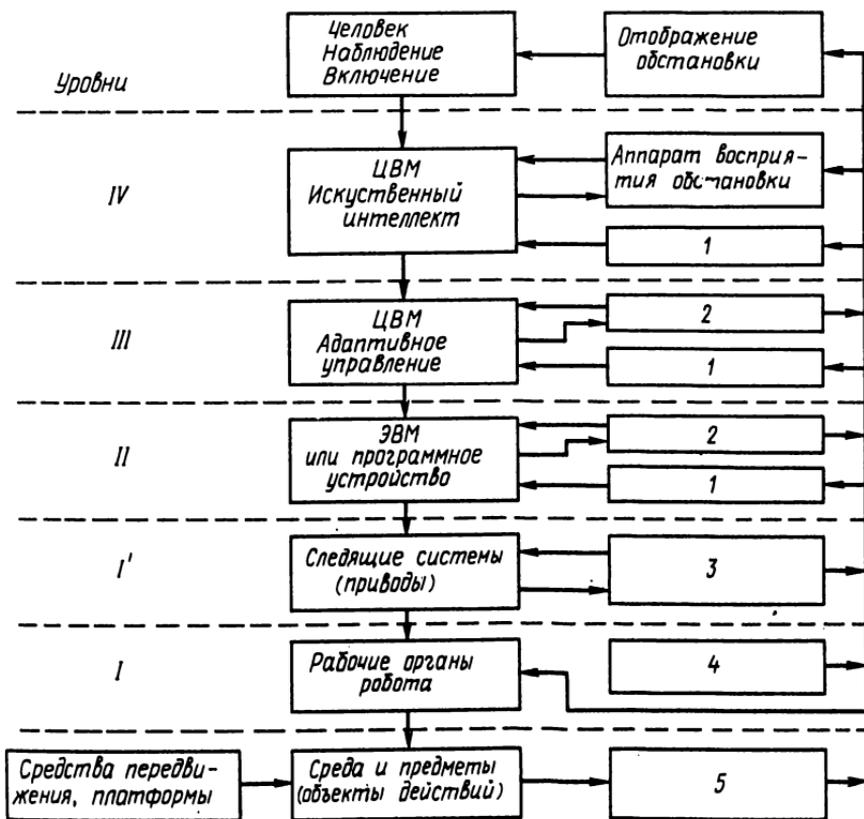


Рис. 32. Структура системы управления универсальным роботоманипулятором;

1 - выдача информации; 2 - ввод информации; 3 - датчики обратной связи; 4 - датчики восприятия окружающей среды; 5 - датчики информации

ляет осуществить безлюдную вземку при дистанционном контроле и управлении горными машинами оператором, находящимся на свежей струе воздуха, что имеет также большое социальное значение, поскольку повышается комфортность труда и резко снижаются травматизм и профессиональные заболевания.

Существуют два направления в развитии горных робототехнических систем - создание универсальных роботов-манипуляторов и специализированных горных машин-автоматов.

Создать универсальный робот-манипулятор для шахтных условий - весьма трудная задача, поскольку система управления им должна учитывать большое число факторов, а обстановка на каждом цикле горных пород полностью не повторяется. В угольной промышленности ведутся работы по созданию такого робота, состоящего из самоходной платформы, манипуляторов с несколькими степенями подвижности и сменного оборудования. Система управления этим роботом (рис. 32) имеет пять уровней: *I* и *I* - управление движением в каждой степени подвижности; *II* - распределение сигналов по степени подвижности; *III* - расчленение операции на элементы; *IV* - распознавание обстановки и принятие решения на операции. Для реализации такой системы необходимо на каждом из уровней решить много сложных проблем, поэтому в настоящее время серийные роботы-манипуляторы в горной промышленности отсутствуют.

Специализированные горные машины-автоматы выпускаются уже в настоящее время. Это автоматизированные комплексы для добычи угля, включающие комбайн или струг и гидрофицированные крепи, проходческие комбайны со стреловидным рабочим органом, бурильные установки и др. Эти машины будут рассмотрены ниже.

#### Контрольные вопросы

1. В каких случаях применяют устройства телемеханики?
2. Как классифицируют системы телемеханики по назначению?
3. Перечислите и объясните методы избирания.
4. Назовите основные логические функции.
5. Как работают транзисторные логические элементы И, ИЛИ, НЕ?
6. Объясните работу системы автоматики, в которой используются логические элементы, на примере аппарата АКП-1.
7. Как устроены и для чего применяются интегральные микросхемы?
8. Какие средства вычислительной техники используют при автоматизации производственных процессов на шахтах?
9. Что представляют собой алгоритм и алгоритмический язык?
10. Где применяются роботы-манипуляторы на шахтах?

## 4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОБЫЧНЫХ И ПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ

### 4.1. АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ И КОМПЛЕКСОВ

**Задачи автоматизации.** При ручном управлении комбайном нагрузка двигателя носит резко переменный характер, происходят частые перегрузки двигателя, вызывающие его перегрев. Автоматизация очистных машин и комплексов имеет целью:

повысить безопасность и улучшить условия труда горнорабочих очистного забоя путем вывода их из зоны работы комбайна, характеризующейся высокой запыленностью, опасностью травматизма вращающимся рабочим органом, разлетающимися кусками отбитого угля и передвигающейся металлической крепью. При дистанционном управлении комплексом с вынесенного пульта рабочие находятся на расстоянии 15-20 м от комбайна, а при полностью автоматизированном комплексе они выводятся на штрек;

увеличить производительность комбайна в результате более полного (по мощности) использования электродвигателя рабочего органа и недопущения его опрокидывания;

улучшить сортность отбитого угля;

повысить надежность и срок службы очистных машин путем стабилизации режима работы их электродвигателей;

обеспечить автоматическую подачу предупредительного сигнала перед пуском агрегатов комплекса.

**Классификация систем автоматического управления очистными машинами.** Различают условно минимальный и максимальный варианты автоматизации очистных машин. К первому варианту относятся:

системы стабилизации мощности на валу электродвигателя резания путем изменения скорости подачи с учетом ограничений ее из-за возможности заштыбовки рабочего органа, недостаточной производительности забойного конвейера, малой скорости передвижения крепи, выделения метана и других факторов;

системы стабилизации скорости подачи при неизменной скорости резания, обеспечивающие одинаковую крупность и, следовательно, качество отбиваемого угля и поэтому имеющие преимущество.

При максимальном варианте автоматизации очистные машины должны иметь регулируемый привод рабочего органа (резания). Это позволяет поддерживать постоянную мощность на валу двигателя при неизменном гранулометрическом составе угля путем одновременного регулирования скоростей резания и подачи таким образом, чтобы их отношение было постоянным. Такая система может быть дополнена экстремальным регулятором, осуществляющим автоматический поиск наиболее экономичного

режима в отношении израсходованной электроэнергии на определенное количество (например на 1 т) отбитого угля. Но поскольку в качестве приводов рабочих органов очистных машин применяют нерегулируемые асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, реализация таких систем пока невозможна.

В настоящее время для автоматизации очистных комбайнов и комплексов применяют систему САДУ, регуляторы нагрузки ИПИР-3М, УРАН, аппаратуру К103-А и др.

Система автоматического и дистанционного управления САДУ-2. Эта система применяется для комбайнов с гидрообъемной подающей частью. Она обеспечивает автоматизацию по минимальному варианту и действует следующим образом.

Машинист комбайна выбирает и задает некоторую скорость подачи комбайна. Если нагрузка на двигатель не превышает номинальную, то система автоматически поддерживает это значение скорости подачи. При возрастании нагрузки сверх номинальной система снижает скорость подачи до значения, при котором двигатель резания работает с номинальной нагрузкой, т.е. система работает в режиме стабилизации нагрузки двигателя.

Аппаратура системы САДУ-2 построена по блочному принципу. Она состоит из блоков: питания *БП* (рис. 33), ограничителя скорости *ОС*, логических элементов *И* и *ЭИ*, триггеров *БТ*, усиления сигналов *УС*, сравнения сигналов *СС*, датчика нагрузки *ДН* и пульта дистанционного управления *ПДУ*.

При подаче питания на трансформатор *Т1* напряжение с его обмотки *IV* поступает в блок усиления сигналов *УС*, где оно выпрямляется мостом *VD5 VD8* и через тиристоры *V1* и *V2* и резистор *R21* или через тиристоры *V1*, *V3* и резистор *R29* подается соответственно на катушку *YA1* или *YA2* трехпозиционного электромагнита исполнительного органа системы. Включение катушки *YA1* вызывает уменьшение скорости подачи, а включение *YA2* - увеличение.

**У м е н ь ш е н и е с к о р о с т и п о д а ч и.** Тиристор *V2* управляется командой с обмотки *II* трансформатора *Т5*, на обмотку *I* которого сигнал может поступать от двух источников.

При нагрузке двигателя комбайна, меньшей номинальной, сигнал поступает от обмотки *V* трансформатора *Т1*, напряжение которой после выпрямления и стабилизации подается в пульт дистанционного управления *ПДУ*, где оно преобразуется в переменное напряжение с частотой 3-5 кГц. Затем это напряжение через переключатель *SA1* (в положении *I* - "Уменьшение скорости") и контакт *S1* или *S2* ограничителя скорости *ОС* или через переключатель *SA2* (в положении *I* - "От забоя") подается на обмотку *I* трансформатора *Т2*, в результате чего тиристор *V1* открывается, подготавливая электромагниты к включению. Напряжение обмотки *II* трансформатора *Т5* через диод



*VD27* открывает тиристор *V2* и катушка *YA1* получает питание. При этом золотник гидравлического усилителя перебрасывается и скорость подачи комбайна уменьшается.

Когда нагрузка двигателя превышает номинальную, тиристор *V2* открывается следующим образом. В этом случае амплитуда напряжения с датчика нагрузки *ДН* будет больше заданного напряжения (уставки), которое снимается с обмотки *III* трансформатора *T1*, выпрямляется и сглаживается. В блоке сравнения *СС* выделяется разность этих напряжений в виде пульсирующего тока, который пропускается через резистор *R19*. В результате не переход эмиттер - база транзистора *VY19* будет поступать пульсирующее отпирающее напряжение. Транзистор *VT2* вместе с транзистором *VT1* и резисторами *R16* - *R18* составляют триггер (бесконтактное реле), причем, когда один из транзисторов открыт, другой - заперт. При открытом транзисторе *VT2* и, следовательно, запертом *VT1* конденсатор *C5* в блоке *И* заряжается. Разрядка его происходит через транзистор *VT6*, который управляется тактовыми импульсами от генератора, образованного конденсатором *C2*, стабилитроном *VD23*, резистором *R4* и трансформатором *T3*. В результате транзистор *VT6* будет периодически открываться и запирается. При открытом транзисторе конденсатор *C2* разряжается на обмотку *I* трансформатора *T4*, с обмотки *II* которого напряжение через контакт *B1* или *B2* поступает на трансформатор *T5*, а с него через диод *VD27* на управляющий электрод тиристора *V2*. Последний открывается, катушка *YA1* получает питание и скорость подачи уменьшается, вызывая снижение нагрузки двигателя до номинальной, при которой дальнейшее уменьшение скорости подачи прекращается.

Увеличение скорости подачи. Скорость подачи возрастает при включении катушки *YA2* электромагнита, т.е. при открывании тиристора *V3*, который управляется сигналом с обмотки *II* трансформатора *T7*. На первичную обмотку *I* этого трансформатора сигнал поступает в зависимости от результата сравнения задающего напряжения, снимаемого с моста *VD37* - *VD40*, и опорного напряжения, определяемого параметрами стабилитрона *VD35*. Сравнение производится на резисторах *R26*, *R35*, *R34*. Напряжение частотой 3-5 кГц подается через переключатель *SA1* (в положении *II* - "Автомат") или через переключатель *SA2* (в положении *II* - "На забой") на трансформатор *T9*, а с него на мост *VD37* - *VD40*. Машинист комбайна, вращая ручку задатчика скорости от нейтрального положения, вводит сердечник в катушку *L3* и таким образом увеличивает индуктивное сопротивление цепи *L1*, *L2*, *L3*, в результате чего возрастает выходное напряжение на трансформаторе *T9* и, следовательно, выпрямленное напряжение моста *VD37-VD40*. Амплитуда выпрямленного напряжения станет больше опорного напряжения и на резисторах *R34*, *R35*, *R26* появятся импульсы отрицательной полярности, что в итоге приведет к

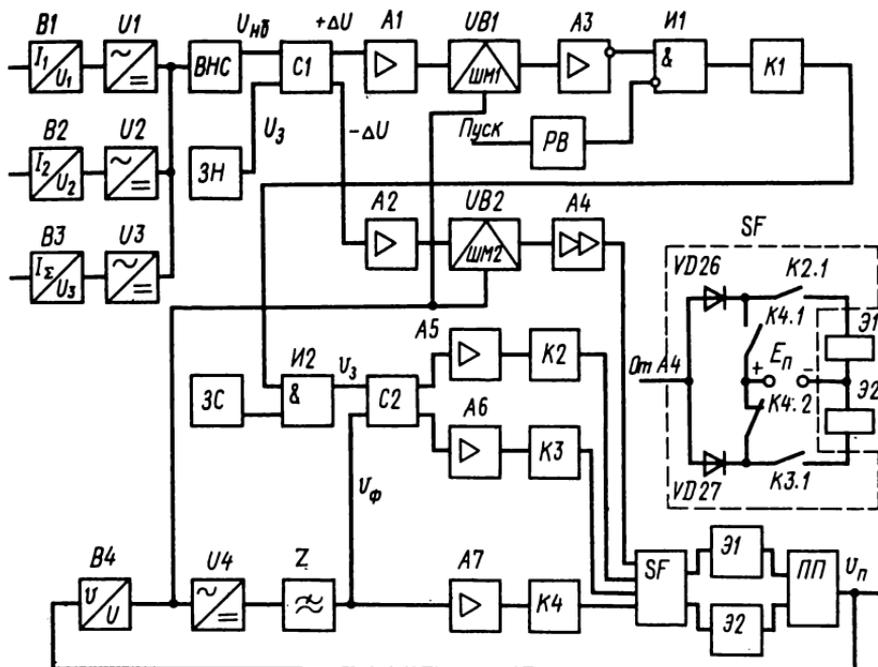


Рис. 34. Функциональная схема регулятора ИПИР-3М

открыванию тиристора  $V3$ , включению катушки  $YA2$  и увеличению скорости подачи. Одновременно с этим сердечники из катушек  $L1$  и  $L2$  выводятся, что вызывает уменьшение сопротивления цепи  $L1$ ,  $L2$ ,  $L3$  и снижение напряжения на выходе моста  $VD37$ - $VD40$ . Когда амплитуда напряжения с моста и опорное напряжение станут равными, тиристор  $V3$  запретится, катушка  $YA2$  отключится и скорость подачи перестанет возрастать, достигнув заданного значения.

**Регулятор нагрузки ИПИР-3М.** Он применяется на очистных комбайнах со встроенным гидрообъемным приводом подачи и обеспечивает: автоматическое регулирование нагрузки двигателя резания путем изменения скорости подачи; стабилизацию скорости подачи от 0 до 6 м/мин при недогруженном двигателе резания; ограничение суммарного тока двигателей комбайна при двухдвигательном приводе; уменьшение до нуля скорости подачи при пуске комбайна и последующее увеличение ее до заданного значения.

**Состав регулятора нагрузки.** Регулятор состоит из двух блоков - регулирования нагрузки и скорости.

Блок регулирования нагрузки содержит: трансформаторы тока двигателей -  $B1$ ,  $B2$  (рис. 34) и суммарного тока -  $B3$ , схему выделения наибольшего сигнала  $BCH$ , схему сравнения  $C1$ , канал

уменьшения (сброса) нагрузки с усилителями  $A2$  и  $A3$ , широтно-импульсный модулятор  $UB1$  и выходное реле  $K1$ , канал увеличения (наброса) нагрузки с усилителем  $A2$ , широтно-импульсным модулятором  $UB2$  и многокаскадным выходным усилителем  $A4$ .

Блок регулирования скорости содержит: датчик скорости подачи  $B4$ , задатчик скорости и направления подачи  $3C$ , схему сравнения  $C2$ , два канала усиления -  $A5$  и  $A6$  с выходным реле  $K2$  и  $K3$ , канал контроля направления движения  $A7$  и  $K4$ , логическую контактную схему  $SF$ , выходные электромагниты  $\mathcal{E}1$  и  $\mathcal{E}2$  и привод подающей части  $ПП$ .

**Работа регулятора.** Ток двигателей комбайна измеряется датчиками  $B1$  и  $B2$ ; суммарный ток - датчиком  $B3$ . Сигналы от этих датчиков выпрямляются выпрямителями  $U1 - U3$  и подаются через схему  $BHC$  в сравнивающее устройство  $C1$ , в которое от задатчика нагрузки  $3H$  подается сигнал  $U_3$ , пропорциональный запланированному режиму загрузки двигателей резания. Таким образом, устройство  $C1$  сравнивает ток наиболее загруженного двигателя (или суммарный ток) с заданным. Когда двигатели перегружены, на выходе  $C1$  появляется сигнал  $+\Delta U$ , при недогрузке -  $-\Delta U$ .

Сигнал о перегрузке поступает в канал сброса нагрузки. Там он усиливается ( $A1$ ) и подается в модулятор  $UB1$ , где преобразуется в управляющие сигналы с постоянными амплитудой и шириной, определяемыми значениями отклонения нагрузки от задания и скорости подачи, сигнал о которой вводится в модулятор. Управляющие сигналы усиливаются усилителем  $A3$  и с его инвертирующего выхода подаются через схему совпадения  $И1$  на выходное реле  $K1$ , в результате чего оно будет обесточено на время длительности управляющего импульса. Таким образом, при перегрузке двигателя реле  $K1$  импульсно отключает задатчик скорости  $3C$  от схемы сравнения  $C2$ .

Сигнал -  $\Delta U$  о недогрузке двигателя формирует в канале наброса нагрузки  $A2$ ,  $UB2$ ,  $A4$  управляющие сигналы - импульсы определенной ширины (как в канале сброса нагрузки), которые воздействуют на блок регулирования скорости подачи по логической контактной схеме  $SF$ . Для формирования ширины импульсов на модулятор  $UB2$  подается сигнал с датчика  $B4$ , амплитуда которого характеризует скорость подачи только по модулю. Сигнал с  $B4$  подается также на выпрямитель  $U4$  и далее на фильтр  $Z$ , после чего он характеризует скорость подачи по модулю и направлению. Этот сигнал подается на один из входов схемы сравнения  $C2$ . Другой вход  $C2$  соединен с задатчиком скорости подачи  $3C$  через схему совпадения  $И2$ . Поэтому сигнал от  $3C$  на  $C2$  будет поступать только при наличии сигнала на втором входе  $И2$ , который подается от реле  $K1$ , когда двигатель не перегружен. Выходной сигнал  $C2$  характеризует отклонение фактической скорости подачи  $v_f$  от заданной -  $v_3$ .

Скорость и направление подачи управляются электромагни-

тами  $\mathcal{E}1$  и  $\mathcal{E}2$ , изменяющими эксцентриситет гидронасоса подающей части  $ПП$ . Они включаются в зависимости от рассогласований по скорости подачи и нагрузке. Рассмотрим действие регулятора при движении вперед. В этом случае реле  $K4$  постоянно включено, его контакт  $K4.1$  замкнут, а  $K4.2$  разомкнут.

Когда при номинальной нагрузке двигателя  $v_{\phi} = v_3$ , реле  $K2$  и  $K3$  отключены и электромагниты  $\mathcal{E}1$  и  $\mathcal{E}2$  обесточены.

При недогруженном двигателе и  $v_{\phi} > v_3$ , положительный сигнал рассогласования по скорости подачи через усилитель  $A5$  включает реле  $K2$ , которое контактом  $K2.1$  включает электромагнит  $\mathcal{E}1$  на снижение скорости (реле  $K3$  отключено). Одновременно на логическую схему  $SF$  из канала наброса нагрузки  $A4$  подаются импульсы на увеличение нагрузки, но на электромагнит  $\mathcal{E}1$  они не поступают, так как диод  $VD26$  заперт напряжением  $E_{\pi}$ .

Если двигатель недогружен и  $v_{\phi} < v_3$ , то через усилитель  $A6$  включается реле  $K3$  (реле  $K2$  отключено). При этом через диод  $VD27$  и контакт  $K3.1$  на электромагнит  $\mathcal{E}2$  поступают с канала увеличения нагрузки  $A4$  импульсы и скорость подачи возрастает до появления ограничений по нагрузке.

Аналогично работает регулятор при перегрузке двигателя.

При движении назад реле  $K4$  отключено, его контакт  $K4.1$  разомкнут, а  $K4.2$  замкнут. Поэтому в отличие от движения вперед включение электромагнита  $\mathcal{E}1$  приводит к увеличению скорости подачи; включение  $\mathcal{E}2$  - к ее уменьшению.

Реле времени  $PВ$  действует при пуске комбайна и на заданный интервал времени отключает через реле  $K1$  уставку скорости подачи. При этом электромагниты  $\mathcal{E}1$  и  $\mathcal{E}2$  устанавливают статор гидронасоса в нейтральное положение, благодаря чему скорость подачи при пуске начинает возрастать от нуля.

Аппаратура  $K103-A$  автоматизации комбайнов. Эта аппаратура предназначена для работы с комбайнами  $K103$ , имеющими вынесенную на штрек систему подачи. Она обеспечивает:

в отношении управления комплексом - управление с пульта машиниста комбайна пускателями: комбайна, насоса орошения, конвейера, вынесенной системы подачи и предохранительной лебедки, а также аварийное отключение всех механизмов участка с пульта машиниста, абонентских постов связи по очистному забою и со штрекового аппарата управления; дистанционное управление пускателями двух насосных станций гидросистемы крепи; раздельное или совместное с выдержкой во времени включение приводов забойного конвейера, выбор пункта управления забойным конвейером - с пульта машиниста, ближнего или дальнего привода конвейера; реверс забойного конвейера; автоматическую подачу предупредительного сигнала перед натяжением тяговой цепи комбайна, перед началом его перемещения и включением приводов забойного конвейера;

в отношении режимов работы - стабиль-

лизацию заданной скорости подачи и контроль нагрузки двигателей комбайна и вынесенной системы подачи; плавное увеличение скорости подачи от нуля до заданной уставки;

в отношении блокировок и защиты блокировку предупредительного сигнала при остановках механизмов на более чем на 5 с; нулевую защиту от потери управляемости при повреждениях в цепях управления; блокировку, возвращающую цепи управления в исходное состояние при отключении или невключении любого механизма комплекса, а также при отсутствии предупредительного сигнала; автоматическое отключение пускателя комбайна при незавершившемся пуске или опрокидывании двигателей комбайна; защиту двигателей подачи при технологических перегрузках; снижение скорости подачи комбайна до нуля при обрыве или коротком замыкании цепей дистанционного задания скорости подачи;

в отношении сигнализации - световую индикацию работы механизмов и состояния цепей управления, идущих из очистного забоя на штрек; световую индикацию состояния цепей управления пускателями.

В комплект аппаратуры К103-А входят штрековый блок, регулятор нагрузки и скорости, блок контроля двигателей, содержащий аппарат защиты и контроля КОРД1.

Регулятор нагрузки и скорости работает в двух режимах: в автоматическом, когда поддерживается заданная скорость подачи с контролем нагрузки двигателей комбайна, а также двигателей вынесенной системы подачи и снижением скорости движения при их перегрузке; в дистанционном, когда поддерживается заданная скорость с отсечкой по нагрузке двигателей комбайна и вынесенной системы подачи.

#### 4.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОФИЦИРОВАННЫМИ КРЕПЯМИ

Управление крепями представляет собой циклическую последовательность нескольких операций: разгрузки секции крепи, подтягивания ее к конвейеру, распора стоек крепи и передвижки конвейера. Принцип построения системы автоматизации для передвижки крепи не сложен. Однако большое число секций крепи в забое, на каждой из которых расположены по несколько электрогидроклапанов, датчиков положения, сигнализаторов давления, обуславливает необходимость передачи значительного объема управляющих, блокировочных и контролирующих сигналов. Для этого приходится применять многожильные кабели и электрические соединители штепсельного типа с большим числом паек и контактных соединений. Указанные обстоятельства, а также непостоянство горно-геологической обстановки в забое и чрезвычайно тяжелые условия работы электрооборудования вследствие заштыбовки секций крепи, высоких запыленности и



ниже или выше передвигаемой) включается реле *K2* поста управления передвигаемой секции по цепи (например, при передвижке вверх): плюс источника питания *G* - контакт *B2* датчика давления в напорной магистрали - контакт переключателя *S5* - провод *12* - кнопка *S3* - провод *14* - диод *V2*, обмотка реле *K2* и размыкающий контакт *K3* следующего за изображенным на рисунке поста управления - провод *16* миллиамперметр *РА* - минус источника *G*.

Реле *K2* своими замыкающими контактами производит следующие переключения: включает электрогидроклапан *У* на передвижку секции к забою и сигнальную лампу *Н* ("Клапан"); при замкнутом контакте датчика перемещения секции *B1* (когда секция не в переднем положении) через диод *V3* самоблокируется, а через диод *V1* включает реле *K1*; подает напряжение на конденсатор *C1*. Реле *K1* самоблокируется и подает напряжение на конденсатор *C2*.

При включенном электрогидроклапане секция крепи передвигается в переднее положение (к конвейеру). В конце хода размыкается контакт датчика перемещения *B1* и реле *K2* отключается. В результате отключается электрогидроклапан *У* и лампа *Н* гаснет. Размыкающий контакт *K2* подает напряжение на транзистор *VT*, а замыкающий контакт *K2* разрывает цепь зарядки конденсатора *C1*, который начинает разряжаться. По окончании разрядки открывается транзистор *VT* и включается реле времени *K3*, которое своим размыкающим контактом отключает с выдержкой времени реле *K1*. Замыкающий контакт *K3*, включенный параллельно контактам кнопки *S3*, через провод *14* подает импульс на включение следующей секции по ходу передвижки.

Реле *K1* разомкнет свои контакты: в цепи самоблокировки; в коллекторной цепи транзистора *VT*, в которую включено реле *K3*; в цепи зарядки конденсатора *C2*. Размыкающий контакт *K1* подключит обмотку реле *K3* к заряженному конденсатору *C2*, в результате чего реле *K3* будет удерживаться включенным на время, необходимое для полного распора секции. Это время можно регулировать, изменяя сопротивление резистора *R5*.

Число секций в группе устанавливают отключением датчика *B1* от поста управления первой секции следующей группы.

Для остановки передвижки секций крепи нажимают кнопку *S1* на любом poste управления.

#### 4.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ

При автоматизации проходческих комбайнов решаются следующие основные задачи:

автоматическое регулирование нагрузки электродвигателя исполнительного органа с целью полного использования его мощности;

программное управление перемещением стреловидного исполнительного органа комбайна, обеспечивающее высокую точность отработки забоя выработки;

автоматическая ориентация проходческих комбайнов в горных выработках.

Для автоматического регулирования нагрузки комбайна применен регулятор ПРИЗ, который защищает электродвигатель исполнительного органа от опрокидывания и стабилизирует нагрузку его путем изменения скорости подачи. Регулятор ПРИЗ представляет собой электрогидравлический импульсный регулятор.

Программное управление исполнительным органом осуществлено для комбайна ПК9рА. Выпускающаяся аппаратура программного и дистанционного управления этим комбайном позволяет автоматически и дистанционно перемещать исполнительный орган и стол погрузчика комбайна в процессе отработки им забоя выработки. Программа их перемещения задается машинистом при выполнении им образцового цикла управления. Эта программа записывается на магнитный барабан. Вид записи - дискретный. Максимальное число отдельных перемещений в программе - 40. Минимальное запрограммированное перемещение исполнительного органа по забое - 80 мм, стола погрузчика - 6 . Такой способ задания и записи программы позволяет быстро перестраивать ее непосредственно в забое. Время стирания старой программы составляет не более 40 с.

Аппаратура программного управления обеспечивает возможность без нарушения записанной программы смещать обрабатываемое сечение выработки. Эта операция производится в случае отклонения проводимой выработки от заданного направления. Смещение производится дискретно на 80, 160 или 240 мм по горизонтальной или вертикальной оси в обе стороны.

Аналогичная аппаратура выпускается для автоматизации проходческих комбайнов 4ПП2с. Она обеспечивает:

дистанционное управление с переносного пульта групповым пускателем комбайна, перемещением исполнительного органа и стола питателя, ходом комбайна, поворотом конвейера хвостовой части и распором домкратов;

автоматическое управление перемещением исполнительного органа в соответствии с заданной программой;

автоматическую стабилизацию нагрузки двигателей исполнительного органа в соответствии с уставкой по току.

При программном управлении исполнительным органом значительно снижается трудоемкость обслуживания и повышается безопасность работ. Однако для эффективного использования этого метода необходимо перед выполнением очередного цикла обработки забоя обеспечить заданную ориентацию проходческого комбайна в выработке и неподвижность его в процессе работы, поскольку исполнительный орган перемещается в соответствии с программой относительно комбайна, а не оси выработки. Если

эти требования не соблюсти, то выработка будет с каждым циклом смещаться от заданного направления.

Для решения указанной задачи ведутся работы по созданию систем автоматической ориентации проходческих комбайнов. К одной из них относится система с использованием лазерного указателя направления. Этот указатель устанавливается неподвижно, чтобы луч лазера совпадал с направлением выработки. На комбайне устанавливают приемный экран с фотодатчиками, которые фиксируют отклонение комбайна от заданного направления.

#### 4.4. АВТОМАТИЗАЦИЯ БУРИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Шахтные бурильные установки (ШБУ) автоматизируют с целью повышения их производительности и облегчения труда бурильщика. Полностью автоматические ШБУ пока не созданы, поскольку не существуют достаточно надежные устройства для автоматизации замены инструмента. Системы САУ бурильных установок в общем случае могут содержать следующие подсистемы: управления циклом бурения; стабилизации режимов работы бурильной машины; программного управления для обуривания забоя по заданному паспорту буровзрывных работ.

К отечественным разработкам относится опытный образец автоматизированной бурильной установки УБШ251, прошедший испытания на шахте им. А.Ф. Засядько в Донбассе [9]. В системе автоматизации этой установки предусмотрены три режима

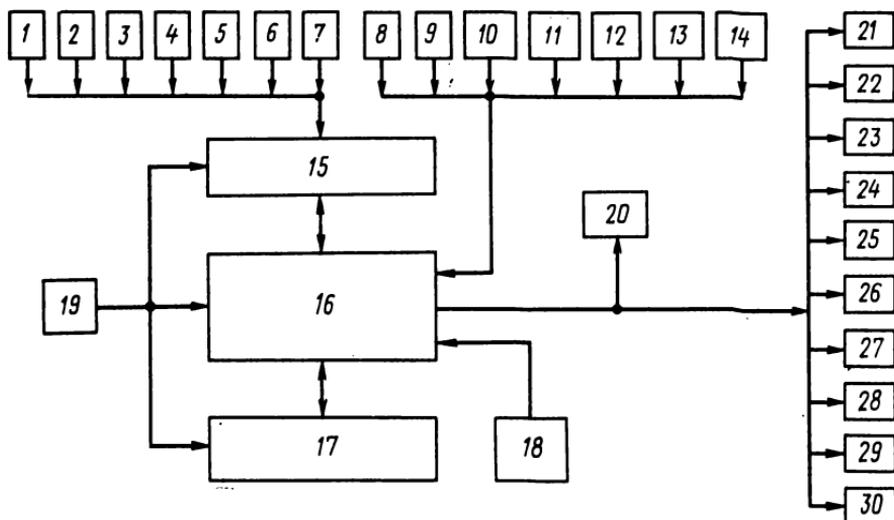


Рис. 36. Структурная схема системы автоматизации бурильной установки УБШ251

управления: ручной; автоматического бурения шпура; программного обуривания забоя.

В режиме ручного управления бурильщик 19 подает команды с пульта 17 (рис. 36) на выполнение всех операций по бурению. Эти команды поступают к соответствующим исполнительным механизмам через гидрораспределители 21 30 с электромагнитным приводом.

В режиме автоматического бурения шпура бурильщик устанавливает бурильную машину в одну из заданных точек забоя и включает систему автоматики. Наиболее целесообразной и эффективной была бы система автоматической оптимизации, в которой критерием оптимума служит минимальная стоимость бурения. Однако она зависит от многих различных факторов, учет которых значительно усложнил бы создание системы.

Поэтому для бурильной установки УБШ251 принят принцип регулирования режима бурения, состоящий в поддержании постоянной заданной максимальной нагрузки (момента) механизма вращения инструмента и защиты от заклинивания его в шпуре. Максимальную нагрузку устанавливают в зависимости от свойств буримой породы по заранее определенным законам. Для этого в гидросистему вращателя вводят датчики давления 1 и 2, которые настраивают на давления, соответствующие верхнему и нижнему пределам стабилизируемого момента вращателя, а также датчики давления 3,4, настроенные на давление, несколько меньшее того, при котором возникает заклинивание инструмента.

В гидросистему подачи устанавливают регулятор скорости подачи 20 с электроуправлением, отводящий часть рабочей жидкости из линии подачи на слив. Таким образом регулятор 20 обеспечивает пониженную скорость подачи при забуривании.

Когда сопротивление вращению инструмента возрастает, давление в линии вращателя увеличивается, датчик 1 срабатывает и блок автоматики 15 выдает команду на регулятор 20, который уменьшает скорость подачи инструмента. При снижении давления по сигналу датчика 2 регулятор 20 увеличивает скорость подачи. Уставку стабилизируемого момента можно оперативно менять.

При вращательном бурении регулируют также частоту вращения инструмента в зависимости от крепости буримой породы, которую определяют косвенно по скорости бурения (скорости подачи) исходя из предпосылки, что при постоянных частоте вращения и крутящем моменте скорость бурения обратно пропорциональна крепости породы. Эту зависимость закладывают в устройство программного управления 16. Скорость бурения определяют по сигналу тахогенераторных датчиков 8,9 в режиме забуривания. В соответствии с ее значением устройство 16 выбирает частоту вращения, которая поддерживается с помощью насоса переменной подачи, работающего в линии вращателя.

При бурении по слабым породам скорость бурения может ока-

заться настолько большой, что разбуренная порода не будет успевать удаляться из шпура, в результате чего может произойти заштыбовка инструмента. Чтобы избежать этого, бурильщик с пульта 17 устанавливает ограничение максимальной скорости бурения, зависящее от давления промывочной воды.

При вращательно-ударном бурении крутящий момент стабилизируют сначала изменением энергии ударов и только если это воздействие недостаточно, то регулированием скорости подачи. Энергию удара регулируют изменяя с помощью гидрораспределителей 29 и 30 расход насоса, работающего в линии ударника.

Чтобы увеличить коэффициент использования шпуров, бурение их необходимо оканчивать в одной плоскости. Для автоматизации этого процесса на направляющей бурильной машины устанавливают датчик 6, контролирующий движение бурильной головки вперед. Сигнал с датчика поступает в устройство программного управления 16, которое по углу отклонения и длине манипулятора рассчитывает значение отхода бурильной машины прибавляет его к необходимой длине хода подачи бурильной головки и сравнивает с фактической глубиной шпура, определяемой с помощью датчика скорости бурения 8. Когда фактическая глубина совпадает с расчетной, устройство 16 через блок 15 и гидрораспределитель 27 отключит насос переменной подачи.

Гидрораспределитель 26 реверсирует подачу. Когда инструмент выйдет из шпура и бурильная головка примет исходное положение, сработает датчик 7, по сигналу которого блок 15 отключит гидрораспределители вращения 22 и подачи 26 и включит гидрораспределитель распора 25 на отвод бурильной машины от забоя. В заднем положении ее сработает датчик 5 и отключит гидрораспределитель 25. Система подготовлена к перестановке бурильной машины на следующий шпур.

Чтобы определить положение бурильной машины в пространстве, в шарниры манипулятора встраивают угловые датчики положения (10 - отклонения; 11 - вращения; 12 - наклона; 13 - поворота), выдающие в устройство 16 сигналы, определяющие положение бурильной машины относительно шасси ШБУ, и устанавливают на последней датчик 14, определяющий наклон ШБУ к горизонтали.

Режим программного обуривания забоя. Чтобы автоматически обуривать забой, необходимо записать программу в память системы. Для этого бурильщик, управляя вручную, последовательно выставляет бурильную машину по координатам шпуров в соответствии с паспортом буровзрывных работ и после каждой установки нажимает кнопку "Запись". При этом в память системы записываются сигналы датчиков 10, 14, определяющие координаты и углы наклона шпуров, а также последовательность их бурения. Одновременно на индикаторе выносного пульта 18 высвечивается порядковый номер записанного шпура.

Память системы автоматики выполнена на микропроцессорной

базе, получающей питание от автономного источника - аккумулятора, что позволяет сохранить программу при отключении ШБУ от электрической сети.

После выполнения цикла буровзрывных работ и уборки породы ШБУ перемещают для следующего цикла обуривания. При этом ШБУ может оказаться смещенной относительно положения, в котором она находилась при выполнении образцового цикла и записи программы. Чтобы соответственно скорректировать программу, в нее вводят "нулевое" положение бурильной машины, которое совмещают с положением для бурения первого шпура. Она задается по маркшейдерским отметкам или по лучу лазера.

Затем бурильщик нажимает кнопку "Начало программы" и бурильная головка автоматически выставляется в "нулевое" положение, записанное в программе. В результате смещения ШБУ оно не совпадает с заданным "нулевым" положением. В это положение бурильщик, работая в режиме ручного управления, устанавливает бурильную машину и нажимает кнопку "Пуск программы". При этом устройство 16 сравнивает показания датчиков 10 14 с находящимися в памяти координатами "нулевого" положения и корректирует координаты всех шпуров относительно ШБУ, компенсируя таким образом ее смещение в забое, и выдает в блок 15 команду на автоматическое бурение шпуров по программе. На индикаторе пульта 18 высвечивается номер буримого шпура. После окончания бурения последнего шпура система автоматически отключается.

#### Контрольные вопросы

1. Назовите основные задачи автоматизаций очистных комбайнов и комплексов.
2. Как работает система САДУ-2?
3. Опишите состав и работу регулятора нагрузки ИПИР-3М.
4. Какие функции выполняет аппаратура К103-А автоматизации очистных комбайнов?
5. Как работает аппаратура М87ДГА автоматизации крепи?
6. Назовите основные задачи автоматизации проходческих комбайнов и принципы построения соответствующих САУ.
7. Опишите состав и принцип работы системы автоматизации бурильной установки УБШ251.

## 5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПОДЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА

### 5.1. АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА

**Общие сведения.** Конвейерный транспорт относится к непрерывным видам транспорта и поэтому наиболее пригоден для автоматизации. Магистральные конвейерные линии используют на шахтах для доставки угля по горизонтальным и наклонным вы-

работкам до сборных штреков или до приемных бункеров в околоствольном дворе. На некоторых шахтах, вскрытых наклонными стволами, конвейерами доставляют уголь к погрузочным бункерам на поверхности.

В состав конвейерных линий входят ленточные и скребковые (одно- и двухцепные) конвейеры.

По назначению различают конвейерные линии:

*передвижные*, состоящие из скребковых конвейеров очистного забоя, просека и печи. Забойный конвейер перемещают после каждого цикла обработки забоя. Современные изгибающиеся конвейеры подвигают к забою сразу же после прохождения очистного комбайна;

*полустационарные*, состоящие из конвейеров участковых выработок. Срок службы их определяется периодом отработки участка;

*стационарные*, состоящие из высокопроизводительных ленточных конвейеров, расположенных в капитальных горных выработках. Они служат в течение времени выемки пласта в пределах шахтного поля или одного из его крыльев.

В зависимости от структурного построения различают конвейерные линии:

*неразветвленные*, состоящие из нескольких последовательно установленных конвейеров;

*разветвленные*, которые состоят из конвейеров главного направления и подающих на них груз конвейеров одного или нескольких ответвлений. При этом создаются два или более маршрута, каждый из которых образован конвейерами данного ответвления и теми конвейерами главного направления, которые доставляют груз с этого ответвления.

В настоящее время конвейерный транспорт один из наиболее автоматизированных объектов на шахтах.

Технические требования к автоматизации конвейерных линий. Аппаратура автоматизации конвейерных линий должна обеспечивать следующие виды управления, контроля, блокирования, сигнализации и связи:

автоматический пуск конвейеров линии в направлении, противоположном грузопотоку;

возможность выбора и раздельного пуска любого маршрута разветвленной конвейерной линии;

автоматическую подачу в течение определенного времени звукового предупредительного сигнала перед пуском линии. При пуске определенного маршрута сигнал должен подаваться только по нему;

пуск части конвейеров линии и возможность дозапуска остальных конвейеров линии, не останавливая работающие конвейеры;

автоматический контроль скорости движения ленты или скребковой цепи конвейера;

включение каждого конвейера только после того, как ра-

бочий орган предыдущего конвейера достиг заданной скорости; автоматический возврат всех элементов электрических цепей в исходное положение после оперативного отключения линии; экстренное прекращение пуска и экстренную остановку любого конвейера из любой точки вдоль его длины;

одновременное автоматическое отключение всех конвейеров, транспортирующих груз на остановившийся конвейер;

блокирование, не допускающее повторное включение остановившегося из-за аварии конвейера без ручного возврата системы защиты в исходное состояние;

блокировку, запрещающую пуск конвейерной линии, если отсутствует возможность принять груз в месте разгрузки;

сигнализацию на пульте управления о числе конвейеров, работающих в линии или на маршруте;

сигнализацию на блоках управления о неисправном состоянии конвейера и причине неисправности;

двустороннюю телефонную связь и звуковой кодовый вызов.

Цепи управления аппаратуры автоматизации должны быть искробезопасными.

**Аппаратура автоматического контроля и защиты.** В системах автоматизации конвейерных линий используют различные средства контроля и защиты. Выше были рассмотрены датчики ДМ-2М, ДКС (см. 2.1) и устройство контроля скорости УКС (см. 2.7). Применяются также датчики заштыбовки, контроля схода ленты КСЛ-2, кабель-тросовые выключатели КТВ-2, устройство контроля проскальзывания и скорости УКПС и др.

При профилактических осмотрах конвейеров с резинотросовыми лентами состояние тросов определяют, используя устройство контроля прочности лент УКПЛ-1.

**Д а т ч и к К С Л 2** (рис. 37) предназначен для контроля аварийного схода в сторону конвейерной ленты и выдачи сигнала в систему дистанционного или автоматического управления. Он содержит: пластмассовый корпус 6 и крышку 13; гибкий привод 1, который состоит из троса 4, закрепленного одним концом к зажиму 2, другим - к толкателю 8, дистанционных шайб 3 и возвратной пружины 7; исполнительное устройство, состоящее из магнита 10, опорной пружины 11 и магнитоуправляемого контакта, заключенного в капсулу 9, которая устанавливается в зажиме 12.

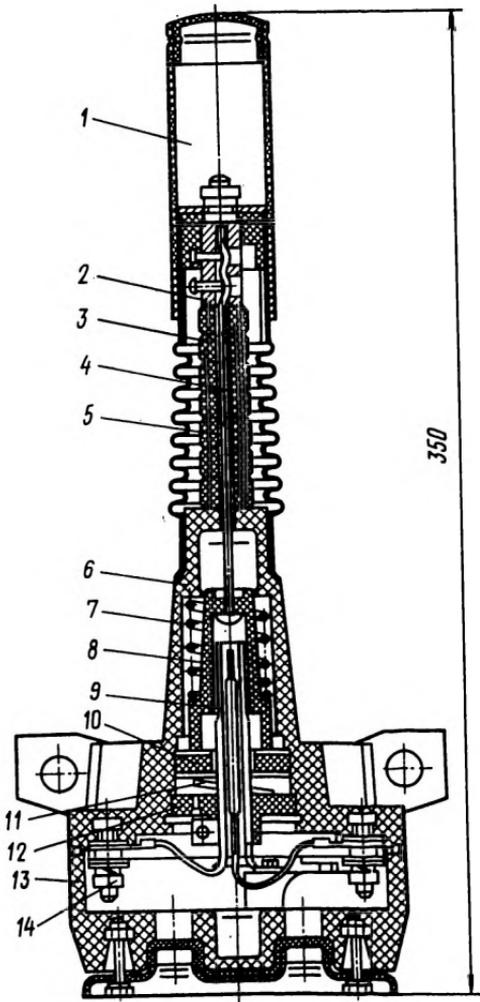
В корпусе имеются два электрических зажима 14, на которые выведены гибкими проводами цепи от магнитоуправляемого контакта.

Датчик снабжен гофрированной трубкой 5, предохраняющей от попадания в его внутреннюю часть пыли и влаги.

При сходе ленты конвейера в какую-либо сторону она воздействует на гибкий привод датчика, в результате чего магнит 10 смещается относительно магнитоуправляемого контакта, который, срабатывая, замыкает цепь управления.

**У с т р о й с т в о У К П Л 1** предназначено для конт-

Рис. 37. Датчик контроля схода ленты КСЛ-2



роля состояния тросовой основы резинотросовых конвейерных лент при проведении профилактических осмотров и ремонтов. Оно обеспечивает:

обнаружение поврежденных тросов в поперечном сечении ленты, движущейся с рабочей скоростью;

автоматическое суммирование повреждений тросовой основы с учетом их взаимного влияния на прочность движущейся ленты;

выдачу команды на отключение привода конвейера и подачу светового сигнала при обнаружении повреждения тросов, превышающего установленный предел;

непрерывную регистрацию показаний самопишущим прибором.

В комплект УКПЛ-1 входят: электронный и регистрирующий блоки; датчики - феррозонды МДИ-1 и ММД-2.

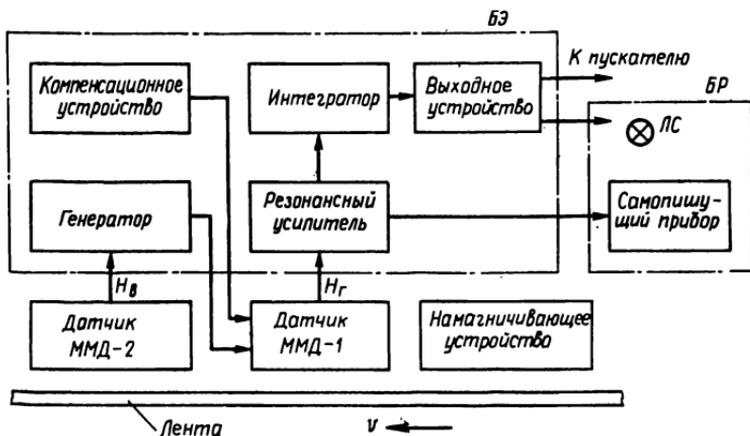


Рис. 38. Структурная схема (а) профилактического контроля прочности резиновой конвейерной ленты

В основу действия устройства УКПЛ-1 (рис. 38) положен метод феррозондовой дефектоскопии. С помощью намагничивающего устройства тросы в ленте предварительно намагничиваются в продольном направлении. В местах повреждения тросов возникают магнитные поля рассеяния, имеющие горизонтальную и вертикальную составляющие. Горизонтальная составляющая напряженности магнитного поля  $H_r$  измеряется датчиком МДИ-1, располагаемым параллельно ленте конвейера; вертикальная составляющая  $H_v$  - датчиком ММД-2, располагаемым перпендикулярно ленте. Обмотки возбуждения датчиков питаются от генератора, расположенного в электронном блоке БЭ. Компенсационное поле создается компенсационным устройством. Сигналы с датчика МДИ-1 поступают в резонансный усилитель, где выделяется вторая гармоника, пропорциональная повреждению тросовой основы ленты. Она усиливается и подается на самопишущий прибор, расположенный в регистрирующем блоке БР, а также в интегратор. В нем сигналы от повреждений суммируются. Если обнаруженные датчиком МДИ-1 повреждения тросов превышают установленный предел в поперечном сечении или по длине ленты, то в выходном устройстве срабатывает реле, в блоке БР зажигается сигнальная красная лампа ЛС и выдается команда на отключение привода конвейера.

Автоматизированные системы управления конвейерными линиями. В настоящее время для шахт, опасных по газу или пыли, выпускается комплекс автоматизированного управления конвейерами АУК.1М. Он предназначен для автоматизированного управления и контроля работы стационарных и полустационарных конвейерных линий, состоящих из ленточных и скребковых конвейеров. Комплекс АУК.1М может применяться также для управления разветвленными конвейерными линиями, имеющими до

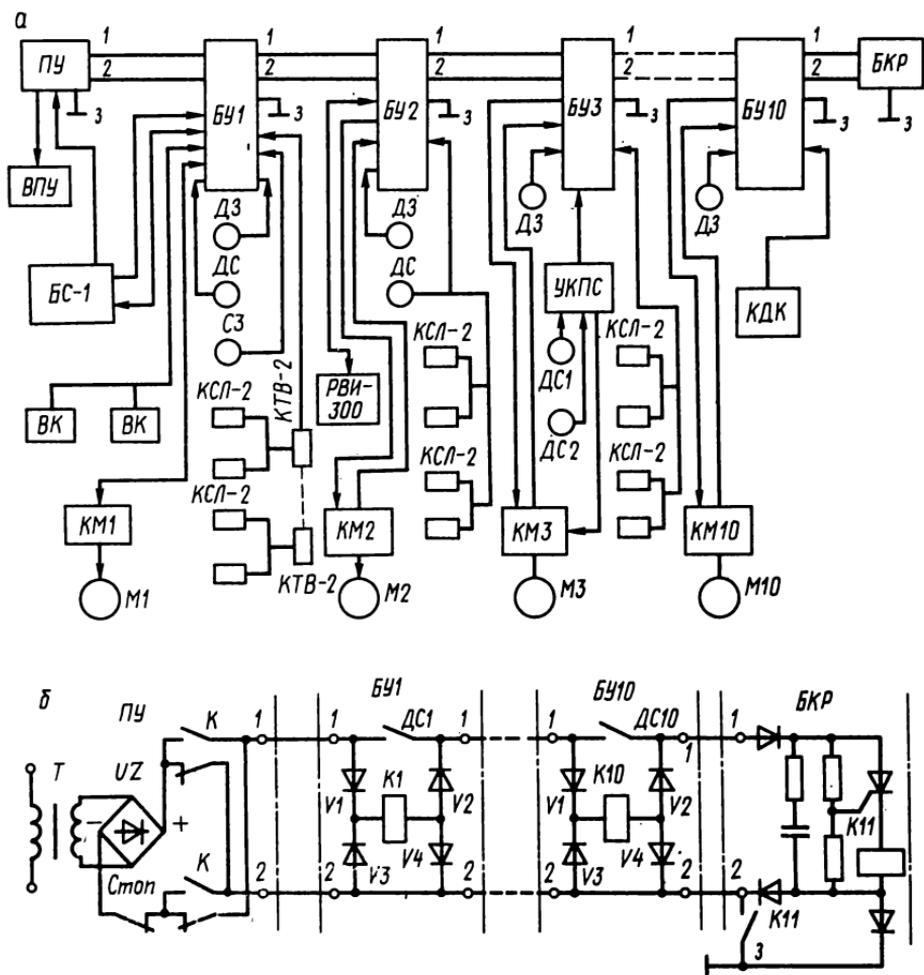


Рис. 39. Структурная схема (а) и упрощенная электрическая схема (б) цепей пуска и контроля скорости конвейеров комплекса АУК.1М

трех ответвлений, каждое из которых управляется как самостоятельная неразветвленная конвейерная линия. Число конвейеров в линии одного маршрута - не более 10.

Комплекс АУК.1М обеспечивает выполнение указанных выше требований, а также контроль времени пуска конвейерной линии; управление отдельно стоящим (одиночным) конвейером без применения пульта управления с соблюдением всех функций по контролю и предпусковой сигнализации; дистанционное управление любым конвейером с выносного кнопочного поста.

В состав комплекса АУК.1М входят: пульт управления с прибором-указателем числа включенных конвейеров, блоки управ-

ления по числу конвейеров в линии, блок концевого реле, датчики скорости, ДКС для ленточных конвейеров и ДМ-2М для скребковых, телефонные трубки, сирены ВСС-3 или гудки ГПРВ-2М.

Блоки управления *БУ1* *БУ10* (рис. 39,а) устанавливают около приводов соответствующих конвейеров; пульт управления *ПУ* с выносным прибором-указателем *ВПУ* - в головной части конвейерной линии. Пульт и каждый блок управления питаются искробезопасным напряжением 36 В от пускателей *КМ1* *КМ10* или от блока сигнализации *БС-1*.

К каждому блоку управления подключают следующие цепи и датчики: цепь экстренного прекращения пуска и аварийной остановки конвейера с концевым диодом, которая прокладывается неизолированными проводами или телефонным кабелем, соединяющим кабель-тросовые выключатели; датчик скорости (ДКС или ДМ-2М); датчики схода ленты КСЛ-2, присоединяемые к цепям аварийного отключения или параллельно датчику скорости (в первом случае конвейер после срабатывания КСЛ-2 отключается мгновенно, во втором с выдержкой времени); датчики контроля заштыбовки *ДЗ* (в виде электродного датчика, выполненного из шахтного гибкого кабеля); звуковые сигнализаторы *СЗ*; блок концевого реле *БКР*, устанавливаемый на последнем блоке управления.

В зависимости от назначения и конструкции конвейера, вспомогательных (дополнительных) аппаратов и датчиков в блок управления поступают сигналы, которые обеспечивают: контроль наложения тормозов (от конечных выключателей *ВК*); увеличение контролируемого времени срабатывания аварийного реле при пуске (с помощью дополнительного реле времени, например РВИ-300); контроль обрыва цепи двухцепного конвейера (аппарат КДК); контроль и блокирование наличия напряжения в блоках сигнализации *БС-1*; наложение тормозов при скорости ленты ниже 0,5 м/с (аппарат УКПС или РСА); контроль превышения скорости ленты (для бремсберговых конвейеров), осуществляемый аппаратом УКПС и датчиками скорости ленты - *ДС1* и приводного барабана - *ДС2*.

Пульт управления *ПУ* и блоки управления *БУ1* *БУ10* соединяются линией связи из двух проводов *1* и *2*. В качестве третьего провода используется общешахтная сеть заземления - *з*. По проводам *1* и *2* передаются команды управления и аварийной остановки; по линии связи (провод *2,з*) - сигналы предупредительной, кодовой и аварийной звуковой сигнализации и телефонной связи.

В комплексе АУК.1М для автоматизированного управления и контроля пуска и работы конвейеров использовано полярное уплотнение линии связи, при котором команды управления передают двумя отличающимися по полярности сигналами: пусковой полярности, когда провод *1* (рис.39,б) соединяется с зажимом "плюс" выпрямителя *UZ*, а провод *2* с зажимом "минус", и

рабочей полярности - при соединении провода 1 с зажимом "минус", а провода 2 с зажимом "плюс".

При нажатии пусковой кнопки на пульте управления срабатывает реле *K*, которое своими контактами подает в линию управления напряжение пусковой полярности. При этом образуется цепь тока через реле *K1* в блоке управления *БУ1*: "плюс" выпрямителя *UZ* - провод 1 - диод *V1* - катушка реле *K1* - диод *V4* - провод 2 - "минус" *UZ*. Реле *K1* срабатывает и включает пускатель *KM1* (см. рис. 39,а) первого конвейера. Когда рабочий орган (лента) разгонится до номинальной скорости, замкнется контакт *ДС1* (см.рис. 39,б) датчика скорости и напряжение пусковой полярности поступит в блок управления второго конвейера. Пуск его и последующих конвейеров происходит аналогично.

После пуска и разгона последнего конвейера, т.е. после замыкания контакта *ДС10* его датчика скорости, напряжение пусковой полярности поступает в блок концевого реле *БКР*, в котором через провод 1 и заземляющий контур 3 образуется цепь тока реле *K11*, которое срабатывает и своим контактом отключает реле *K* в пульте управления. Контакты реле *K*, переключаясь, подают в линию управления напряжение рабочей полярности: "плюс" *UZ* на провод 2, "минус" - на провод 1. После этого реле *K1* *K10* в блоках управления будут питаться через контакты реле скорости своего конвейера и всех предыдущих конвейеров. Так, реле *K1* питается по цепи: "плюс" *UZ* - провод 2 - диод *V3* - катушка реле *K1* - диод *V2* - контакт *ДС1* - провод 1 - "минус" *UZ*.

В результате помимо необходимой последовательности пуска обеспечивается также контроль состояния механических узлов конвейеров в установленном режиме работы. Так, при обрыве или пробуксовке ленты пятого конвейера разомкнется контакт его реле скорости (или проскальзывания) и конвейер отключится. При этом отключаются также конвейеры с 6-го по 10-й, а конвейеры с 1-го по 4-й будут оставаться в работе.

## 5.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОВОЗНОГО ТРАНСПОРТА

**Общие сведения.** Полезное ископаемое доставляют по капитальным выработкам преимущественно электровозным транспортом, представляющим собой дискретный вид транспорта. Процесс транспортирования полезного ископаемого состоит из отдельных операций: подачи порожнего состава к месту погрузки; маневров электровоза у погрузочного пункта; движения груженого состава к месту разгрузки; маневров в околоствольном дворе; формирования порожнего состава и т.д.

Одна из основных проблем электровозного транспорта обеспечение безопасности движения. Она достигается применением комплекса мероприятий по СЦБ (сигнализации, центра-

лизации и блокировке) в околоствольном дворе и главных откаточных выработках.

В околоствольных дворах принято централизованное управление движением транспорта, осуществляемое диспетчером. На диспетчерском пункте имеется мнемосхема путей околоствольного двора, на которой по загоранию сигнальных ламп видно положение стрелок, местонахождение электровозов (составов) и состояние сигнальных огней светофоров. Въезды в околоствольный двор нормально ограждены красным сигнальным огнем светофора. При подходе состава к околоствольному двору электровоз воздействует на датчик и у диспетчера загорается соответствующая сигнальная лампа. Если путь следования состава свободен, то диспетчер составляет маршрут, т.е. дистанционно переводит стрелки на маршруте в необходимое положение и переключает красный сигнальный огонь на зеленый.

Для организации безопасного движения на перегонах, разминожках и пересечениях путей применяется светофорная сигнализация с нормально горящими красными сигнальными огнями. Рельсовая сеть главных откаточных выработок разбивается на блок-участки, перед каждым из которых устанавливают светофор. При подходе состава к блок-участку электровоз воздействует на датчик, посылая сигнал запроса. Если блок-участок свободен, то красный сигнальный огонь светофора переключается на зеленый. При въезде состава на блок-участок зеленый огонь светофора меняется на красный. После прохождения данного блок-участка электровоз, воздействуя на другой датчик, подает в цепь управления светофором сигнал о том, что блок-участок свободен.

Автоматизация электровозного транспорта имеет целью обеспечить безопасность и безаварийность движения составов и электровозов при маневрах и повысить производительность путем увеличения интенсивности движения и пропускной способности маршрутов. На современном этапе с помощью серийно выпускаемой аппаратуры автоматизируют отделочные процессы: составление маршрутов, управление стрелочными переводами и сигнальными огнями светофоров, переключение стрелочных переводов и открывание вентиляционных дверей по командам из кабин движущегося электровоза.

Аппаратура автоматизации. В настоящее время выпускается следующая аппаратура для автоматизированного управления процессами на электровозном транспорте: передатчик сигналов локомотивный ЛПС-1; приемники сигналов управления НПУ и информации НПИ-1; аппаратура автоматической блокировки стрелок и сигналов АБСС-1М; комплекс НЭРПА-1; аппаратура управления шлюзовыми устройствами АШУ.

Передатчик сигналов ЛПС-1 предназначен для формирования и передачи амплитудно-модулированных сигналов высокой частоты с движущегося электровоза, содержащих код его номера и команды управления в

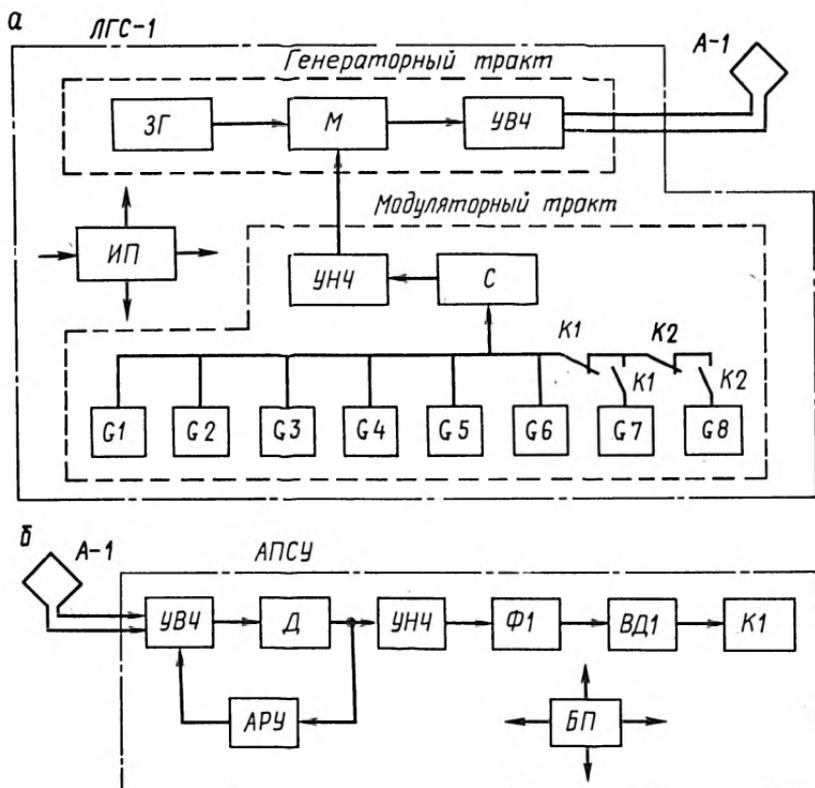


Рис. 40. Структурные схемы передатчика сигналов локомотивного ЛПС-1 (а) и приемника сигналов управления (б)

цепях автоматики шахтного рельсового транспорта. Он состоит из генератора сигналов ЛГС-1 (рис. 40, а) и рамочной антенны А-1. В генератор сигналов входят стабилизированный источник питания ИП и генераторный и модуляторный тракты.

Генераторный тракт содержит задающий генератор ЗГ, генерирующий колебания с частотой 110 кГц, предоконечный усилитель высокой частоты М, являющийся одновременно модулируемым каскадом, и окончательный усилитель высокой частоты УВЧ, работающий в режиме усиления модулированных колебаний.

Модуляторный тракт содержит генераторы фиксированных частот G1—G8, сигналы которых смешиваются на потенциометрическом смесителе С и поступают на усилитель низкой частоты УНЧ, а с него на модулируемый каскад М.

Промодулированный по амплитуде сигнал частоты 110 кГц усиливается окончательным усилителем УВЧ и поступает на антенну А-1.

Подключением на вход смесителя модулирующих генераторов G1—G5 в комбинациях двоичного нормального пятиразрядного

кода электровозу присваивается определенный номер. Для передачи 25 номеров используют различные сочетания включенных генераторов. Высокочастотный сигнал, промодулированный генератором  $G_6$ , предназначается для управления в цепях СЦБ и аппаратуры безопасности, а сигналы генераторов  $G_7$  и  $G_8$  - для управления стрелочными переводами и вентиляционными дверями.

Генератор  $G_6$  постоянно подключен на вход смесителя, а  $G_7$  и  $G_8$  - через двухкнопочный пост управления. При ненажатых кнопках на вход смесителя поступают сигналы генератора  $G_1$   $G_5$  в соответствующих комбинациях. При нажатии одной из кнопок в передатчике срабатывает управляемое этой кнопкой реле ( $K_1$  или  $K_2$ ), которое отключает питание с генераторов  $G_1$   $G_6$ . Замыкающий контакт  $K_1$  ( $K_2$ ) включает генератор  $G_7$  ( $G_8$ ) и на смеситель  $C$  подается сигнал необходимого назначения.

Приемники сигналов управления НПУ (НПУ-1, НПУ-2, НПУ-3) предназначены для использования в качестве приемных устройств в системах СЦБ, цепях управления стрелочными переводами и вентиляционными дверями из кабины движущегося электровоза. Они состоят из аппарата приема сигналов управления АПСУ-1, АПСУ-2 или АПСУ-3 (в зависимости от типа приемника: НПУ-1, НПУ-2 или НПУ-3) и антенны А-1 (рис.40, б).

Модулированные по амплитуде колебания высокой частоты принимаются антенной А-1 и усиливаются усилителем высокой частоты УВЧ. Усиленный сигнал поступает на амплитудный детектор  $D$ , на котором выделяется сигнал модулирующей частоты. Он усиливается усилителем низкой частоты УНЧ. В аппарате установлен блок АРУ для автоматической регулировки усиления по высокой частоте.

Сигнал с УНЧ поступает на фильтр  $\Phi 1$ , который срабатывает при наличии в спектре частот одного из сигналов управления. Сигнал с выхода фильтра поступает на выходной детектор ВД1, а с него - на реле  $K_1$ .

Приемник сигналов информации Н П И - 1 предназначен для использования в качестве приемного устройства в системах считывания информации о номере и направлении движения электровозов в шахте. Он состоит из антенны А-1 и аппарата приема сигналов информации АПСИ-1, в котором амплитудно-модулированные сигналы высокой частоты обрабатываются и выдаются информационные кодовые сигналы о номере и направлении движения электровоза в систему автоматики шахтного рельсового транспорта.

Аппаратура А Б С С - 1 М предназначена для автоматизированного управления сигнальными огнями и приводами стрелочных переводов на блок-участках подземного рельсового транспорта шахт. Открытие сигналов, обеспечение блокировочных зависимостей и все переключения по переводу стрелок выполняются аппаратурой автоматически или по команде машиниста электровоза. В комплект аппаратуры входят: два

блока автоматического управления маршрутами БАУМ-1 для приема и обработки информации, поступающей от датчиков связи с составами или кнопочных постов, и выдачи команд управления сигнальными огнями; блок автоматического управления стрелками БАУС-1 для приема и обработки информации от блоков БАУМ-1 и выдачи команд управления стрелочными приводами; преобразователь напряжения ПНБ-1 - для питания блоков БАУМ 1 и БАУС-1, а также светофоров и указателей; агрегат пусковой шахтный АПШ-1 [3]; приводы моторные стрелочные ПМС-4 (см. 2.4.); рудничные пускатели автоматики ПРА (см. 2.12); световые сигнальные устройства ССУ-2 - для световой сигнализации в устройствах управления движением на рельсовом транспорте шахт; передатчики сигналов ЛПС-1; приемники сигналов НПУ-1, НПУ-2, НПУ-3; антенны А-1.

Аппаратура АБСС-1М обеспечивает возможность одновременного составления нескольких невраждебных маршрутов с автоматическим переводом стрелок в маршруте; невозможность одновременного задания враждебных маршрутов; автоматическую подачу следующих четырех разновидностей сигнальных огней:

красный огонь - маршрут занят или свободен, но запроса на него нет;

красный мигающий огонь - запрос принят, но маршрут занят;

зеленый огонь маршрут свободен, приводные стрелки находятся в необходимом положении, выезд составу на маршрут разрешен;

зеленый мигающий огонь - маршрут свободен, но приводные стрелки не установлены в необходимое положение.

Комплекс НЭРПА-1 предназначен для управления стрелочным переводом из кабины машиниста движущегося электровоза. В него входят передатчик сигналов ЛПС-1, приемник сигналов НПУ-1, сигнальный указатель ССУ-2, привод моторный стрелочный ПМС-4 и пускатель автоматики ПРА. Комплекс НЭРПА-1 обеспечивает:

перевод стрелки с движущегося электровоза (при его движении против направления пера стрелки - с помощью бесконтактного датчика; при давлении по направлению пера "взрезом" стрелочного перевода скатами электровоза);

перевод стрелки кнопкой местного управления;

перевод стрелки с помощью рукоятки вручную;

контроль положения и прижатия острия стрелки с помощью сигнального указателя ССУ-2.

При следовании состава против направления пера стрелки она переводится с движущегося электровоза следующим образом. Машинист электровоза, установив по показанию сигнального огня указателя ССУ-2, что для езды по требуемому маршруту необходимо перевести стрелку, при въезде в зону размещения приемной антенны А-1 передатчика ЛПС-1 должен включить кнопку поста управления генератором ЛГС-1 что обеспечивает выдачу высокочастотного сигнала, модулирован-

ного частотой 705 Гц, и удерживать кнопку в таком положении до выхода передающей антенны из зоны связи с приемной антенной. При этом срабатывает реле аппарата АПСУ-1 в приемнике НПУ-1 и замыкает контакт в цепи промежуточных реле пускателя ПРА. Однако в пускателе срабатывает только один из реверсирующих пускателей (тот, в цепи катушки которого замкнут контакт выключателя управления приводом ПМС-4), включая привод ПМС-4. Положение и прижатие переместившихся острияков стелочного перевода контролируются по указателю ССУ-2, на котором загорается сигнал желтого или синего цвета в зависимости от положения острияка стрелки по отношению к рамному рельсу.

**А п п а р а т у р а А Ш У** предназначена для автоматического управления сигнальными огнями и дверями шлюзовых устройств при проезде состава и выдачи через систему телемеханики (например УТШ) информации о положении дверей и занятости шлюза, а также для приема сигналов управления дверями от диспетчера. В ее комплект входят: аппарат управления шлюзами АУШ - для выдачи команд управления сигнальными огнями светофоров и дверями шлюзовых устройств; пост аварийного местного управления ПАМ для управления приводами дверей шлюза в аварийной ситуации и выбора режима управления; датчики ДКП-М - для контроля положения электровозов и вагонеток состава; преобразователь напряжения ПНБ-1; звуковые сигнализаторы СВ-1; световые сигнальные указатели ССУ-2.

### 5.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОГРУЗОЧНЫХ И РАЗГРУЗОЧНЫХ ПУНКТОВ

**Автоматизация подземных погрузочных пунктов.** Подземные погрузочные пункты шахт предназначены для перегрузки угля с конвейеров в вагонетки электровозного транспорта. Уголь может перегружаться непосредственно в вагонетки или через промежуточный бункер-накопитель, что позволяет избежать остановок конвейерной линии и, следовательно, всей технологической цепи, включая очистные работы, при задержках подачи порожнего состава.

При непосредственной погрузке угля в вагонетки погрузочный пункт оборудуется: толкателями для перемещения состава; поворотным желобом для перекрытия межвагонеточного пространства; устройством пылеподавления (орошения зоны перегрузки). Процесс погрузки в данном случае состоит из следующих операций: непрерывного протягивания порожнего состава и циклического перебрасывания поворотного желоба. Такая технологическая схема позволяет полностью автоматизировать погрузочный пункт. Для этого устанавливают датчики, контролирующие положение вагонетки, и датчик заполнения вагонетки углем.

После загрузки очередной вагонетки, например 1 (рис. 41,а), датчик 1 освобождается от воздействия ее кузова и выдает команду на переброску желоба 5 в положение, при котором поток угля с конвейера 4 направляется в вагонетку 2 против хода  $v$  состава. Когда кузов вагонетки 2 перестанет воздействовать на датчик 11 (рис. 41,б), последний даст команду на обратную переброску желоба и поток угля будет поступать по ходу состава. При этом положении желоба продолжается загрузка вагонетки 2 (рис. 41,в). После того, как вагонетка 2 загрузится и кузов ее отойдет от датчика 1 (рис. 41,г), произойдет переборка желоба для загрузки вагонетки 3 и все операции цикла будут повторяться.

Толкатели, перемещающие состав, управляются по сигналам датчиков, которые контролируют заполнение вагонетки углем.

В устройствах пылеподавления на погрузочных пунктах применяется аппаратура АО-3, которая автоматически включает и выключает систему орошения в зависимости от наличия угля на ленте конвейера 4. В комплект этой аппаратуры входят: релейный блок БР; управляемый клапан ВУ; датчик наличия материала (угля) на ленте конвейера - ДНМ; фильтр и форсунки для распыления воды.

При погрузке угля в вагонетки из бункера-накопителя автоматизация погрузочного пункта заключается в управлении секторными затворами выпускных течек бункера в зависимости от положения вагонетки. Состав перемещается, как и в предыдущем варианте, по сигналам датчиков заполнения вагонетки.

Автоматизация разгрузочных пунктов в околоствольном дворе. Вагонетки с глухим кузовом разгружаются в околоствольном дворе с помощью круговых опрокидывателей. Использование вагонеток с автосцепкой позволяет разгружать состав, не расцепляя его, и сравнительно просто автоматизировать этот процесс. Для этого разгрузочный пункт оборудуют: обычно двумя толкателями, один из которых (1 на рис. 42) устанавливают до опрокидывателя 7; а другой 10 - после него; стопорами 4, 5 и 9; датчиками 2, 6, 7 и 11, контролирующими положение вагонетки соответственно перед стопорами 4 и 5, в опрокидывателе 7 и на толкателе 10.

Если опрокидыватель свободен и перед ним нет груженого состава, то на светофоре 3 около толкателя 1 горит зеленый сигнальный огонь. Он разрешает машинисту электровоза, находящегося в хвосте подаваемого груженого состава, поставить первую вагонетку на толкатель 1. При воздействии ее на датчик 2 зеленый огонь светофора 3 переключается на красный.

Оператор разгрузочного пункта нажимает пусковую кнопку, подавая начальный импульс на убирание стопора 4, после этого состав разгружается автоматически следующим образом.

Включается толкатель 1 и перемещает груженный состав, пока первая вагонетка не подойдет к стопору 5. Это положение контролируется датчиком 6, по сигналу которого толкатель 1

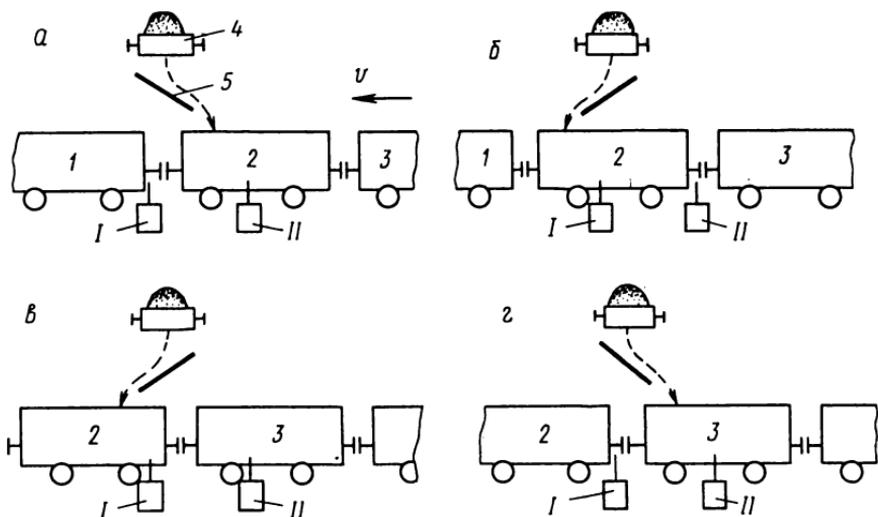


Рис. 41. Схема управления поворотным желобом погрузочного пункта

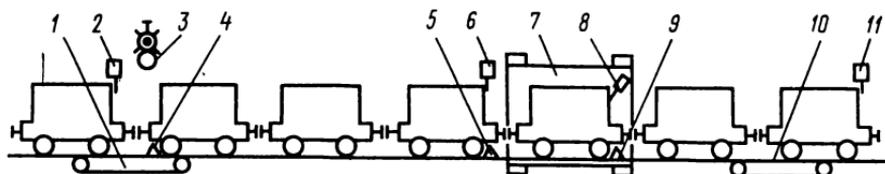


Рис. 42. Схема размещения оборудования и аппаратуры автоматизации разгрузочного пункта вагонеток в околостольном дворе

отключается и включается привод опрокидывателя 7. Он поворачивается вхолостую (без вагонетки) и возвращается в исходное положение, что контролируется соответствующим датчиком. По сигналу этого датчика стопор 5 убирается, толкатель 1 включается и первая вагонетка заталкивается в опрокидыватель. Ее нормальное положение там контролируется щеточным датчиком 8, который отключает толкатель 1 и выдвигает стопор 5 перед следующей вагонеткой и стопор 9, фиксирующий вагонетку в опрокидывателе. После этого автоматически включается привод опрокидывателя и первая вагонетка разгружается. Опрокидыватель возвращается в исходное положение. Датчик этого положения отключает привод опрокидывателя и подает команды, по которым убираются стопоры 5 и 9 и включается толкатель 1. Далее рассмотренный цикл повторяется.

Когда первая вагонетка воздействует на датчик 11, толкатель 1 отключается и все команды управления поступают

теперь на толкатель 10, который протягивает весь состав по мере разгрузки вагонеток на порожняковую ветвь. После разгрузки последней вагонетки состава в светофоре 3 гаснет красный и загорается зеленый огонь. Разгрузочный пункт подготовлен к приему очередного груженого состава.

В систему автоматизации разгрузочного пункта введены блокировки, делающие невозможным одновременную работу опрокидывателя и толкателя, а также различные защиты от ненормальных режимов электрооборудования и электрической сети.

#### Контрольные вопросы

1. Как классифицируют конвейерные линии?
2. Назовите основные технические требования к автоматизации конвейерных линий.
3. Какие устройства контроля и защиты применяются при автоматизации конвейерных линий?
4. Опишите работу аппаратуры АУК.1М.
5. Как осуществляется централизованное управление движением транспорта в околоствольном дворе?
6. Как достигается безопасность движения на перегонах, разминках и пересечениях путей?
7. Назовите виды аппаратуры для автоматизации электровозного транспорта и выполняемые ею функции.
8. Как осуществляется управление стрелочным переводом из кабины машиниста движущегося электровоза с помощью комплекса НЭРПА-1?
9. Опишите порядок работы автоматизированного погрузочного пункта при загрузке вагонеток непосредственно с конвейера.
10. Опишите порядок работы автоматизированного разгрузочного пункта в околоствольном дворе.

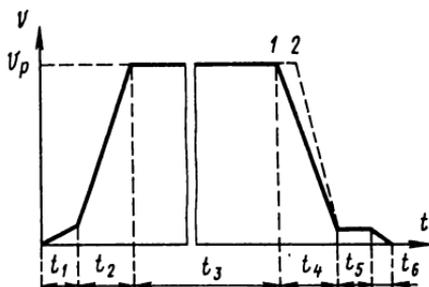
## 6. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПОДЪЕМА ПО СТВОЛАМ ШАХТ

### 6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Подъемные установки как объект автоматизации. Подъемные установки шахт делятся по назначению на *грузовые, грузо-людские и людские*; по виду подъемного сосуда - на *скиповые и клетевые*. Подъемные сосуды подразделяют по способу разгрузки: *скипы - опрокидные и с донной разгрузкой; клетки - опрокидные и неопрокидные*.

Спуск и подъем смены, обслуживающего персонала между сменами и оборудования, доставка материалов в шахту и выдача породы производятся грузо-людскими подъемными установками, оборудованными неопрокидными клетями. Необходимые для этих перевозок режимы работы подъемной установки весьма разнообразны и сложны. Поэтому для грузо-людского подъема при-

Рис. 43. Шестипериодная тахограмма автоматизированной скиповой подъемной установки



меняют обычно ручное управление из помещения подъемной машины, автоматизируя в некоторых случаях лишь разгон подъемного сосуда.

Грузовые подъемные установки со скипами и опрокидными клетями характеризуются цикличностью работы и сравнительно небольшими разбросом концевой нагрузки и числом операций в цикле. Такие установки целесообразно автоматизировать, поскольку при этом повышается производительность подъема на 10-15% за счет сокращения пауз между подъемами и четкого выполнения принятой рациональной диаграммы скорости (тахограммы) в процессе перемещения сосудов, а также увеличиваются межремонтные интервалы благодаря повышению плавности пуска и торможения. Обычно различают:

*автоматическое управление*, при котором машинист только контролирует работу подъемной установки, а пусковые импульсы поступают от устройств, контролирующих разгрузку скипов на поверхности (на копре) и загрузку их в околоствольном дворе;

*автоматизированное управление*, когда машинист сам подает команды на пуск и останов подъемной машины.

Для большинства скиповых двухконцевых автоматизированных подъемных установок принимается шестипериодная тахограмма (рис. 43):  $t_1$  - движение опускающего скипа;  $t_2$  - разгон скипов до установившейся скорости;  $t_3$  - равномерное движение со скоростью  $v_p$ ;  $t_4$  - замедление;  $t_5$  - дотягивание поднимающегося скипа при движении его в разгрузочных кривых;  $t_6$  - стопорение.

**Требования к системам автоматизации подъемных установок.** Аппаратура автоматизации при любом виде управления должна обеспечивать:

движение подъемного сосуда в соответствии с заданной тахограммой, при котором скорость перемещения грузенного скипа в разгрузочных кривых не должна превышать 0,6 м/с;

автоматические защиты с наложением предохранительного тормоза - максимальной и нулевой; от переподъема скипа более чем на 0,5 м от нормального положения при разгрузке; в случае превышения скорости равномерного движения более чем на 15% и скорости подхода скипа к верхней и нижней приемным площадкам свыше 1,5 м/с; при напуске каната в ствол и чрез-

мерном провисании струны каната между барабаном подъемной машины и шкивом на копре [7];

блокирование от чрезмерного износа тормозных колодок, от включения двигателя после переподъема скипа (или клетки) в сторону дальнейшего увеличения переподъема и др.

Для защиты от переподъема скипа (клетки) шахтная подъемная установка согласно требованию ПБ [7] должна быть снабжена конечным выключателем, устанавливаемым на копре, и дублирующим выключателем на указателе глубины (аппарате задания и контроля хода), которым оборудуются все подъемные машины. Защита от превышения скорости осуществляется с помощью ограничителя скорости.

## 6.2. АППАРАТУРА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ

Для автоматизации любых подъемных установок необходима информация о местонахождении подъемных сосудов (скипов, клеток, бадей) в каждый момент времени. Она предоставляется аппаратом задания и контроля хода АЗК-1 - одним из основных средств автоматизации подъемных установок. Нахождение сосуда в определенной точке пути контролируется также различными путевыми датчиками (индукционными, механическими), устанавливаемыми в данной точке. При этом сосуд непосредственно, т.е. своим корпусом воздействует на датчик.

Чтобы автоматизировать отдельные процессы, применяют: аппаратуру для автоматической дозировки (по объему или по массе) при загрузке скипа; комплекс управления пневмоприводом тормоза КУПТ; аппаратуру управления гидроприводом тормоза АУГТ; комплекс аппаратуры автоматически регулируемого предохранительного торможения АРПТ.

Выпускается также аппаратура для подъемных установок и подъемных машин, устанавливаемых в подземных выработках: ограничитель скорости ОСП; аппаратура дистанционного управления подъемными установками с приводом в исполнении РВ.

Для автоматизации контроля состояния подъемных канатов используется измеритель износа стальных канатов ИИСК-5.

Аппарат АЗК-1 выполняет следующие операции: выдает импульсы в отдельных точках движения подъемного сосуда для необходимых переключений в системе автоматического управления; преобразовывает угловое перемещение подъемной машины для измерения электрическими указателями пути, пройденного подъемным сосудом; задает программу изменения скорости хода подъемной машины на максимальной и пониженной скоростях; осуществляет контроль фактической скорости (по сравнению с заданной) в периоды разгона, равномерного хода и замедления.

Конструкция аппарата позволяет корректировать его элементы, когда вследствие изменения длины каната возникает

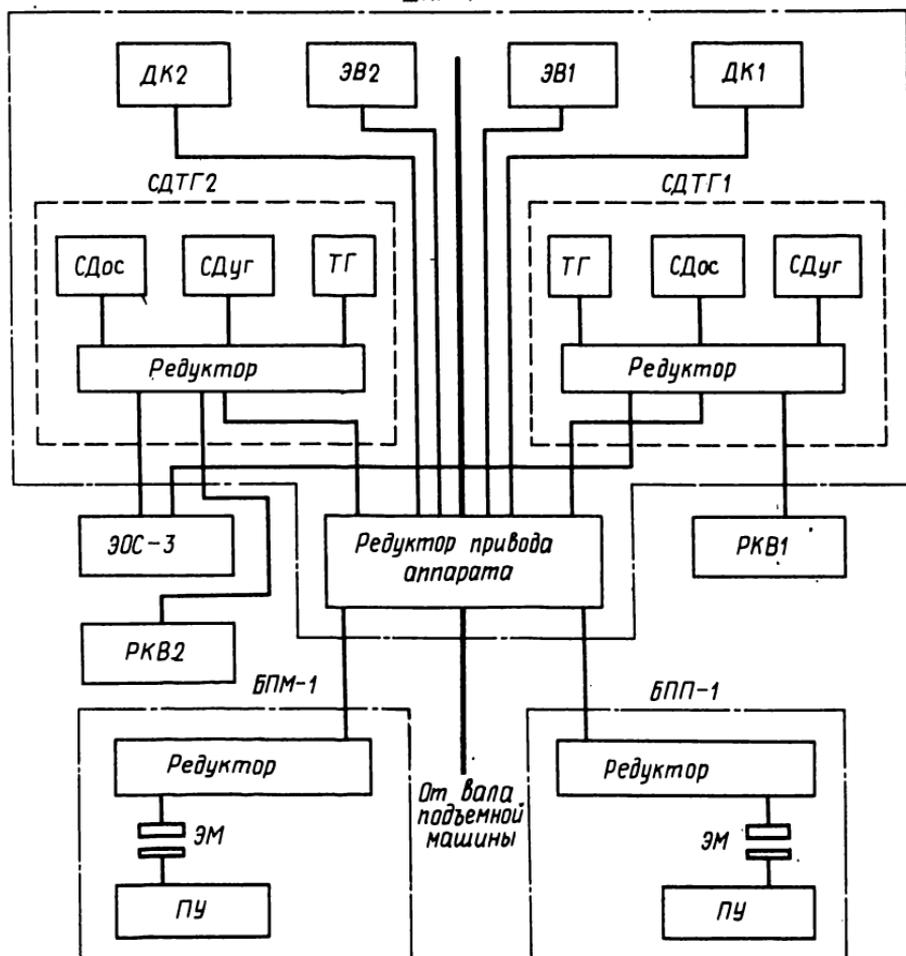


Рис. 44. Структурная схема аппарата АЗК-1 задания и контроля хода подъемной машины

рассогласование между положениями барабана подъемной машины и сосуда.

В комплект аппарата АЗК-1 входят шкаф с приводом ШПА-1, блоки программирования при разъездах БПМ-1 и БПП-1 соответственно на максимальной и пониженной скоростях, реле контроля вращения РКВ-1 и электрический ограничитель скорости ЭОС-3.

Шкаф ШПА-1 содержит: редуктор привода аппарата РПА (рис. 44); блоки этажных выключателей ЭВ1 и ЭВ2 соответственно для правого и левого подъемных сосудов; блоки сельсин-датчиков и тахогенератора СДТГ1 и СДТГ2; двигатели

корректора с тормозом ДК1 и ДК2; реле контроля вращения РКВ1 и РКВ2; электрический ограничитель скорости ЭОС-3.

Редуктор привода аппарата связан входным валом с барабаном подъемной машины. Он передает вращение ходовому винту блоков ЭВ1 и ЭВ2, блокам СДТГ1, СДТГ2 и блокам программирования БПМ-1, БПМ-2.

Этажные выключатели выдают импульсы о положении подъемных сосудов в определенных точках пути их движения. В каждом блоке (ЭВ1 и ЭВ2) имеются 20 этажных выключателей, из которых 10 срабатывают при правом вращении входного вала и 10 - при левом. Чтобы получить импульс в заданной точке пути, подъемный сосуд останавливают в этом месте и воздействующие на выключатель рычаги устанавливают на одной линии с ними.

Блоки СДТГ1, СДТГ2 содержат тахогенераторы ТГ реле контроля вращения и сельсины-датчики СДос и СДуг соответственно ограничителя скорости и указателя глубины.

*Сельсины* это индукционные электрические машины малой мощности, предназначенные для синхронного поворота двух механически не связанных осей. Сельсины, соединенные с ведущей и ведомой осями, называют соответственно *сельсином-датчиком* и *сельсином-приемником*. В аппарате АЗК-1 применяют однофазные бесконтактные сельсины, имеющие обмотку возбуждения, на которую подают переменное напряжение 110 В, и обмотку синхронизации в виде трех сдвинутых на угол 120° катушек, соединенных в звезду. Обмотки синхронизации обоих сельсинов соединены между собой. При повороте сельсина-датчика на некоторый угол возникает вращающий момент, под действием которого ротор сельсина-приемника поворачивается, если к нему не приложен большой противодействующий момент (например, на валу его может быть закреплена легкая стрелка). Когда ротор сельсина-приемника повернется на тот же угол, вращающий момент станет равным нулю и дальнейший поворот прекратится. Такой режим называется *индикаторным*. В этом режиме работает сельсин-датчик СДуг в паре с сельсином-приемником указателя глубины, установленного на пульте шахтного подъема ПШП.

Сельсины могут работать также в *трансформаторном режиме*, при котором ротор сельсина-приемника заторможен и с его обмотки возбуждения снимают напряжение, пропорциональное синусу угла поворота сельсина-датчика.

Аппарат АКЗ-1 непосредственно контролирует, по существу, путь, пройденный барабаном подъемной машины, а через канат - также и положение сосуда. Однако в процессе эксплуатации подъемный канат несколько вытягивается. Кроме того, для плановых испытаний от каната периодически отрезают небольшие куски. В результате возникает несоответствие между положением сосуда в стволе (на копре) и сигналом о его положении от этажных выключателей. Оно ликвидируется с помощью корректора, состоящего из двигателя с тормозом, червячной пары

и дифференциала. Подъемный сосуд устанавливают в одну из контролируемых точек и включают двигатель корректора в необходимом направлении, чтобы воздействующий рычаг перемещался в сторону этажного выключателя, который выдавал бы сигнал в данном положении подъемного сосуда до появления рассогласования. Когда этажный выключатель сработает, двигатель корректора отключают. Эту операцию можно автоматизировать, включив катушку пускателя двигателя через соответствующей контакт этажного выключателя.

Реле контроля вращения РКВ-1 предназначено для контроля целостности кинематической цепи от вала подъемной машины до блока СДТГ. Работа реле основана на сравнении напряжений тахогенераторов в аппарате АЗК-1 и тахогенератора, установленного непосредственно на валу подъемной машины.

Блок БПМ-1 выдает программу, по которой в периоды разгона и замедления скорость хода подъемной машины изменяется в функции пути при работе машины на максимальной скорости. В блок входят: редуктор и программное устройство, состоящее из двух программных дисков, закрепленных на общем валу, двух сельсинных командоаппаратов СКАА, четырех конечных выключателей и зубчатой электромагнитной муфты.

Каждый программный диск имеет на своей образующей поверхности два профилированных участка (в пределах угла 160° каждый), по которым скользит (при повороте диска) конец рычага, закрепленного на валу СКАА. Форма профилей соответствует заданным законам изменения скорости в периоды разгона и замедления. Таким образом, программа разгона подъемной машины задается одной частью оборота диска, программа замедления - другой частью. В зависимости от направления вращения барабана подъемной машины включается тот или другой командоаппарат соответствующего программного диска.

Программные диски начинают вращаться одновременно с включением подъемной машины. Профилированный участок диска, задающий программу разгона, через рычаг поворачивает ротор сельсинного командоаппарата, который управляет процессом разгона. Когда рычаг диска сойдет с профиля на цилиндрический участок (после поворота диска на 160°), конечный выключатель программного устройства отключит электромагнитную муфту и диски остановятся. Они неподвижны в течение всего периода равномерного хода. В точке пути сосуда, где должно начаться его замедление, соответствующий этажный выключатель подает сигнал на включение электромагнитной муфты. Диски начинают вращаться. Профиль диска воздействует на командоаппарат и он задает программу замедления.

Б л о к Б П П - 1 имеет конструкцию, аналогичную блоку БПМ-1, и выполняет те же функции, но при работе с пониженной скоростью.

Э л е к т р и ч е с к и й о г р а н и ч и т е л ь с к о р о с т и Э О С - 3 защищает шахтные подъемные установки от

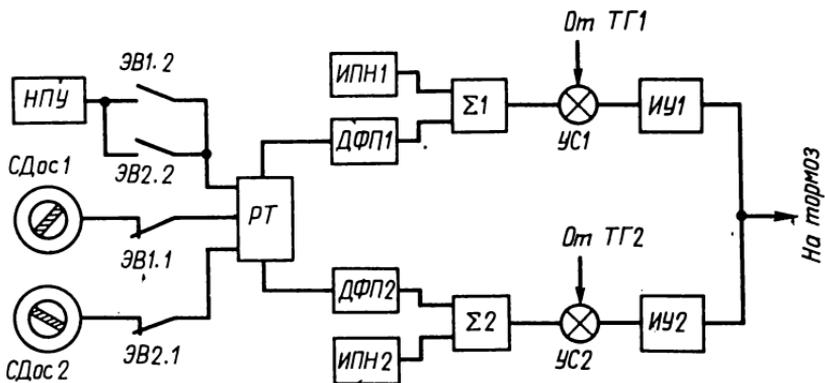


Рис. 45. Функциональная схема электрического ограничителя скорости ЭОС-3

превышения допустимых значений скорости. Работа его основана на сравнении фактической и заданной скоростей в каждой точке пути. В периоды разгона и замедления в формировании уставки заданной скорости участвуют, расположенные в шкафу ШПА-1 сельсины-датчики СДос (см. рис. 44), роторы которых поворачиваются за это время на 60-70°. Они поочередно подключаются этажными выключателями на вход ограничителя скорости в зависимости от направления движения данного подъемного сосуда и от того, разгоняется он или замедляется.

Пусть, например, при разгоне поднимающегося правого скипа замкнут контакт этажного выключателя ЭВ1.1 (рис. 45). Тогда в работе участвует сельсин-датчик СДос1, напряжение с которого через разделительный трансформатор РТ поступает на два идентичных независимых канала. Каждый канал включает в себя диодный функциональный преобразователь ДФП1 (ДФП2), позволяющий осуществить задание контролируемой скорости в функции пути по требуемому закону, узел сравнения УС1 (УС2) действительной и заданной скоростей (нуль-орган) и исполнительное устройство ИУ1 (ИУ2).

Функциональные преобразователи включаются последовательно с источниками постоянного напряжения ИПН1 (ИПН2), пропорциональными минимальной контролируемой скорости. При этом напряжения с ДФП1 (ДФП2) суммируются с напряжениями источников ИПН1 (ИПН2), что условно показано в виде сумматоров  $\Sigma 1$  ( $\Sigma 2$ ). Выход сумматоров соединяется с одним из входов нуль-органов УС1 (УС2).

Таким образом, заданная скорость каждого канала пропорциональна сумме напряжений от функционального преобразователя и источника постоянного тока. На вторые входы нуль-органов через делители подается от тахогенераторов ТГ1 (ТГ2) напряжение, пропорциональное действительной скорости. В

случае ее превышения над заданной в нуль-органах происходит срыв колебаний, вследствие чего исчезает сигнал на входе исполнительных устройств и отключаются их выходные реле.

После окончания разгона контакт ЭВ1.1 размыкает цепь выходной обмотки сельсина СДос1, а контакт ЭВ1.2 подключает на выход разделительного трансформатора напряжение постоянной уставки от блока ИПУ1.

При подходе сосуда к точке начала замедления этажный выключатель ЭВ2 своим контактом ЭВ2.2 разрывает цепь постоянной уставки, а контактом ЭВ2.1 подключает сельсин СДос2.

Когда подъемный сосуд движется в противоположном направлении, задание контролируемой скорости происходит в обратной последовательности.

Комплекс КУПТ предназначен для дистанционного и автоматического управления пневмоприводом тормоза шахтных подъемных установок. Он выпускается в трех модификациях.

В модификацию КУПТ-1 входят: унифицированный регулятор давления РДУ-1, осуществляющий регулирование давления в цилиндре тормозного привода; блок управления тормозом БУТ для питания и контроля цепей управления регулятора давления; сельсинный командоаппарат для изменения тока в обмотке регулятора при ручном дистанционном управлении приводом тормоза шахтной подъемной машины.

Комплекс КУПТ-4 состоит только из регулятора РДУ-1.

В комплекс КУПТ-5 входит взрывобезопасный регулятор давления РДВП, предназначенный для работы в подземных выработках шахт, опасных по газу или пыли.

Аппаратура АУГТ предназначена для дистанционного и автоматического управления гидроприводом тормоза. Она может использоваться в подъемных установках, эксплуатируемых как на поверхности, так и в подземных условиях. Аппаратура АУГТ состоит из взрывобезопасных унифицированного гидравлического регулятора давления РДУГ<sup>а</sup> и устройства предохранительного торможения УПТВ - для сброса давления из рабочих цилиндров гидравлических тормозных приводов независимо от положения рукоятки управления рабочим тормозом.

Аппаратура АРПТ предназначена для управления приводом тормоза шахтных подъемных машин в режиме предохранительного торможения с поддержанием заданного замедления независимо от статической нагрузки и направления движения подъемного сосуда. В комплект аппаратуры АРПТ входят:

аппарат управления АУ, обеспечивающий задание уставок замедления, формирование сигналов управления исполнительными механизмами тормозного устройства, задание уставок минимальной скорости стопорения, формирование сигналов на включение всех исполнительных механизмов при достижении заданного значения минимальной скорости, световую сигнализацию о неисправности комплекса и состоянии различных исполнительных механизмов;

импульсный путевой датчик ДПИ-1 - для измерения скорости движения подъемной машины с помощью формирования путевых импульсов и последующего подсчета их числа в единицу времени.

### 6.3. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

Системы автоматизации шахтных подъемных установок представляют собой комплекс подсистем автоматического управления отдельными процессами: дозированной загрузки скипа; разгоном подъемной машины по заданному закону, ее замедлением в конце хода с точной остановкой сосудов в заданной точке пути. В период равномерного хода необходим только контроль за скоростью подъемной машины и автоматической защиты в случае превышения скорости ее заданного значения на 15%.

Структура систем автоматизации зависит от многих факторов: типа подъемной установки - одно- или двухконцевая; типа подъемного сосуда - скип или клеть (опрокидная или неопрокидная); типа подъемной машины - барабанная или со шкивами трения; типа привода - с двигателями постоянного тока или с асинхронными с фазным ротором; числа приводных двигателей - одно- или двухдвигательный привод; глубины подъема, влияющей на скорость движения сосудов, и др.

Число вводимых в эксплуатацию новых, а также реконструируемых шахт и, следовательно, число соответствующих подъемных установок очень невелико, поэтому системы их автоматизации выполняют по индивидуальным проектам, используя типовую аппаратуру.

Автоматизация процесса разгона. Основная цель автоматизации этого процесса - выполнение заданной тахограммы, чтобы не допустить чрезмерно больших ускорений и, следовательно, перегрузок подъемного двигателя. При наиболее распространенном типе привода асинхронном разгон осуществляется поочередным выведением ступеней реостата в цепи фазного ротора [3], [10], что выполняется с помощью релейно-контакторной аппаратуры. Система автоматизации должна обеспечить включение контакторов ускорения в необходимые моменты времени. Обычно эта операция осуществляется в функции тока статора или ротора подъемного двигателя с корректировкой по времени. Точность выполнения процесса разгона при этом зависит также от конечной нагрузки. Поэтому желательно, чтобы скип загружался с дозированной по массе.

При использовании приводных двигателей постоянного тока управление ими производится по системе Г - Д (генератор - двигатель) или УВ - Д (управляемый выпрямитель - двигатель). Последняя система более экономична, особенно в отношении капитальных затрат. Обе системы позволяют плавно менять частоту вращения при сохранении жесткости механических характеристик путем изменения напряжения на якоре двигателя [3].

[10]. В системе УВ - Д для этого регулируют сравнительно небольшой ток управления тиристоров, что при автоматизации процесса разгона выполняется по заданному закону с помощью программного устройства в блоке БПМ-1 аппарата АЗК-1.

Автоматизация процесса замедления. Замедление подъемной машины может осуществляться в различных режимах.

Режим свободного выбега наиболее экономичен. Чтобы создать его, двигатель отключают от сети и подъемная машина замедляется под действием концевой нагрузки. Для соблюдения заданной тахограммы подъемный сосуд должен подойти к точке пути, где начинается подтягивание (к месту входа в разгрузочные кривые), с определенной скоростью, ограниченной требованиями эксплуатации. Это условие может быть выполнено только при строго постоянной концевой нагрузке, т.е. при дозированной по массе загрузке скипа. В противном случае необходимо корректировать точку начала замедления в функции концевой нагрузки. Если, например, скип загружен больше расчетного значения, то отключить двигатель следует несколько позже: в точке 2 (см. рис. 43) вместо точки 1. Корректируют начало замедления автоматически с помощью датчика начала замедления ДНЗ-2, в котором концевая нагрузка определяется косвенно по току двигателя в период равномерного хода.

При использовании режима свободного выбега интенсивность торможения невысока, т.е. время торможения относительно большое, поэтому его целесообразно применять лишь при большой высоте подъема, когда период замедления мал по сравнению с длительностью цикла.

Режим динамического торможения применяется наиболее широко. Чтобы создать его, в цепь ротора асинхронного двигателя подъема вводят реостат, а обмотку статора отключают от сети переменного тока и пропускают по ней постоянный ток. В качестве источника постоянного тока применяют обычно специально установленный генератор динамического торможения (ГДТ). В двигателях постоянного тока якорь отключают от источника питания и вводят в его цепь реостат. Этот режим обязателен [7] для любых людских и грузо-людских подъемных установок.

Процесс замедления при этом режиме автоматизируется достаточно просто. Тормозной момент плавно регулируют изменением напряжения ГДТ, т.е. изменением постоянного тока. Программа изменения тока в функции пути формируется профилем программного устройства (блок БПМ-1), соответствующее напряжение с которого подается на один из входов элемента сравнения заданной и действительной скоростей в данной точке пути. Последняя измеряется тахогенератором, напряжение которого подается на второй вход элемента сравнения, в качестве которого может быть использован магнитный усилитель (см. 2.2), имеющий несколько обмоток управления. Обмотка

переменного тока усилителя подключается к выпрямителю, от которого питается обмотка возбуждения ГДТ.

Режим регулируемого механического торможения применяют на скиповых подъемных установках с асинхронным приводом подъемных машин. При пневматических тормозных приводах используют (см. 6.2) регуляторы давления РДУ-1 и РДВП. Рассмотрим работу регулятора РДВП в системе автоматизации процесса замедления.

Регулятор РДВП (рис. 46,а) имеет золотниковый распределитель, управляющий впуском сжатого воздуха в цилиндр рабочего тормоза (ЦРТ) и выпуском из него воздуха в атмосферу. Он состоит из корпуса 11, внутри которого перемещается золотник 10 во втулке 13. С помощью трубопроводов распределитель соединен с ЦРТ, атмосферой и источником сжатого воздуха — воздухохранилищем. В верхней части распределителя расположена камера управления, в которую поступает воздух из воздухохранилища через фильтр 1 и калиброванное отверстие (дрессель) 2. Выходит воздух из камеры управления через

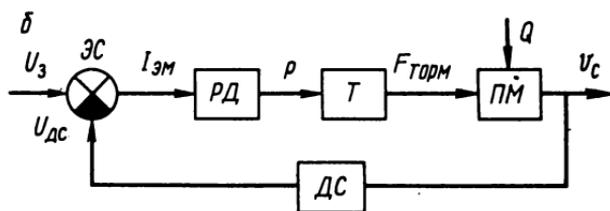
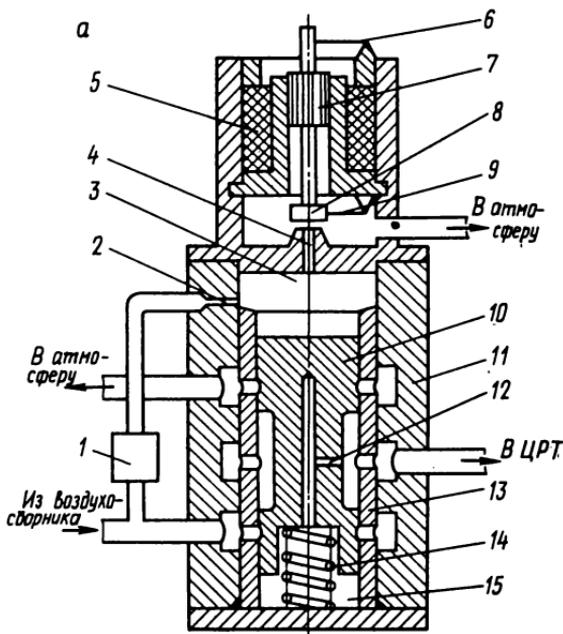


Рис. 46. Устройство регулятора РДВП (а) и функциональная схема (б) системы автоматического регулирования механическим торможением подъемной машины

сопло 4, регулируемое заслонкой 8, которая жестко соединена с якорем 7 электромагнита управления 5. Якорь подвешен на пружинах 6 и 9.

В нижней части распределителя имеется камера обратной связи по давлению 15. При равенстве давлений воздуха в камерах 3 и 15 золотник занимает под действием пружины 14 (она уравнивает только собственный вес золотника) нейтральное положение, при котором ЦРТ, воздухооборник и выход в атмосферу разобщены. Воздух в камеру 15 попадает из ЦРТ через тонкий канал обратной связи 12.

Когда ток в электромагните 5 возрастает, якорь его опускается и расстояние между отверстием сопла 4 и заслонкой 8 уменьшается. В результате давление в камере 3 повышается, золотник 10 перемещается вниз и воздух из воздухооборника поступает в ЦРТ, поршень которого через систему рычагов и тяг воздействует на тормозные колодки подъемной машины. Одновременно воздух через канал 12 проходит в камеру 15. Когда давления в камерах 15 и 3 сравняются, золотник займет нейтральное положение и подача воздуха в ЦРТ прекратится.

Если уменьшить ток электромагнита, то якорь его поднимется (под действием пружин 6 и 9), расстояние между соплом и заслонкой увеличится и давление в камере 3 уменьшится. Под действием разности давлений в камерах 15 и 3 золотник переместится вверх и соединит ЦРТ с атмосферой. При этом поршень ЦРТ опустится и тормозное усилие снизится. Одновременно упадет давление в камере 15 и золотник возвратится в нормальное положение. В результате поршень ЦРТ остановится и тормозное усилие стабилизируется на более низком уровне.

Таким образом, каждому значению тока электромагнита соответствуют определенные положения поршня ЦРТ и тормозное усилие на обод барабана подъемной машины.

В системах автоматического регулирования скоростью подъемной машины задающий сигнал  $U_3$  (рис. 46,б) формируется программным устройством (профилем диска) в блоке БПМ-1. Он подается на вход элемента сравнения ЭС, на второй вход которого поступает сигнал  $U_{дс}$  от датчика скорости подъемной машины (тахогенератора). Элементом сравнения служит электрическая цепь, в которой эти два сигнала включены последовательно и встречно. Выходная величина элемента сравнения - ток электромагнита  $I_{эм}$ , пропорциональная разности  $U_{дс} - U_3$ , поступает на регулятор давления РД и далее на тормоз и подъемную машину. Возмущающее усилие в этой системе  $Q$  представляет собой концевую нагрузку для однобарабанных подъемных машин и разность концевых нагрузок для двухбарабанных машин.

Профиль диска подбирают таким, чтобы значение  $U_3$  и сигнал  $I_{эм} = k (U_{дс} - U_3)$  на выходе ЭС обеспечивали необходимое тормозное усилие в каждой точке пути.

Если скорость подъемной машины больше заданной, то ток

$I_m$  возрастает, золотник регулятора перемещается вниз и сжатый воздух поступает в ЦРТ. При этом тормозное усилие увеличивается.

### Контрольные вопросы

1. Назовите виды управления подъемными машинами.
2. Что такое шестипериодная тахограмма скипового подъема?
3. Перечислите требования к системам автоматизации подъемных машин.
4. Опишите устройство и работу блока БПМ-1.
5. Назовите назначение и составные части аппарата АЗК-1.
6. Как действует ограничитель скорости ЭОС-3?
7. Назовите аппаратуру автоматизации подъемных установок и ее назначение.
8. Как автоматизируется процесс разгона?
9. В каких режимах может осуществляться процесс замедления подъемных машин?
10. Опишите действие регулятора РДВП.

## 7. АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОДООТЛИВА

### 7.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

**Устройство водоотливных установок.** Согласно требованиям ПБ [7] главные водоотливные установки и установки в основных выработках с притоком воды более  $50 \text{ м}^3/\text{ч}$  должны быть оборудованы не менее чем тремя насосными агрегатами, исходя из того, что один агрегат резервный, а другой находится в ремонте. Подача каждого агрегата или группы рабочих агрегатов должна обеспечивать откачку суточного притока воды не более чем за 20 ч. Для главных водоотливных установок в стволе прокладывают два или более напорных трубопровода, один из которых - резервный, и устраивают два водосборника, вместимость которых должна быть рассчитана на четырехчасовой приток воды.

Перед пуском насосов их рабочие полости необходимо залить водой. Для заливки насосов применяют: баковые аккумуляторы, сифонный способ, погружные заливочные насосы и др. Наибольшее распространение получила заливка погружными заливочными насосами НЗП, устанавливаемыми на дно водосборников. Один насос НЗП обслуживает три насосных агрегата. На рудниках при больших притоках воды применяют заглубленные насосные камеры, расположенные ниже уровня водосборника. Заливка насосов происходит через трубопровод, заделанный в перемычку, отделяющую насосную камеру от водосборника.

**Требования к аппаратуре автоматизации водоотливных установок.** Основная цель автоматизации процесса водоотлива - обеспечение надежного функционирования водоотливных установок без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Для выполнения этой задачи аппаратура автоматизации должна обеспечивать:

автоматическую контролируемую заливку насосов перед их пуском в работу;

автоматическое включение в работу очередного насоса при достижении водой верхнего уровня и непрерывную работу его, пока вода не опустится до нижнего уровня;

автоматический контроль за работающим насосом и аварийное отключение его, если он не развил заданой подачи, а также при возникновении неисправностей (перегреве подшипников, коротком замыкании и др.);

автоматическое включение резервного насоса, если первый насос отказал или подача его меньше притока, в результате чего вода достигла повышенного или аварийного уровня;

обезличенную звуковую и световую сигнализацию на пульте диспетчера об исправном или неисправном состоянии установки и аварийном уровне воды, а также сигнализацию в камере об отказе насоса с указанием его номера;

возможность дистанционного включения насосов с пульта диспетчера и перевода установки на ручное управление;

возможность применения различных способов заливки насосов;

блокирование от включения отказавшего насоса без вмешательства обслуживающего персонала;

автоматическое управление задвижками на трубопроводах и работу при постоянно открытых задвижках.

Серийная аппаратура автоматизации водоотлива. В настоящее время для автоматизации водоотливных установок, эксплуатирующихся в угольных и сланцевых шахтах и оборудованных насосами, которые приводятся во вращение асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором, выпускаются комплексы аппаратуры ВАВ и УАВ.

Взрывобезопасная аппаратура ВАВ имеет модификации:

ВАВ-10 (вместо выпускаемого ранее комплекта АВО-3) для автоматического управления одним насосным агрегатом участкового водоотлива;

ВАВ-30 (вместо АНВ-1М) для автоматического управления низковольтной водоотливной установкой с тремя насосами;

ВАВ-31 - ВАВ-91 для автоматизации высоковольтных водоотливных установок с одной управляемой задвижкой и числом насосов соответственно от трех до девяти.

Аппаратура УАВ также имеет различные модификации: для водоотливных установок с числом насосов от одного до 16; при отсутствии управляемых задвижек и наличии одной или двух задвижек; для автоматизации проходческого водоотлива с двумя насосами.

## 7.2. УНИФИЦИРОВАННАЯ АППАРАТУРА УАВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК

Рассмотрим работу аппаратуры автоматизации УАВ применительно к водоотливной установке, оборудованной тремя насосными агрегатами и одной управляемой задвижкой при заливке насосов с помощью погружного насоса НЗП (рис.47)

В комплект аппаратуры УАВ для рассматриваемой водоотливной установки (модификация УАВ-3-1) входят:

общий блок насосов ОБН - для обработки сигналов от датчиков уровней, выбора режима одного из насосов и выдачи команд на исполнительные устройства, а также для сигнализации о питании блока и неисправности насосного агрегата;

два блока насосов БН, имеющие аналогичное блоку ОБН назначение и отличающиеся от него отсутствием устройства для обработки сигналов от датчиков уровней;

табло сигнальное водоотлива СТВ - для воспроизведения сигналов о состоянии автоматизированной водоотливной установки и выдачи команд на включение и выключение насосных агрегатов при дистанционном управлении;

три реле производительности РПН (по одному на каждый насос) - для контроля подачи и гидравлической исправности насоса;

три реле давления РДВ для контроля заливки главных насосов по давлению;

заливочный погружной насос НЗП - для заливки главных насосов;

три привода задвижки ПЗ-1 с пускателями ПЭП-3 для открывания задвижек нагнетательных трубопроводов;

четыре электродных датчика ЭД - для замыкания цепи управления насосами при повышении уровня воды до места установки

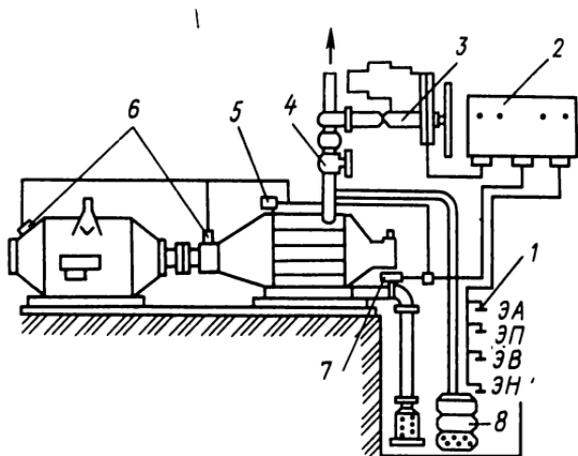


Рис. 47. Схема расположения оборудования автоматизированной водоотливной установки УАВ;

1 - электродные датчики ЭА, ЭП, ЭВ и ЭН соответственно аварийного, повышенного, верхнего и нижнего уровней воды в водосборнике; 2 - сигнальное табло; 3 - привод задвижки; 4 - обратный клапан; 5 - реле давления; 6 - термодатчики; 7 - реле производительности; 8 - погружной заливочный насос

датчика и размыкания этой цепи при понижении уровня воды;  
12 термодатчиков ТДЛ-2 - для контроля температуры подшипников в насосных агрегатах;

два фильтра низкой частоты ФНЧ-1, препятствующих попаданию в телефонный коммутатор частотных комбинационных сигналов.

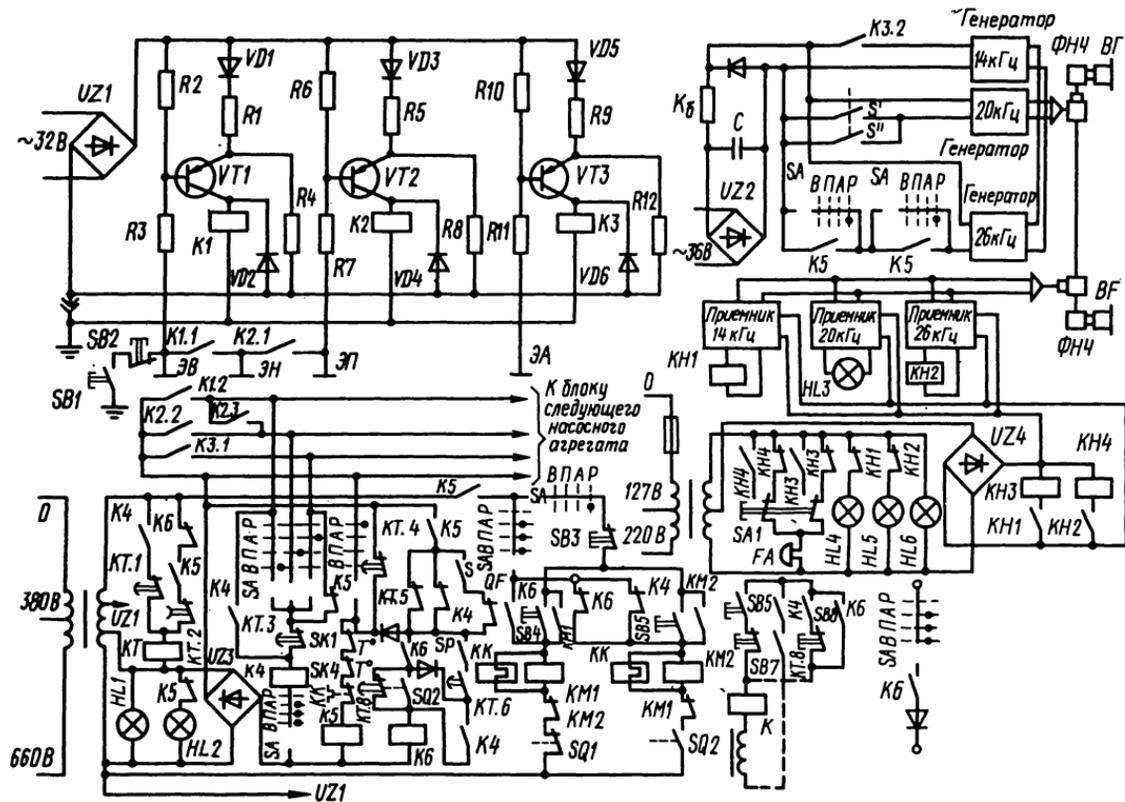
**Работа автоматизированной установки.** Если уровень воды в водосборнике ниже электрода нижнего уровня ЭН (рис. 48), то насосы не работают. При повышении воды до этого электрода никаких переключений не происходит, так как цепь его разомкнута контактами *K1.1* и *K2.1*.

Когда уровень воды повышается до электрода верхнего уровня ЭВ, по делителю напряжения *R2-R3* проходит ток и транзистор *VT1* открывается. В результате включается реле верхнего уровня *K1*, которое самоблокируется через контакт *K1.1* и электрод нижнего уровня ЭН и подает через контакт *K1.2* напряжение от выпрямителя *UZ3* на провод 1 линии управления. Если насос, управляемый блоком *ОБН*, настроен на включение при верхнем уровне воды, т.е. если переключатель *SA* установлен в положение "В", то образуется цепь тока: "плюс" *UZ3* контакт *K1.2* провод 1 - контакты *SA.1* и *KT.3* - катушка реле-повторителя уровня *K4* - контакт *SA.4* - "минус" *UZ3* и реле *K4* срабатывает. Оно производит следующие переключения: включает пускатель *K* заливочного насоса; самоблокируется (шунтирует контакт *KT.3*); подает питание на синхронный двигатель реле времени *KT*; замыкает контакт в цепи реле главного насоса *K6*; размыкает контакт в цепи контактора *KM2*, включающего привод задвижки в сторону ее закрывания. Включается также реле защиты *K5* через контакт *KT.4* реле времени, контакты термодатчиков *SK1 - SK4* и электротеплового реле *KK*. Оно замыкает свои контакты в цепях реле времени *KT*, катушек контакторов *KM1*, *KM2* и реле *K6*, подготавливая последнее к включению.

С выдержкой времени (она регулируется от 116 до 306 с), необходимого для заливки главного насоса, замыкается контакт *KT.6* и реле *K6* включается по цепи: "плюс" *UZ3* контакт *K5* - контакт *SP* реле давления, контролирующего заливку насоса, - контакты *KT.6*, *K4* - катушка реле *K6* "минус" *UZ3*. Реле *K6* выполняет следующие операции: включает через пускатель (или высоковольтный выключатель) двигатель главного насоса; включает контактор *KM1* на открывание задвижки; шунтирует последовательно соединенные контакты *SP* и *KT.6* в цепи собственной катушки. При открывании задвижки ее конечный выключатель *SQ2* замыкает свой контакт, шунтируя контакт *K4*. Когда задвижка откроется полностью, конечный выключатель *SQ1* отключит привод задвижки.

Через 57 с после этого размыкается контакт *KT.7* в цепи пускателя *K* заливочного насоса и он отключается.

Еще через 13 с размыкаются контакты реле времени: *KT.1*, который разрывает цепь двигателя реле времени *KT*, останавли-



вая вращение его дисков; *КТ.5* в цепи реле *К6*, которое, однако продолжает питаться через свой контакт.

Когда уровень воды в водосборнике снизится и вода не будет контактировать с датчиком верхнего уровня *ЭВ*, никаких изменений в состояниях электрических аппаратов не произойдет, поскольку реле *К1* останется включенным через датчик нижнего уровня *ЭН*.

При опускании воды ниже датчика *ЭН* цепь делителя напряжения *R2-R3* теряет питание, транзистор *VT1* запирается и реле *К1* отключается, размыкая свой контакт *К1.2* в линии управления насосами. Реле *К4* отключается, замыкает свой контакт в цепи контактора *КМ2*, включающего электропривод задвижки на ее закрывание, и размыкает свои контакты в цепи реле времени *КТ* и реле главного насоса *К6*. Однако последнее остается включенным через контакт *SQ2* конечного выключателя задвижки.

Когда задвижка закроется полностью, один из контактов *SQ2* отключит электропривод задвижки, а другой - реле *К6*. Последнее своими контактами производит следующие действия: отключает пускатель (или высоковольтный выключатель) главного насоса; подготавливает цепь включения привода задвижки на открывание для следующего цикла работы; включает реле времени *КТ*, в результате чего диски реле будут вращаться до исходного положения, т.е. до отключения реле контактом *КТ.2*. При следующем повышении уровня воды до отметки датчика *ЭВ* рассмотренный выше цикл работы повторяется.

Комплект аппаратуры УАВ обеспечивает следующие виды защит и сигнализации:

защита от потери подачи насоса с помощью датчика *S* (реле производительности РПН), отключающего через реле *К6* главный насос. Контакты *S'* и *S''* этого датчика включают генератор синусоидальных колебаний частотой 20 кГц. По занятой паре телефонных проводов сигнал этой частоты подается на установленное у диспетчера сигнальное табло *СТВ*, где он выделяется приемником 20 кГц, на выходе которого загорается сигнальная лампа *HL3*;

защита от перегрева подшипников и катушек контактов *КМ1* и *КМ2* осуществляется соответственно датчиками *SK1 - SK4* (типа ТДЛ-2) и электротепловым реле *КК*. При срабатывании любого из этих аппаратов отключается реле защиты *К5*, которое своими контактами размыкает цепи реле *К6* и контакторов *КМ1* и *КМ2*, а также снимает напряжение с генератора 26 кГц. При этом на выходе приемника 26 кГц в световом табло отключается реле *КН2*, которое замыкает цепь сигнальной лампы *HL5* и отключает реле *КН4*, питающееся от выпрямителя *UZ4*. В результате звенит звонок *НА*. Чтобы прекратить подачу звукового сигнала, вытягивают кнопку *SA1*. После устранения неисправности реле *КН4* включается и снова подается звуковой сигнал, напо-

миная, что кнопку *SA1* следует возвратить в исходное положение, при котором сигнал прекратится;

защита от пуска неполностью залитого насоса, осуществляемая реле давления *SP* типа РДВ;

сигнализация об аварийном уровне воды, осуществляемая контактом реле *K3*, которое включается при повышении уровня воды до отметки электрода *ЭА*. Этот контакт включает генератор 14 кГц. На выходе приемника 14 кГц отключается реле *KN1*, которое включает сигнальную лампу *HLA* и через реле *KN3* - звонок *HA*.

При аварийном отключении насоса или когда он не справляется с притоком воды, включается резервный насосный агрегат, настроенный для работы от аварийного уровня. Настраивают насосы на эти режимы с помощью переключателя *SA*, устанавливая его в соответствующее положение: "А" или "П".

Аппаратура *УАВ* позволяет перейти на местное управление и вывод насоса на ремонт. Для этого переключатель *SA* соответствующего блока насоса устанавливают в положение "Р".

### 7.3. ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК

На шахтах с большим притоком воды соответствующая доля оплаты за электроэнергию весьма существенна. При действующем в настоящее время двухставочном тарифе на электроэнергию один из его компонентов представляет плату за 1 кВт заявленной (абонированной) потребителем максимальной мощности, участвующей в максимуме нагрузки энергосистемы. При рациональном управлении водоотливной установкой и с учетом, что вместимость водосборника рассчитана на четырехчасовой приток воды, можно вообще не включать двигателя насосов в период максимума нагрузки энергосистемы и, следовательно заявить меньшую мощность. Такой метод позволяет, как показывают расчеты, получить дополнительную экономию в несколько десятков тысяч рублей в год. Для этого необходимо, чтобы к началу периода максимума нагрузки вода из водосборника была откачана полностью, т.е. до электрода нижнего уровня *ЭН*.

Данную задачу можно выполнить с помощью дополнительной системы автоматического управления, содержащей уровнемер, датчик подачи насосов и ЭВМ или специальный микропроцессор. На основании показаний уровнемера в отдельные моменты времени микропроцессор рассчитывает приток воды и сопоставляет его с подачей насосов. На основании этого он определяет момент времени, когда следует включить насос (или группу насосов), чтобы к началу максимума нагрузки вода была откачана.

Перспективным направлением автоматизации водоотливных установок является повышение надежности аппаратуры автоматизации путем замены релейно-контактных элементов системы на

бесконтактные полупроводниковые приборы и устройства и особенно на микросхемы.

Опыт эксплуатации водоотливных установок показывает, что большинство отказов насосных агрегатов возникает при их пуске. Поэтому другим весьма важным направлением в области автоматизации водоотливных установок следует считать автоматическое поддержание их подачи, близкой к притоку воды, путем включения необходимого числа насосов и регулирования их подачи. Это позволит значительно реже включать насосы и таким образом повысить безотказность работы установки.

#### Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются к аппаратуре автоматизации водоотливных установок?
2. Назовите серийную аппаратуру автоматизации водоотливных установок.
3. Почему при использовании аппаратуры УАВ насос, включаемый от датчика верхнего уровня, не отключается при откачке воды ниже места его установки?
4. За счет чего и каким образом можно получить экономию от автоматизации водоотливных установок?
5. Как можно повысить безотказность автоматизированных водоотливных установок?

## 8. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОВЕТРИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК ШАХТ

Подземные выработки шахт проветривают, чтобы обеспечить в них необходимые для работы людей параметры шахтного воздуха: по составу - для нормального функционирования органов дыхания (содержание кислорода предельно допустимые концентрации оксида углерода и других вредных примесей); климатические (температуру в зависимости от влажности, скорость воздушной струи); предельно допустимую концентрацию метана [7].

В систему проветривания подземных выработок шахт входят: главные вентиляторные установки; калориферные установки; вентиляторы местного проветривания, применяемые в основном для тупиковых выработок; аппаратура контроля содержания метана и углекислого газа в шахтном воздухе.

Фактические значения параметров шахтного воздуха зависят не только от режимов работы указанных выше установок, но и в значительной степени от параметров вентиляционной сети, интенсивности ведения очистных и подготовительных работ, нестабильного газовыделения, что затрудняет создание полностью автоматической системы проветривания подземных

выработок. В настоящее время автоматизируются лишь отдельные объекты и процессы: главные вентиляторные установки, калориферные установки, вентиляторы местного проветривания; контроль параметров шахтной атмосферы.

## 8.1. АВТОМАТИЗАЦИЯ ГЛАВНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК

Главные вентиляторные установки состоят из двух или более вентиляторных агрегатов и устройств для реверсирования вентиляционной струи воздуха. Для автоматизации этих установок выпускается (с 1988 г.) устройство автоматизации главных вентиляторов шахт УАВЩ, которое обеспечивает управление и контроль реверсивных и неревверсивных вентиляторных агрегатов с высоко- и низковольтными приводами. Устройство УАВЩ изготавливают двух модификаций: УАВЩ.1 и УАВЩ.2 для различных расстояний от диспетчерского пункта до вентиляторов - соответственно до 10 и 2 км. В комплект УАВЩ входят:

аппарат управления вентилятором АВГ - для пуска, останова и реверсирования вентилятора, а также для сигнализации, блокирования и защиты;

аппарат управления вспомогательными приводами АУВП для управления переключающими устройствами (лебедками ляд) и резервирования ввода низкого напряжения;

аппарат приема команд АПК (только для УАВЩ.1) для приема команд телемеханического управления вентиляторной установкой и передачи информации о работе агрегатов по двухпроводной линии связи;

аппарат приема сигналов АПСВ (только для УАВЩ.2) для передачи команд телемеханического управления и приема известительных сообщений о работе агрегатов по двухпроводной линии связи;

аппарат воспроизведения сигналов АВС для передачи команд дистанционного управления и приема известительных сообщений по многопроводной линии связи;

аппаратура контроля температуры АКТ-2 (см. 2.6.) для автоматического контроля узлов вентиляторных агрегатов.

Аппаратура автоматизации главных вентиляторных установок рассчитана на большой срок службы, поэтому на действующих шахтах эксплуатируется большое число выпускаемых ранее комплектов аппаратуры автоматизации УКВГ, АДШВ и других, выполняющих примерно те же функции.

Указанные выше комплекты аппаратуры обеспечивают:

дистанционное с автоматизацией отдельных операций управление вентиляторными агрегатами и устройствами для реверсирования вентиляционной струи с пульта диспетчера и из машинного зала;

местное управление отдельными механизмами (для проведения ремонтно-наладочных работ), переход на которое не вызывает необходимость остановки работающего вентиляторного агрегата:

автоматическое повторное включение напряжения на станциях управления при исчезновении его не более чем на 10 с;

возможность для центробежных вентиляторов реверсирования воздушной струи и перехода с одного вентилятора на другой при закрытом направляющем аппарате без остановки вентиляторного агрегата;

различные виды блокирования, исключающие повторное и самопроизвольное включение вентилятора после оперативного или аварийного отключения без команды на пуск и до устранения аварии, включение вентилятора до установки ляд и шиберов в необходимое положение, одновременную работу двух вентиляторов (если этот режим не предусмотрен специально), включение двигателя реверсивного вентилятора в противоположную сторону до полной его остановки, перестановку ляд и шиберов при открытом направляющем аппарате нереверсивных вентиляторов и при включенном приводе или расторможенном роторе реверсивных вентиляторов;

автоматический контроль времени разгона двигателя вентилятора, положение ляд, шиберов и лопаток направляющего аппарата, депрессии и подачи вентиляторного агрегата, температуры обмоток двигателя и подшипников вентилятора и двигателя, тока двигателя и наличия напряжения в цепях управления;

защитное отключение вентиляторного агрегата при коротких замыканиях и перегрузках приводного двигателя, исчезновении напряжения более чем на 10 с, недопустимых изменениях контролируемых параметров, наложения тормоза вентилятора при его работе;

сигнализацию на пульте диспетчера о нормальном и аварийном режиме вентиляторной установки, о значениях контролируемых параметров вентиляторного агрегата и др.

## 8.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ КАЛОРИФЕРНЫХ УСТАНОВОК

Калориферные установки предназначены для подогрева поступающего в шахту воздуха в холодное время года. В соответствии с требованием ПБ [7] температура в стволе на расстоянии 5 м от сопряжения его с каналом калорифера должна быть не менее +2 °С. При автоматизации калориферных установок в этом месте устанавливают датчик температуры, по сигналам которого управляют количеством поступающего в ствол нагретого воздуха. Выпускаются и применяются на шахтах безвентиляторные и вентиляторные калориферы. В первых (более экономичных) подогретый воздух засасывается в ствол за счет

общешахтной депрессии, создаваемой в канале калорифера главным вентилятором.

Поддерживать необходимую температуру в устье ствола шахты можно путем регулирования потока теплоносителя в секциях калорифера и изменения количества засасываемого холодного воздуха, для этого перемещают ляду в канале воздухозаборника. В зависимости от принятого способа регулирования сигнал датчика поступает на привод вентиля, управляющего подачей теплоносителя, или на привод ляды.

Для автоматизации шахтных калориферных установок, имеющих в качестве теплоносителя пар или перегретую воду, применяется унифицированная аппаратура АКУ-3 и выпускаемая ранее (до 1986 г.) аппаратура АКУ-63. В комплект АКУ-3 входят:

станция управления и регулирования калорифера СУРК-3 для отработки сигналов и выдачи команд на исполнительные механизмы;

табло калорифера ТК-3 для воспроизведения световой информации о снижении температуры воздуха в стволе шахты и теплоносителя на выходе из калорифера до значения, ниже критического, о снижении давления теплоносителя, о наличии в установке переохлажденных секций;

термодатчик ствола ТСД-1 для контроля температуры воздуха в стволе шахты;

блок индикации калорифера БИК-3 (устанавливается вблизи станции СУРК-3) - для воспроизведения информации о значении температуры воздуха в стволе шахты, температуры теплоносителя на выходе из калорифера, температуры опрашиваемой в данный момент секции, номера переохлажденной секции.

Термодатчик ТСД-1 имеет уровень взрывозащиты - особо-взрывобезопасный (РО) и вид взрывозащиты - искробезопасная электрическая цепь (Иа). Остальные аппараты - общего назначения.

Аппаратура АКУ-3 позволяет регулировать диапазоны уставок температуры: воздуха в месте установки датчика ТСД-1 - от 2 до 10°С; отработанного теплоносителя на выходе калорифера - от 20 до 100°С; секций калорифера - от 20 до 90°С.

### **8.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЕНТИЛЯТОРОВ МЕСТНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ**

Вентиляторы местного проветривания (ВМП) применяют для подачи свежего воздуха на подготовительные выработки. Согласно § 187 ПБ [7] ВМП должны работать непрерывно, а в случае их остановки или нарушения вентиляции напряжение с электрооборудования, находящегося в тупиковой части выработки, должно быть снято. Последнее требование обеспечивается в настоящее время с помощью аппаратуры АЗОТ.

Аппаратура АЗОТ предназначена для: автоматического непрерывного контроля количества воздуха, поступающего к забою

тупиковой выработки, которая проветривается вентилятором местного проветривания в шахтах, опасных по газу или пыли; защитного отключения электроэнергии при нарушении нормального режима проветривания выработки; автоматизированного, местного и телемеханического управления работой ВМП.

В комплект аппаратуры АЗОТ входят: аппарат АЗОТ; датчик контроля воздуха ДКВ (см. 2.1. и рис. 11,б). Аппарат АЗОТ изготавливается в двух модификациях: АЗОТ В во взрывонепроницаемом корпусе и АЗОТ Б в виде выемного блока, предназначенного для встройки во взрывонепроницаемые оболочки станций управления.

Аппарат АЗОТ В (АЗОТ Б) обеспечивает:

автоматическое исключение (форсирование) выдержки времени на включение группового аппарата при исчезновении питающего напряжения не более чем на  $2 \pm 0,5$  мин, если до исчезновения напряжения режим проветривания не нарушается и в течение указанного времени он полностью восстановился;

автоматическое включение (отключение) резервного ВМП при отключении (включении) рабочего и автоматическое импульсное включение резервного ВМП при невключении рабочего ВМП во время его пуска, в том числе при его автоматическом повторном включении;

защиту от самовключения аппарата при повышении напряжения питающей сети до 150% номинального значения;

защиту линии связи до датчика от обрыва и короткого замыкания;

местную сигнализацию и выдачу через систему телемеханики сигналов о нормальном и аварийном режимах проветривания тупиковой выработки и работе пускателя рабочего ВМП;

отключение группового аппарата без выдержки времени при отключении пускателей рабочего и резервного ВМП.

Аппарат АЗОТ В состоит из корпуса с крышкой и выемного блока, на котором установлены функциональные блоки: питания - БП; автоматизированного управления - БАУ; контроля воздуха БКВ; исключения выдержки- БИВ; искробезопасный - БИ.

Блок питания БП питает соответствующим напряжением все функциональные блоки, элементы аппарата АЗОТ, его цепи сигнализации, автоматической блокировки и датчика.

Блок автоматизированного управления БАУ осуществляет: прием местных и дистанционных команд управления работой ВМП; повторное автоматическое включение ВМП в работу при перерывах питания на время до 110 с; импульсный запуск в работу рабочего и резервного ВМП.

Блок контроля воздуха БКВ непрерывно контролирует количество воздуха, подаваемого в забой; автоматически блокирует групповой аппарат, питающий электроприемники тупиковой выработки, на время от 5 до 20 мин с момента выдачи датчиком сигнала о нормальном режиме проветривания; автоматически

отключает групповой аппарат с регулируемой выдержкой времени от 0,5 до 2 мин после нарушения нормального режима проветривания.

Блок исключения выдержки БИВ исключает выдержку времени на срабатывание группового аппарата при исчезновении питающего напряжения менее чем на 2 мин.

Искробезопасный блок БИ содержит залитые эпоксидной смолой элементы всех узлов, обеспечивающих искробезопасность электрических цепей аппарата.

#### 8.4. КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ШАХТНОЙ АТМОСФЕРЫ

**Общие сведения.** К контролируемым параметрам шахтной атмосферы относятся содержание углекислого газа  $\text{CO}_2$  и метана  $\text{CH}_4$  (только для шахт, опасных по газу). Согласно указаниям ПБ (§ 223) содержание  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  на шахтах I категории по газу и II категории при отсутствии метана в выработках контролируют переносными приборами и аппаратами эпизодического действия, которые поэтому здесь не рассматриваются.

В шахтах II категории по газу и в тех выработках шахт III категории, сверхкатегорных и опасных по внезапным выбросам угля и газа, где не используется электроэнергия, применяют переносные приборы и аппараты контроля содержания  $\text{CH}_4$  автоматического действия. К ним относится рассмотренное выше метан-реле для забойных машин ТМРК-3 (см. 2.11 и рис. 25).

В выработках последней группы шахт, где используется электроэнергия, необходимо устанавливать стационарную автоматическую аппаратуру контроля содержания метана, к которой относятся анализаторы метана АТ1-1 и АТЗ-1 и выпускаемая ранее аппаратура АМТ-3 и "Метан".

Анализатор метана АТ1-1 содержит следующие аппараты: аппарат сигнализации АС.8; преобразователь параметров измерительный ППИ; выносной датчик метана; искробезопасную сирену СИ-1; две телефонные трубки ТИТ-1. Он обеспечивает:

непрерывный автоматический контроль объемной доли метана в месте установки датчика ДМВ;

выдачу сигнала на предварительное отключение отдельного механизма участка (например комбайна) с выдержкой времени;

выдачу сигнала на автоматическое отключение напряжения с контролируемого объекта при достижении предельно допустимой доли метана или неисправности функциональных цепей;

непрерывную световую и звуковую сигнализацию;

дистанционный визуальный контроль объемной доли метана по указывающему прибору аппарата сигнализации;

возможность передачи диспетчеру непрерывного унифицированного сигнала об объемной доле метана, а также дискретной телесигнализации о нормальной работе анализатора, предельно допустимой объемной доле метана и обрыве линии телеизмерения;

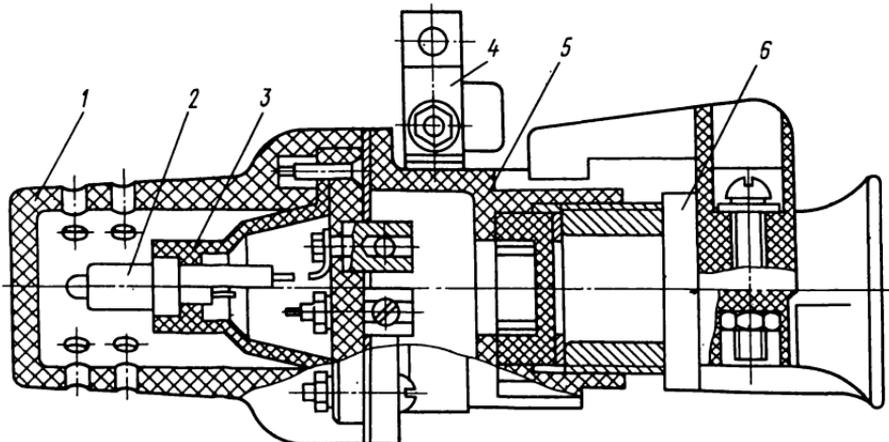


Рис. 49. Датчик ДМВ

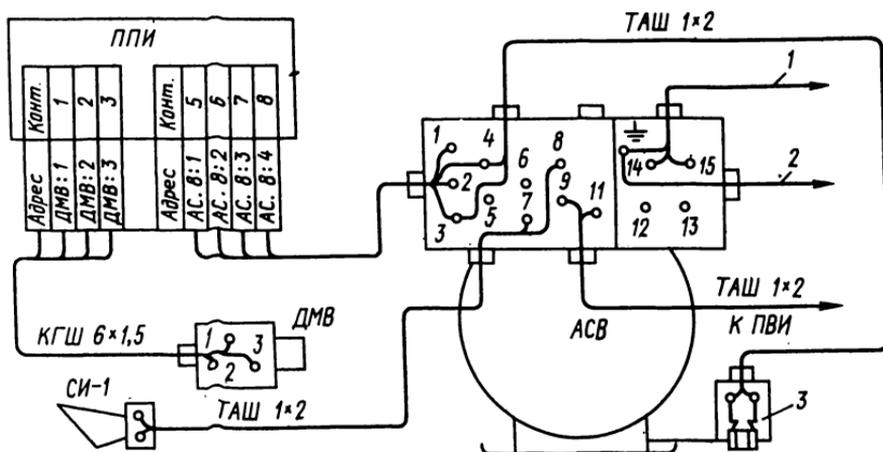


Рис. 50. Схема электрическая подключения анализатора метана АТ1-1; 1,2 - кабели КГШСН  $3 \times 2,5 + 1 \times 1,5 + 1 \times 1,5$  в цепях соответственно катушки автоматического выключателя и питания аппарата напряжением 36, 127, 380 или 660, В; 3 - гнездо для подключения телефонной трубки

телефонную связь между ППИ, аппаратом сигнализации АС.8 и стойкой у диспетчера.

Датчик ДМВ (рис. 49) состоит из корпуса 1, гнезда 5, подвески 4. Внутри корпуса в амортизаторе 3 крепится датчик в сборе 2. Гнездо служит для установки в нем кабельного ввода 6. Датчик в сборе аналогичен датчику метан-реле ТМРК-3 (см. рис. 25,а). Принцип действия его описан в 2.11. Датчик ДМВ непрерывно контролирует объемную долю метана, преобра-

зовывает ее в электрический сигнал, который передает на преобразователь ППИ.

Преобразователь ППИ подает питание на датчик ДМВ, принимает от него сигнал об объемной доле метана и преобразовывает его в унифицированный сигнал для передачи в аппарат сигнализации.

Аппарат сигнализации АС.8 предназначен для питания преобразователя ППИ (рис. 50), визуального контроля объемной доли метана по стрелочному прибору, местной звуковой и световой аварийной сигнализации, автоматического отключения электрического питания участка при достижении предельно допустимой концентрации метана в шахтном воздухе.

Анализатор метана АТЗ-1 позволяет контролировать метан в трех точках. В отличие от АТ1-1 в него входят аппарат сигнализации АС.9 и по три датчика ДМВ и преобразователя ППИ.

### Контрольные вопросы

1. Какие процессы подлежат автоматизации в системах проветривания подземных выработок шахт?
2. Какие требования предъявляют к аппаратуре автоматизации вентиляторных установок?
3. Опишите состав устройства УАВЩ.
4. Какие функции выполняет аппаратура АКУ-3 автоматизации калориферных установок?
5. Перечислите функции, выполняемые аппаратурой АЗОТ в системе автоматизации ВМП.
6. Какого вида аппараты контроля метана должны применяться в шахтах различной категории по газу и внекатегорных?
7. Назовите состав и выполнение функции анализатора метана АТ1-1.

## 9. АВТОМАТИЗАЦИЯ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

### 9.1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМ ПНЕВМОСНАБЖЕНИЯ

Пневматическая энергия широко применяется в угольной промышленности, особенно на шахтах, разрабатывающих тонкие крутые пласты, особо опасные по газу или пыли и их внезапных выбросах, где применение электроэнергии запрещено. Для получения сжатого воздуха на поверхности шахт размещают стационарные компрессорные установки, оснащенные компрессорами - поршневыми и центробежными (турбокомпрессорами), а также различными вспомогательными механизмами. В систему пневмоснабжения шахт входит также пневмосеть, по которой сжатый воздух транспортируется и распределяется между его потребителями: отбойными молотками, бурильными и погрузочными машинами и др. Она состоит из магистрального и радиальных трубопроводов с регулирующими органами.

Для нормальной работы потребителей необходимо определенное (номинальное) давление сжатого воздуха. При пониженном давлении уменьшается производительность машин; при повышенном она растет, но одновременно возрастают износ инструмента и утечки в пневмосети. Поэтому основной целью автоматизации систем пневмоснабжения является поддержание необходимого давления сжатого воздуха у каждой группы потребителей. Поскольку расстояния от магистрального трубопровода до отдельных потребителей и расход сжатого воздуха различны, потери в радиальных трубопроводах и, следовательно, давление у потребителей не будут одинаковы.

Таким образом, для достижения указанной цели необходимо решить две задачи: поддерживать производительность компрессорных установок в соответствии с потреблением сжатого воздуха и с учетом потерь в трубопроводах; обеспечивать заданное давление сжатого воздуха у всех потребителей.

Решение второй задачи, связанное с установкой на трубопроводах автоматически регулируемых задвижек, находится на стадии проектных и исследовательских проработок. В настоящее время автоматизируют лишь компрессорные установки путем регулирования их производительности до значения, при котором у наиболее отдаленных потребителей обеспечивается достаточное для нормальной работы давление сжатого воздуха.

К системам автоматизации пневмоснабжения шахт предъявляют следующие требования:

обеспечение экономичной и безопасной работы компрессорных агрегатов;

предотвращение аварийных режимов, нарушения работы и выхода из строя компрессорных агрегатов и его отдельных узлов.

повышение эффективности использования пневмоэнергии;

частичное или полное высвобождение обслуживающего персонала компрессорных установок.

Для выполнения этих требований система автоматизации процессов пневмоснабжения должна состоять из трех подсистем:

автоматического управления пуском и остановом двигателей компрессоров и вспомогательных механизмов компрессорных агрегатов;

автоматического регулирования режимов работы компрессорных агрегатов, задвижек, вентилях и дросселей на трубопроводах;

автоматического контроля и защиты основных узлов компрессорных агрегатов и пневмосети.

По степени автоматизации процессов пневмоснабжения различают:

частичную автоматизацию, при которой полностью автоматизируются лишь контроль и защита компрессорных агрегатов и частично управление ими. Пуск агрегатов и большая часть операций управления производятся вручную;

комплексную автоматизацию, при которой пуск и останов компрессорных агрегатов поддержание заданного давления сжатого воздуха в коллекторе нагнетания (на выходе воздухо-сборника) выполняются автоматическими системами. Вручную задаются уставки регуляторов и выбирается очередность ввода в работу и вывода отдельных компрессорных агрегатов;

полную автоматизацию, при которой все функции по управлению компрессорными агрегатами и регулирующей аппаратурой на трубопроводах, а также выбор оптимальных программ и режимов работы оборудования передаются управляющей вычислительной машине.

## 9.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ КОМПРЕССОРНЫХ АГРЕГАТОВ

Вводимые в действие и реконструируемые компрессорные установки (станции) оборудуются современными поршневыми компрессорами 2М10-100/8, 4М10-100/8 и турбокомпрессорами К250, К350, К500. Приводными электродвигателями служат обычно синхронные двигатели, которые могут работать с током, опережающим по фазе напряжение сети, и таким образом компенсировать реактивную мощность потребителей, работающих с отстающим током. Другое преимущество синхронных двигателей заключается в том, что они менее чувствительны к изменению напряжения сети переменного тока, чем асинхронные двигатели.

Автоматизация поршневых компрессоров охватывает пуск, регулирование производительности и контроль технологических параметров. В компрессорный агрегат (рис. 51) входят: цилиндры **низкого ЦНД** и **высокого ЦВД** давления; механизм движения **МД** и двигатель **ДК** компрессора; буферные емкости всасывания **БЕВ** и нагнетания **БЕН**; фильтр **Ф**; лубрикатор **Л** для подачи смазочного масла трущимся частям; вентили продувки **ВП1**, **ВП2**; сливная воронка **ВС** двигателя вспомогательных приводов **ДЗВО**, **ДРК**, **ДЛ**, **ДМН** - соответственно задвижки водяного охлаждения, разгрузочного клапана, лубрикатора, маслососа **МН**

**П у с к к о м п р е с с о р а** производится с помощью станций (панелей) управления, на которых установлены необходимые коммутационные аппараты и элементы автоматики. В качестве источника питания обмотки возбуждения синхронного двигателя применяют глухоподключенные возбудители (генераторы постоянного тока) или тиристорные возбудители. Используется асинхронный способ пуска, при котором обмотка возбуждения двигателя подключается на разрядный резистор, а на обмотку статора подается полное напряжение сети. Момент на валу двигателя при этом не должен превышать  $0,4M_{ном}$ . Поэтому при пуске открывают разгрузочный клапан **РК** (см. рис. 51), соединяющий выход компрессора с атмосферой. После разгона двигателя компрессора **ДК** до подсинхронной скорости ( $0,95 -$

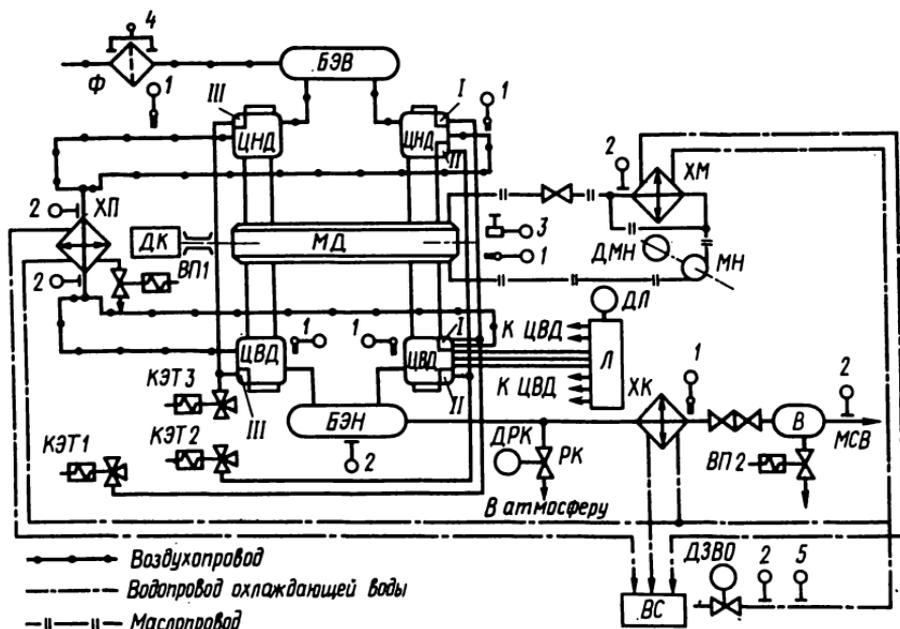


Рис. 51. Технологическая схема поршневого компрессорного агрегата

0,97 пс) обмотка возбуждения автоматически переключается на возбудитель и двигатель входит в синхронизм; разгрузочный клапан РК закрывается.

Регулирование производительности компрессора может осуществляться различными способами. Наиболее широко применяют отжим всасывающих клапанов, при котором цилиндр низкого давления ЦВД соединяется с атмосферой, а цилиндр высокого давления ЦВД с промежуточным холодильником ХП. Регулирование происходит с помощью отжимных устройств I, II и III, управляемых трехходовыми электромагнитными клапанами КЭТ1 - КЭТ3. Команды на включение отжимных устройств поступают от датчика давления 2, установленного на магистрали сжатого воздуха МСВ за воздухохранилищем В. Вводя в действие одну или несколько пар отжимных устройств (I - III), можно получить три ступени регулирования производительности в сторону ее уменьшения. Если при этом давление останется выше заданного значения, то с выдержкой времени двигатель компрессора отключается от сети.

При снижении давления в магистрали сжатого воздуха пуск двигателя и подъем производительности компрессора происходят в обратной последовательности.

Контроль технологических параметров производится с помощью датчиков температуры I,

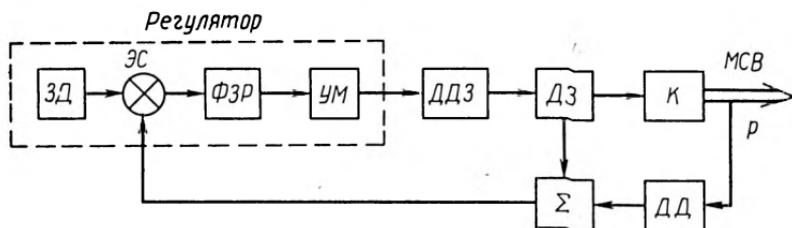


Рис. 52. Функциональная схема САУ давления воздуха на выходной турбокомпрессора

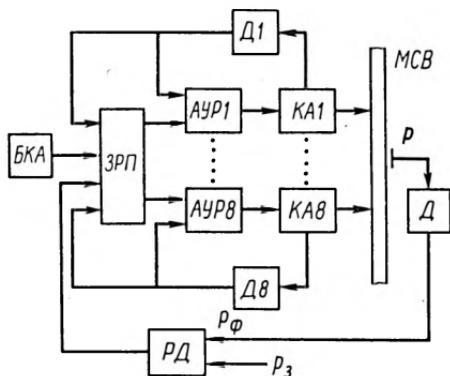


Рис. 53. Функциональная схема САУ компрессорной станции с использованием аппаратуры УКАС

давления 2, положения валопровода 3 перепада давления 4 и потока 5. Автоматизация этого процесса чрезвычайно важна, поскольку превышение некоторыми параметрами допустимых значений может привести к авариям. В поршневых компрессорах контролируют: температуру воздуха после I и II ступеней сжатия и на конечном холодильнике ХК; температуру и давление масла в масляном холодильнике ХМ и в системе механизма движения МД; давление воздуха в промежуточном холодильнике ХП и после II ступени нагнетания.

**Автоматизация турбокомпрессоров.** Производительность турбокомпрессоров регулируют обычно с помощью дроссельной заслонки во всасывающем трубопроводе. Автоматическая система стабилизации давления при изменении расхода сжатого воздуха содержит: регулятор (рис. 52), состоящий из задатчика давления ЗД, элемента сравнения ЭС, формирователя закона регулирования ФЗР и усилителя мощности УМ; двигатель дроссельной заслонки ДДЗ (исполнительный механизм САУ); дроссельную заслонку ДЗ (регулирующий орган); компрессор К (объект регулирования). Главная обратная связь создается по давлению  $p$  датчиком ДД, установленным на магистрали сжатого воздуха МСВ. Для устойчивой работы САУ устраивают дополнительную обратную связь по положению заслонки. Сигналы главной и дополнительной обратных связей алгебраически складыв-

ваются в сумматоре  $\Sigma$ , выходной сигнал которого поступает на элемент сравнения ЭС.

Для турбокомпрессоров, как и для поршневых компрессоров, применяется система автоматического контроля технологических параметров, которая дополнительно содержит элементы противопожарной защиты.

Автоматизация компрессорных станций. Компрессорные станции (установки) шахт комплектуют турбокомпрессорами и несколькими (двумя-тремя) поршневыми компрессорами. Диапазон регулирования производительности станций, определяемый графиком нагрузки пневмоприемников, для каждой шахты индивидуален. Его закладывают в проект автоматизации пневмоснабжения данной шахты.

Пуск и останов турбокомпрессоров достаточно сложен, поэтому они длительно работают без остановки. При этом, когда диапазон регулирования производительности работающих компрессоров полностью исчерпан, производительность станции изменяют путем включения или отключения поршневых компрессоров.

Для автоматического управления компрессорными станциями выпускают комплектное устройство автоматизации УКАС. Аппаратура построена по блочно-модульному принципу с использованием бесконтактных элементов "Логика-Т", тиристорных систем возбуждения синхронных двигателей и унифицированной аппаратуры контроля технологических параметров. Аппаратура УКАС рассчитана на управление восемью компрессорными агрегатами. В ее состав входят: щиты УКАС-А управления турбокомпрессорными агрегатами (по одному на агрегат); щиты УКАС-ПА управления поршневыми компрессорными агрегатами (по одному на агрегат); щит УКАС-С управления компрессорной станцией.

На щитах УКАС-А и УКАС-ПА располагается аппаратура АУР1 · АУР8 (рис. 53) управления и регулирования компрессорных агрегатов соответственно КА1 КА8. Щит УКАС-С содержит блок БКА задания команд и адресов программы и задатчик-распределитель программы ЗРП. Информация о значениях технологических параметров, получаемая от датчиков Д1 - Д8, поступает на соответствующую аппаратуру АУР1 АУР8 и на ЗРП. На ЗРП подается также выходной сигнал регулятора давления РД, на входы которого поступают сигналы  $p_{\phi}$  от датчика давления Д, установленного на магистрали сжатого воздуха МСВ, и  $p_3$  от датчика давления.

#### Контрольные вопросы

1. Назовите основные задачи автоматизации пневмоснабжения.
2. Перечислите требования к системам автоматизации пневмоснабжения шахт.
3. Как осуществляется автоматический пуск поршневых компрессоров?

4. Каким образом регулируют производительность поршневых компрессоров?
5. Какие технологические параметры поршневых компрессорных агрегатов должны автоматически контролироваться?
6. Опишите систему автоматического регулирования производительности турбокомпрессоров.
7. Назовите состав аппаратуры УКАС автоматизации компрессорных станций и опишите САУ с ее использованием.

## 10. АВТОМАТИЗАЦИЯ УСТАНОВОК НА ПОВЕРХНОСТИ ШАХТ

### 10.1. ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ШАХТ

К основным объектам автоматизации на поверхности шахт относятся: поточно-транспортная система; пункт погрузки угля в железнодорожные вагоны; комплекс обмена вагонеток в надшахтном здании; комплекс породного отвала; шахтные ламповые; главные понизительные подстанции.

Поточно-транспортная система (ПТС) содержит приемный бункер, из которого уголь подается питателем на поворотный грохот. Надрешетный продукт (крупные куски угля и посторонние предметы) поступают в конвейер, на котором с помощью магнитных сепараторов удаляются ферромагнитные предметы и вручную выбираются крупные куски породы и деревянные предметы. Поток угля с конвейера поступает в дробилку. Подрешетный продукт поворотного грохота и уголь из дробилки подаются на качающийся грохот, с помощью которого уголь разделяется на две фракции по крупности. Каждая фракция поступает на свой ленточный конвейер, который устанавливается над расположенными в ряд погрузочными железнодорожными бункерами. Эти бункера загружаются с ленточных конвейеров при помощи плужковых сбрасывателей, которые опускают на ленту в необходимом месте и направляют поток угля в свободный бункер. В некоторых ПТС уголь перед загрузкой в бункеры поступает на обогатительные установки. Кроме того, в ПТС входят конвейеры и питатели, доставляющие уголь на склад (при заполненных погрузочных бункерах) и обратно на распределительные конвейера, а также в котельную шахты.

Таким образом, ПТС состоит из большого числа механизмов, оборудованных электрическим приводом и образующих несколько разветвлений. При местном, неавтоматизированном управлении этими механизмами потребовались бы значительный штат операторов и сложная система для координации их действий. Цель автоматизации ПТС состоит в высвобождении обслуживающего персонала, обеспечении четкой взаимосвязанной работы всех

механизмов и увеличения пропускной способности ПТС. Основными задачами ее автоматизации являются:

дистанционный выбор с пульта оператора ПТС маршрута, при котором все механизмы, управляющие грузопотоком (шибера, задвижки и др.), устанавливаются в необходимые положения;

подача звукового сигнала перед пуском в течение заданного интервала времени и отключение его после пуска;

автоматический пуск механизмов ПТС в последовательности, обратной направлению грузопотока;

обеспечение необходимых блокировочных зависимостей между механизмами ПТС, исключающих подачу материала на остановившийся механизм, а также пуск, если шибера и задвижки не занимают крайних положений;

заполнение погрузочных бункеров в заданной последовательности и перевод потока угля на склад, если все бункеры заполнены;

обеспечение всех необходимых защит при недопустимом отклонении режимов работы механизмов от номинальных значений;

централизованный контроль за работой всех механизмов ПТС и заполнением бункеров;

возможность экстренного останова механизмов ПТС с места установки каждого механизма.

Погрузка угля в железнодорожные вагоны. Основные задачи автоматизации этого процесса заключается в автоматическом перемещении вагонов при погрузке, равномерном их заполнении углем при объемном или весовом дозировании, перекрытии межвагонного пространства и отключении системы после загрузки последнего вагона.

Комплекс обмена вагонеток в надшахтном здании. К задачам автоматизации относятся: автоматическое выталкивание из клетки пришедшей груженой вагонетки порожней вагонеткой и фиксация последней в клетке, перемещение груженой вагонетки в опрокидыватель, фиксация ее в нем и разгрузка; выталкивание порожней вагонетки из опрокидывателя очередной груженой вагонеткой из клетки; подача порожней вагонетки к клетке и т.д.; автоматическое распознавание груза и соответствующая адресация вагонетки; автоматический счет вагонеток; централизованная сигнализация о работе комплекса.

Комплекс породного отвала. Породу в отвал транспортируют одним из двух способов: рельсовым транспортом и подвесными канатными дорогами.

В первом случае рядом с надшахтным зданием устраивают конусный терриконик с одноколейной рельсовой линией, которая периодически наращивается. Для транспортирования породы используют саморазгружающуюся вагонетку, корпус которой наклоняется при наезде на соответствующие направляющие разгрузочной фермы, установленной на вершине терриконика. Задачи автоматизации при этом состоят в автоматической за-

грузке вагонетки и управлении лебедкой комплекса, которое также автоматически осуществляется по заданной программе в функции времени и по сигналам датчиков положения (путевых выключателей) вагонетки и ее корпуса при разгрузке.

При использовании подвесной канатной дороги отвал образуют обычно на участках, не пригодных для их хозяйственного использования (например, в балках). В этом случае протяженность канатной дороги может составлять несколько сотен метров. Автоматизация такой дороги заключается: в точной остановке вагонеток у загрузочного устройства: автоматической загрузке вагонеток; подаче предупредительного сигнала и последующего пуска канатной дороги; контроля уровня породы в бункере; сигнализации о работе комплекса на пульте диспетчера.

**Шахтные ламповые.** Автоматизация шахтных ламповых имеет целью переход на самообслуживание процесса зарядки аккумуляторов от индивидуальных шахтных светильников, что дает большую технико-экономический эффект благодаря уменьшению обслуживающего персонала.

**Главные понизительные подстанции (ГПП).** На ГПП автоматизируются следующие операции: включение системы электроснабжения после отключения ее защитой воздушной и кабельной линии напряжением выше 1000 В (АПВ); включение резервного питания (АВР) после отключения основного питания; делительная защита (при наличии на шахте собственной электростанции, работающей параллельно с энергетической системой), которая отделяет цепи собственной электростанции от энергетической системы при аварии на ней и автоматически отключает второстепенные потребители, чтобы обеспечить бесперебойным питанием потребителей I категории.

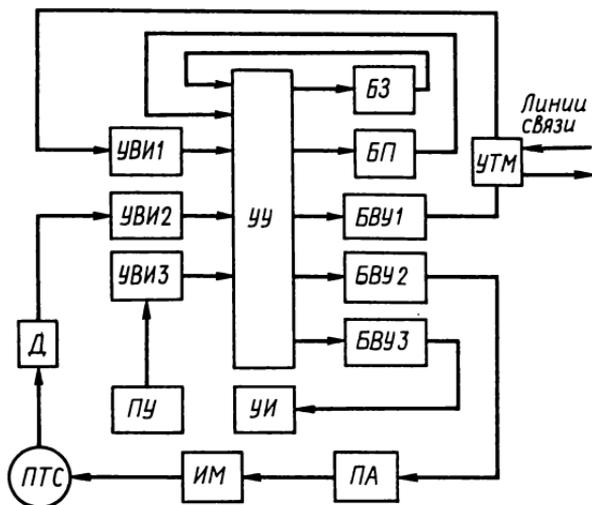
Кроме того, должны быть обеспечены телемеханический контроль и сигнализация: аварийная - об отключении выключателей защитой; предупредительная - о нарушении нормального режима эксплуатации (перегрузке), действии газовой защиты трансформаторов, замыканиях на землю и т.д.; о положении ответственных выключателей.

## 10.2. АППАРАТУРА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ШАХТ

Аппаратура автоматизации ПТС. На различных шахтах комплект механизмов ПТС и их компоновка неодинаковы, поэтому типовые системы автоматизации ПТС получить невозможно. Создают лишь унифицированную блочную аппаратуру, на основе которой для каждой шахты выполняют индивидуальный проект автоматизации ПТС.

К указанной аппаратуре относится комплект АТШ-2, вы-

Рис. 54. Функциональная схема САУ ПТС с использованием аппаратуры "Оператор"



полненный на сильноточных релейно-контактных элементах, что обуславливает его громоздкость и невысокую надежность.

В последние годы освоен выпуск аппаратуры "Оператор", состоящей из бесконтактных унифицированных блоков на транзисторах и диодах. Для развязки входных сигналов использованы оптроны. С помощью аппаратуры "Оператор" можно построить САУ для любой ПТС (рис. 54) [1]. Основным элементом САУ служит устройство управления УУ, которое перерабатывает информацию по заданному алгоритму, т.е. в соответствии с программой, записанной в блоке памяти БЛ. Внешняя информация поступает в устройство УУ через устройства ввода информации. Так, через устройство УВИ1 поступает информация от устройства телемеханики УТМ - обмена информацией с другими системами, технологически связанными с ПТС. Устройство УВИ2 передает информацию о состоянии механизмов и параметрах технологических процессов ПТС, которые контролируются датчиками Д. Через устройство УВИ3 передаются команды с пульта управления ПУ оператора.

Выходные сигналы УУ усиливаются и преобразовываются блоками БВУ1 - БВУ3. Через блок БВУ1 устройство УТМ информация передается другим системам управления. Через блок БВУ2 сигналы управления поступают к пускорегулирующей аппаратуре ПА и далее к исполнительным механизмам ИМ, которые воздействуют на механизмы и технологические процессы ПТС. Блок БВУ3 передает информацию устройствам индикации ИА, находящимся на щите с мнемосхемой.

Элементы системы, обеспечивающие необходимые временные интервалы при выполнении различных команд управления, располагаются в блоке задержки БЗ.

Аппаратура автоматизации комплекса породного отвала. Эта аппаратура обеспечивает автоматическое выполнение заданной

тахограммы движения вагонетки. При подъеме тахограмма пятипериодная: разгон; равномерный ход; замедление; равномерное движение с малой скоростью при перемещении вагонетки по разгрузочной ферме; остановка. В качестве приводного двигателя лебедки породного отвала используется асинхронный двигатель с фазным ротором, который управляется от магнитной станции по командам путевых выключателей, установленных по трассе движения вагонетки, и от датчика ее загрузки. Когда порожняя вагонетка подходит к месту погрузки, путевой выключатель снимает питание с двигателя лебедки и включает питатель. После загрузки вагонетки соответствующий датчик отключает питатель и включает двигатель лебедки на подъем с введенным в цепь ротора пусковым реостатом. В период разгона ступени реостата автоматически выводятся и при равномерном ходе двигатель работает на естественной характеристике.

В определенной точке пути вагонетки перед подходом ее к разгрузочной форме по сигналу путевого выключателя в цепь ротора снова вводится реостат и движение замедляется. При разгрузке вагонетки в процессе ее движения по разгрузочной ферме постоянная скорость дотяжки обеспечивается управлением лебедки с помощью электрогидротолкателя, соединенного с рабочим тормозом. Для остановки лебедки двигатель ее отключается.

Спуск порожней вагонетки производится в режиме динамического торможения по трехпериодной тахограмме.

Аппаратура автоматизация шахтных ламповых. В настоящее время выпускается автоматическая зарядная станция "Заряд-2", предназначенная для заряда аккумуляторных батарей шахтных головных светильников СГД - 5, СГД - 5 - 1, СГГ - 5, СГГ - 3, СГУ - 4 при постоянном стабилизированном напряжении 4,5 или 5 В, а также для хранения светильников и самоспасателей в шахтных ламповых при системе самобслуживания.

Станция состоит из зарядного устройства и зарядных станков, расположенных симметрично относительно ее. Зарядное устройство содержит: понижающий трансформатор; блок диодов для выпрямления переменного тока; дроссель насыщения, выполняющий функцию автоматически регулируемого индуктивного сопротивления; стабилизатор напряжения; блок управления, сигнализации и защиты.

В зарядной станции обеспечиваются следующие виды защит: от токов короткого замыкания - плавкими предохранителями; от длительной перегрузки - электротепловым реле в электромагнитном пускателе, которое отключает станцию и включает звуковой сигнал. Повторное включение зарядной станции после автоматического отключения возможно через 5-10 мин нажатием кнопки "Возврат" электротеплового реле пускателя;

от повышения зарядного напряжения выше допустимого значения, при котором станция отключается и включается световой сигнал "Повышенное напряжение".

## Контрольные вопросы

1. Перечислите задачи автоматизации ПТС.
2. Назовите основные задачи автоматизации погрузки угля в железнодорожные вагоны и обмена вагонеток в надшахтном здании.
3. Каковы задачи автоматизации породных отвалов с рельсовым транспортом и подвесными канатными дорогами?
4. Каким операциям автоматизируются на ГПП?
5. Опишите аппаратуру "Оператор".
6. Как автоматизируют погрузку угля в железнодорожные вагоны?
7. Опишите работу породного отвала с рельсовым террикоником в автоматическом режиме.

## 11. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ

### 11.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

К автоматизируемым объектам обогатительных и брикетных фабрик относятся: оборудование различных производственных переделов (дробилки, электромагнитные отделители, сепараторы с тяжелой средой, отсадочные машины, циклоны, флотационные машины, грохоты, центрифуги для обезвоживания угля, прессы для брикетирования и др.); вспомогательное оборудование (центрифуги для обогащения шламов и флотационных концентратов, устройства для подготовки пульпы, вакуум-насосы, компрессоры, пробоотборники и др.); механизмы ПТС, осуществляющие подачу прибывающего на фабрику угля, перемещение его между производственными переделами, доставку готового концентрата к месту отгрузки потребителю и хвостов в отвалы (вагоноопрокидыватели, бункеры, конвейеры, элеваторы, питатели и др.).

В разрабатываемые системы АСУТП обогатительных фабрик закладываются иерархический принцип: фабрика - цех - отдельный производственный передел или процесс - регулируемый технологический параметр. Иерархическая структура АСУТП может быть двух- или трехуровневой. Последний вариант более перспективен.

В состав верхнего уровня системы входят центральные диспетчерский пункт (ЦДП) и управляющая вычислительная машина (УВМ), предназначенная для решения общих задач по управлению обогатительной фабрикой. В эту УВМ поступает информация от низших ступеней управления.

Средний уровень АСУТП представлен операторскими пунктами отдельных производственных переделов, которые оснащены цеховыми УВД малой мощности или специализированными микропроцессами.

Нижний уровень АСУТП содержит различные датчики и регуляторы, обеспечивающие автоматический контроль и управление отдельными параметрами технологического процесса, а

также передачу необходимой информации о ходе процессов на вышестоящие уровни системы.

Автоматизированная система управления обогатительными фабриками komponуется из отдельных подсистем АСУТП конкретными переделами: дроблением, флотацией, подготовкой реагентов, а также процессами транспортирования обогащаемого угля учета поступающего угля и отгруженной продукции и др. На каждой из таких подсистем имеются операторский пункт, оснащенный мнемосхемой данного передела, и пульт дистанционного управления, с которого оператор может при необходимости управлять технологическим процессом, используя УВМ или микропроцессор только в качестве советчика.

АСУТП может содержать также подсистемы общего назначения, например, технологического контроля, диагностического контроля технологического оборудования. Подсистема технологического контроля содержит автоматизированные устройства пробоотбора, пробоподготовки и прободоставки, анализаторы, датчики и др. Подсистема диагностического контроля оборудования должна контролировать его состояние, своевременно обнаруживать предаварийную ситуацию и выдавать рекомендации по устранению аварий.

Автоматизация большинства обогатительных фабрик в настоящее время находится на стадии нижнего и частично среднего уровней - с использованием дистанционного управления механизмами передела с операторского пункта. Лишь на некоторых обогатительных фабриках операторские пункты оборудуются УВМ или микропроцессорами.

## 11.2. АППАРАТУРА АВТОМАТИЗАЦИИ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Для автоматизации производственных процессов обогащения угля широко используют (особенно в помещениях, где возможно скопление угольной пыли) те же средства автоматики во взрывобезопасном исполнении с искробезопасными цепями управления и контроля, которые применяют в шахтах и на поверхности шахт.

Для автоматизации ПТС, например, используется описанная выше аппаратура: АУК.1М управления конвейерами; контроля заполнения бункеров; "Оператор" - управления механизмами ПТС и др.

Чтобы контролировать массу готового продукта дробления, применяют автоматические электротензометрические конвейерные весы ЭТВ, позволяющие непрерывно измерять мгновенную производительность ленточного конвейера, вычислять и регистрировать суммарную массу перевезенного конвейером угля за некоторый промежуток времени. Пределы измерения весов 100 - 2000 т/ч.

Весы ЭТВ состоят из двух тензометрических датчиков и измерительного прибора. Каждый датчик выполнен в виде помещенного между мембранами чувствительного элемента с наклеенными на нем тензодатчиками. Мембраны монтируют в кожухе датчика, который устанавливают на раме конвейера таким образом, чтобы он воспринимал нагрузку от транспортируемого угля.

Тензодатчики соединяют в два моста 1 и 2 (рис. 55), включенных последовательно между собой и с измерительным мостом 4. Мосты питаются от трансформатора *T* напряжением 6,3 В. Измерительный мост содержит реохорд 3 с подвижным контактом и балансировочный переменный резистор 5. В исходном положении суммарное напряжение мостов 1 и 2 равно напряжению измерительного компенсационного моста 4 и противоположно ему по фазе.

Когда на ленте конвейера находится груз, усилие от него передается на датчики и происходит разбаланс указанных напряжений. При этом на фазочувствительный усилитель 7 поступает сигнал, в зависимости от фазы которого двигатель 8 начинает вращаться в соответствующую сторону, перемещая подвижный контакт реохорда 3 и указатель показывающего прибора 6. Направление вращения двигателя и, следовательно, перемещения подвижного контакта реохорда принимают таким, чтобы восстанавливался баланс напряжений мостов 1, 2 и 4. Каждому значению мгновенной производительности конвейера

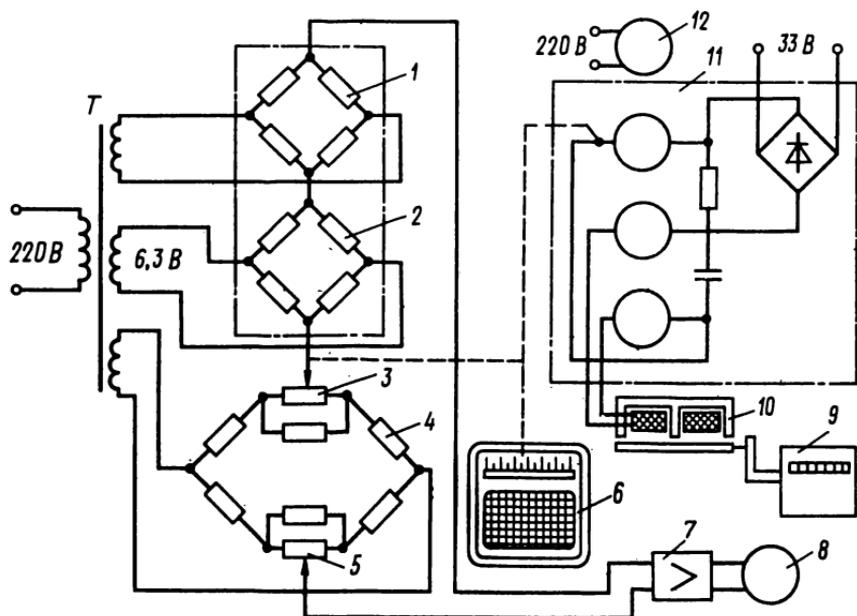


Рис. 55. Упрощенная электрическая схема конвейерных весов ЭТВ

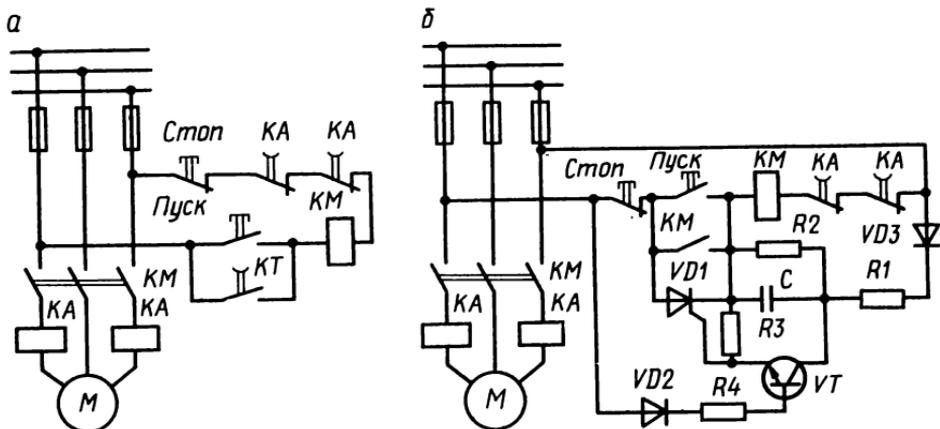


Рис. 56. Электрические схемы релейно-контактного (а) и бесконтактного (б) устройства АПВ асинхронного двигателя

соответствуют определенные значения положения подвижного контакта, при котором наступает баланс напряжений мостов, и положения стрелки прибора б. При любом изменении производительности рассмотренный процесс повторяется.

Весы снабжены электромеханическим интегратором 11, сигналы которого через электромагнитную муфту 10 передаются на счетчик-индикатор 9. Лентопротяжный механизм прибора приводится двигателем 12.

При автоматизации отдельных механизмов обогатительных фабрик широко используется автоматическое повторное включение (АПВ) двигателей после их отключения в результате непродолжительного перерыва в подаче электроэнергии. В сетях до 1000 В применяют релейно-контактные и бесконтактные устройства АПВ.

В релейно-контактном устройстве АПВ (рис. 56,а) при включенном электромагнитном пускателе *КМ* и, следовательно, двигателе *М* катушка реле времени *КТ* находится под напряжением, оно включено и контакт его замкнут. В случае исчезновения напряжения контакт *КТ* размыкается не сразу, а с выдержкой времени 1-2 с. Если за это время напряжение восстановится, по катушке пускателя *КМ* будет проходить ток, пускатель включится и подаст питание на двигатель *М*. В противном случае контакт реле времени *КТ* разомкнется и при появлении напряжения АПВ не произойдет.

В устройстве АПВ на бесконтактных элементах (рис. 56,б) при включении двигателя нажатием кнопки "Пуск" транзистор *VT* запирается и конденсатор *С* заряжается. При исчезновении напряжения конденсатор начинает разряжаться через резистор *R2*. После появления напряжения транзистор *VT* находится в открытом состоянии и, если конденсатор за время перерыва в

подаче энергии не успел разрядиться, он продолжает разряжаться также через открытый транзистор  $V_T$  и управляющий электрод тиристора  $V_{D1}$ . В результате тиристор открывается, что равносильно нажатию кнопки "Пуск".

Если двигатель отключить нажатием кнопки "Стоп", то конденсатор  $C$  полностью разрядится через открытый транзистор  $V_T$  и АПВ не произойдет.

На подстанциях обогатительных фабрик устанавливаются устройства АПВ и АВР (автоматического включения резерва) для отходящих присоединений. Кроме того, автоматизируется компенсация реактивной мощности конденсаторными батареями. При компенсации на стороне низшего напряжения (обычно 380 В) используют комбинированный регулятор АРКОН, обеспечивающий 15 ступеней регулирования емкости конденсаторов.

### Контрольные вопросы

1. Опишите иерархическую структуру АСУТП обогатительных фабрик.
2. Какие подсистемы АСУТП входят в автоматизированную систему управления обогатительными фабриками?
3. Объясните работу автоматических конвейерных весов ЭТВ.
4. Как действуют устройства АПВ асинхронных двигателей?

## 12. АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРЕДПРИЯТИЯМИ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### 12.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Современные угольные шахты как объекты управления характеризуются большим числом различных энергоемких механизмов, их рассредоточенностью; непрерывным перемещением и тесной взаимной связью почти всех технологических процессов. Большинство машин, механизмов и технологических процессов в настоящее время автоматизировано.

Для получения высоких результатов работы шахт необходимо повышать эффективность использования оборудования и совершенствовать методы ее управления. Этого можно достичь лишь при использовании автоматизированных систем управления (АСУ). Применяют два типа АСУ - систему управления технологическим процессом (АСУТП) и систему управления предприятием (АСУП).

Обе АСУ функционируют аналогичным образом, решая следующие основные задачи: сбор и передачу информации об объектах; переработку информации; выдачу управляющих воздействий на объект.

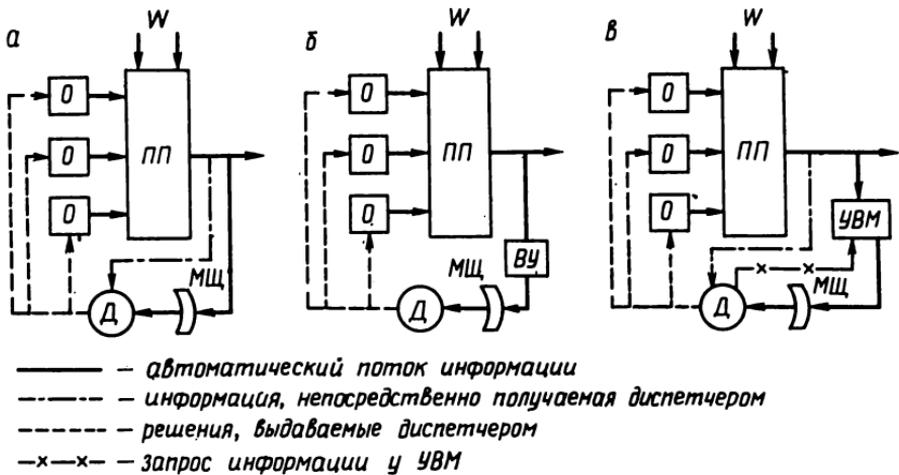


Рис. 57. Структурные схемы информационно-справочных (а, б) и информационно-советующей (в) СОДУ

Объектами в АСУТП служат комплексы машин, различные производственные процессы. Информация здесь передается в форме сигналов управления, защиты, блокирования, контроля за ходом процессов и значения технологических параметров.

В АСУП объекты управления - это отдельные структурные подразделения и шахта в целом. Информация в АСУП носит в основном экономический характер.

Эти системы функционально связаны между собой. Так, информация для АСУП формируется на основании выходных данных АСУТП, а некоторые управляющие команды для АСУТП вырабатываются в результате анализа выходных документов АСУП. Кроме того, в обеих системах часто используются общие ЭВМ и УВМ.

Важнейшим звеном АСУ является система оперативно-диспетчерского управления (СОДУ), задача которой состоит в целенаправленном воздействии на ход производственных процессов шахты, чтобы обеспечить по возможности минимальные отклонения основных показателей от заданных значений. Оператор СОДУ связан с АСУТП, в отношении которой он выступает в качестве оперативного персонала, и с АСУП - как составная часть ее.

В зависимости от уровня развития различают следующие СОДУ.

*Информационно-справочные СОДУ* (низший уровень), в которых производственным процессом ПП шахты (рис. 57, а, б) управляет диспетчер Д непосредственно или через операторов О отдельных технологических процессов [2]. Производственный процесс отклоняется от заданного из-за различных возмущающих воз-

действий *W*. Диспетчер принимает решения на основе информации, которая может поступать на мнемощит *МЩ* непосредственно (рис. 57,а) или после предварительных расчета и обработки вычислительным устройством *ВУ* (рис. 57,б).

*Информационно-советующая СОДУ* (средний уровень), в которой все команды на управление производственными процессами *ПП* (рис. 57,в) также выдает диспетчер *Д*. Однако в этой системе он может перед принятием решения обратиться за советом к управляющей вычислительной машине *УВМ*, которая предложит оптимальный вариант решения.

*Информационно-управляющие СОДУ* (высший уровень), в которых управление производственным процессом выполняется в основном автоматически - с помощью *УВМ*. Диспетчер наблюдает за ходом производственных процессов и лишь в случае необходимости корректирует сигналы управления путем воздействия на программу функционирования *УВМ*.

На большинстве шахт применяются информационно-справочные *СОДУ* и только вновь вводимые в эксплуатацию шахты оборудуются информационно-советующими *СОДУ*, которые еще должны пройти соответствующую апробацию. Одновременно проводятся исследовательские работы по созданию информационно-управляющих *СОДУ*. Эти исследования показывают, что для построения таких *СОДУ* необходимы более совершенные и надежные средства управления производственными объектами шахты и получения достоверной информации об их состоянии и о технологических параметрах процессов. По мере создания этих средств будут разрабатываться и совершенствоваться управляющие системы.

## 12.2. ПОДСИСТЕМЫ АСУТП НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

В настоящее время в АСУТП угольных шахт входят различные подсистемы автоматического сбора и переработки информации, связанные с *УВМ СОДУ*. Наиболее широко применяются подсистемы *АИСТ*, *АСТРА* и *САТУРН*.

Подсистема *АСТРА* (автоматическая система транспорта) предназначена для контроля, учета и анализа работы внутришахтного транспорта (*ВШТ*) [2]. В ней собирается, обрабатывается и представляется диспетчеру информация о работе подземных погрузочных и разгрузочных пунктов, числе груженных и порожних вагонеток на участках в каждый момент времени и число вагонеток с углем, отгруженных каждым участком с начала смены.

Таким образом, подсистема *АСТРА* функционирует на уровне информационно-справочных *СОДУ* и все операции по управлению транспортом выполняет горный диспетчер шахты (или диспетчер *ВШТ*).

Информацию о прохождении вагонетками определенных точек пути получают от датчиков *Д1* *Д6* (рис. 58), образующих

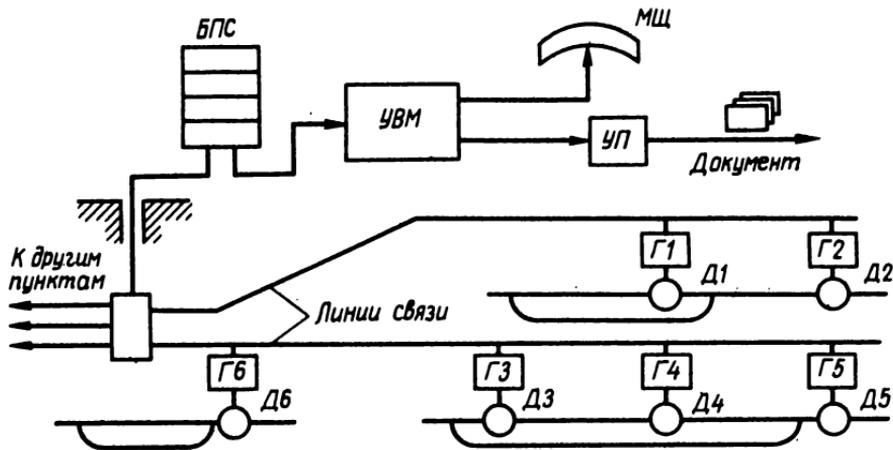


Рис. 58. Функциональная схема подсистемы АСТРА

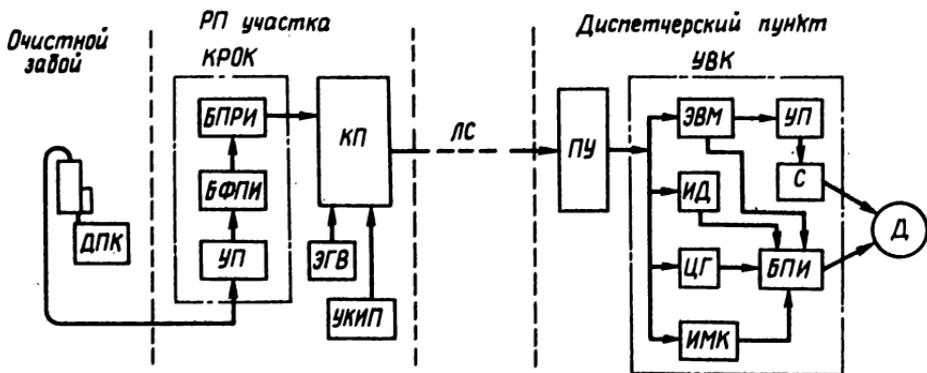


Рис. 59 Функциональная схема подсистемы АИСТ

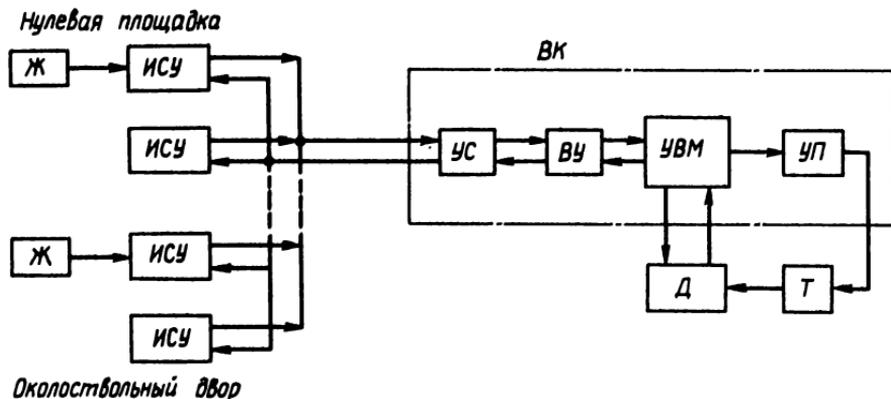


Рис. 60. Функциональная схема подсистемы САТУРН

вместе с блоками приемников сигналов *БПС* устройство формирования информации *УФИ*. Датчик состоит из чувствительного элемента, устанавливаемого на рельсовом пути и реагирующего на прохождение реборды колеса вагонетки, и генератора (*Г1 Г6*), закрепленного на бортах выработки. Наличие двух колесных пар в каждой вагонетке и, следовательно, двух счетных импульсов датчика учитывается устройством формирования информации *УФИ*.

Датчики *Д1 Д6* контролируют не только сам факт прохождения вагонеток, но и направление их движения, что позволяет при подсчете избежать ошибок из-за маневрирования состава и связанного с этим многократного прохождения одних и тех же вагонеток через контролируемую точку пути.

В качестве линии связи используется свободная пара в телефонном кабеле. Информация от *УФИ* поступает на *УВМ* и в обработанном виде - на мнемощит *МЩ* и печатающее устройство *УП*, которое по вызову или автоматически в конце смены выдает сводку о местонахождении составов и оборачиваемости вагонеток.

Подсистема *АИСТ* (автоматическая информационная система технолога) предназначена для централизованного контроля работы основных машин и механизмов. Она выдает диспетчеру следующую информацию: о рабочем или нерабочем состоянии очистной машины, направлении ее движения, скорости и местонахождении в лаве; о подвигании забоя за смену и сутки; о машинном времени очистных работ; о расчетной и фактической добыче угля по каждой лаве и в целом по шахте.

В подсистему *АИСТ* входят следующие группы устройств.

Устройства получения и формирования информации:

комплекс *КРОК* (контроля работы очистного комбайна), состоящий из блоков получения информации *БЛИ* (рис. 59) о включенном состоянии, работе под нагрузкой и перемещении комбайна вдоль забоя с учетом направления движения; блоков формирования и передачи информации *БФПИ* сигналами высокой частоты (16 и 18 кГц) по силовому кабелю низкого напряжения (380, 660 или 1140 В); блоков-приемников *БПРИ*; устройства присоединения *УП* для снятия высокочастотных сигналов с низковольтного силового кабеля. Местонахождение комбайна контролируется датчиком перемещения *ДПК*;

электрогидравлические весы *ЭГВ*, контролирующие интегральную производительность конвейера, т. е. количество добытого на участке угля;

устройство кодирования информации о причинах аварии *УКИП*. Эта информация может вводиться в устройство только определенным ответственным персоналом участка.

Комплекс устройств телемеханики для угольных шахт *УТШ*, который передает информацию от контролируемых объектов очистного забоя на диспетчерский пункт шахты. Комплекс *УТШ* состоит из устройства телемеханики контролируемого пункта

*КП*, располагаемого на участке шахты, и пункта управления *ПУ*, который устанавливается в помещении диспетчера. Сигналы *ТС* и *ТИ* от *КП* к *ПУ* передаются по линии связи *ЛС* в виде свободной пары телефонного кабеля.

Устройство обработки и представления информации представляет собой управляющий вычислительный комплекс *УВК*, в который входят: управляющая *ЭВМ* типа *М6000/АСТВ* с устройством печати *УП* для представления информации диспетчеру *Д* в виде сводок *С*; индикаторы добычи *ИД* и местонахождения комбайна *ИМК*, блок представления информации *БПИ* и циклограф *ЦГ*, который воспроизводит график перемещения комбайна на координатной сетке.

Подсистема *САТУРН* (система автоматического табельного учета рабочих номеров) предназначена для автоматизированного сбора, передачи, хранения, обработки и представления информации о спуске рабочих в шахту и выходе из нее. Эта информация используется для учета лиц, находящихся в шахте, а также для бухгалтерского учета при начислении зарплаты, подсчета производительности труда и др.

Перед спуском в шахту рабочий получает в ламповой одно- временно с индивидуальным светильником металлический жетон со своим табельным номером. Перед проходом к клетки рабочий вставляет этот жетон *Ж* (рис. 60) в приемное окно одного из индукционных считывающих устройств *ИСУ*. Информация о табельном номере поступает в устройство связи *УС* вычислительного комплекса *ВК* и затем во входное устройство *ВУ*, которое переводит табельный номер из десятичного кода в двоичный и направляет его в управляющую вычислительную машину *УВМ*. В *УВМ* проверяется правильность считывания табельного номера и в *ИСУ* посылается сигнал разрешения спуска рабочего в шахту: на панели *ИСУ* загорается надпись "Идите" и снимается блокировка с контрольно-пропускного пункта. После того, как рабочий пройдет турникет, по соответствующему сигналу *УВМ* зафиксировывает время спуска его в шахту.

Аналогично работает подсистема *САТУРН* при выезде рабочего из шахты. Он вставляет жетон *Ж* в приемное окно *ИСУ*, находящегося в околоствольном дворе, и после разрешения проходит турникет. Этот момент времени фиксируется *УВМ*. В конце смены печатающее устройство *УП* выдает информацию в виде пяти таблиц *Т*. Кроме того, по запросу диспетчера *Д* можно получить справку о числе людей в шахте, нахождении или отсутствии в ней определенного рабочего и др.

#### Контрольные вопросы

1. Какие виды АСУ применяются на угольных шахтах?
2. Как классифицируют по уровню СОДУ?
3. Опишите состав и действие подсистемы АСТРА.
4. Расскажите о назначении и устройстве подсистемы АИСТ.
5. Как работает подсистема САТУРН?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Автоматизация процессов подземных горных работ* / Под ред. проф. А.А. Иванова. - К.: Донецк; Вища школа. Головное изд-во, 1987.
2. *Гаврилов П.Д., Гимельштейн Л.Я., Медведев А.Е.* Автоматизация производственных процессов. Учебник для вузов. М.: Недра, 1985.
3. *Мирский М.И.* Горная электротехника: Учеб. для учащихся профессионально-технических училищ. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1990.
4. *Обслуживание и наладка аппаратуры шахтной автоматики: (Справ. пособие)* / Л.Л. Красик, Е.Ф. Лагунович, Г.И. Магилат и др. К.: Тэхника, 1988.
5. *Певзнер Л.Д.* Надежность горного электрооборудования и технических средств шахтной автоматики. - М.: Недра, 1983.
6. *Поспелов Л.П.* Основы автоматизации производства: Учебник для техникумов. - М.: Недра, 1988.
7. *Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах.* М.: Недра, 1986.
8. *Толпежников Л.И.* Автоматическое управление процессами шахт и рудников. Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1985.
9. *Фельдман В.Я., Файнер Л.Б.* Автоматизированные шахтные бурильные установки - буровые роботы. - М.: Недра, 1989.
10. *Цапенко Е.Ф., Мирский М.И., Сухарев О.В.* Горная электротехника / Под ред. Цапенко Е.Ф.: Учебник для техникумов. - М.: Недра, 1986.

# Оглавление

Введение	3
<b>1. Основные понятия автоматике</b>	<b>5</b>
1.1. Общие сведения об автоматизации производственных процессов на горных предприятиях	5
1.2. Основные элементы и классификация систем автоматике	6
1.3. Системы автоматического управления и регулирования	10
1.4. Характеристики систем автоматике и их элементов	13
<b>2. Элементы систем автоматического управления и регулирования</b>	<b>17</b>
2.1. Датчики	17
2.2. Усилители	28
2.3. Стабилизаторы напряжения	35
2.4. Исполнительные элементы	37
2.5. Общие сведения об аппаратуре автоматического контроля технологических параметров, защиты и блокирования	42
2.6. Аппараты контроля температуры и тепловой защиты	43
2.7. Аппараты контроля скорости	45
2.8. Аппараты контроля уровня жидкости и заполнения бункеров	51
2.9. Аппараты контроля положения подвижных частей	53
2.10. Аппараты контроля работы электродвигателей	54
2.11. Аппаратура контроля содержания метана в шахтной атмосфере	56
2.12. Коммутационная аппаратура систем автоматике	59
2.13. Надежность элементов систем автоматике	63
<b>3. Телемеханические, вычислительные и робототехнические устройства и системы</b>	<b>66</b>
3.1. Основные понятия и определения телемеханики	66
3.2. Методы избирания	68
3.3. Логические функции и логические элементы	70
3.4. Унифицированные системы логических элементов и их применение в аппаратуре автоматике	73
3.5. Вычислительные и управляющие электронные машины.	76
3.6. Роботы и манипуляторы	78
<b>4. Автоматизация добычных и проходческих работ</b>	<b>81</b>
4.1. Автоматизация очистных комбайнов и комплексов	81
4.2. Автоматизация управления гидрофицированными крепями	88
4.3. Автоматизация проходческих комбайнов	90
4.4. Автоматизация бурильных установок	92
<b>5. Автоматизация процессов подземного транспорта</b>	<b>95</b>
5.1. Автоматизация конвейерного транспорта	95
5.2. Автоматизация электровозного транспорта	102
5.3. Автоматизация погрузочных и разгрузочных пунктов	107
<b>6. Автоматизация процессов подъема по стволам шахт</b>	<b>110</b>
6.1. Общие сведения	110
6.2. Аппаратура автоматизации управления и контроля	112
6.3. Системы автоматизации подъемных установок	118
<b>7. Автоматизация водоотлива</b>	<b>122</b>
7.1. Общие сведения	122
7.2. Унифицированная аппаратура УАВ для автоматизации водоотливных установок	124
7.3. Перспективы автоматизации водоотливных установок	128
<b>8. Автоматизация процессов проветривания подземных выработок шахт</b>	<b>129</b>
8.1. Автоматизация главных вентиляторных установок	130

8.2. Автоматизация калориферных установок . . . . .	.131
8.3. Автоматизация вентиляторов местного проветривания	.132
8.4. Контроль параметров шахтной атмосферы	.134
9. Автоматизация компрессорных установок . . . . .	.136
9.1. Основные задачи автоматизации систем пневмоснабжения	.136
9.2. Автоматизация компрессорных агрегатов . . . . .	.138
10. Автоматизация установок на поверхности шахт . . . . .	.142
10.1. Задачи автоматизации производственных процессов на поверхности шахт . . . . .	.142
10.2. Аппаратура автоматизации производственных процессов на поверхности шахт . . . . .	.144
11. Автоматизация процессов обогащения . . . . .	.147
11.1. Общие сведения . . . . .	.147
11.2. Аппаратура автоматизации обогатительных фабрик . . . . .	.148
12. Автоматизация управления технологическими процессами и предприятиями горной промышленности . . . . .	.151
12.1. Общие сведения об автоматизированных системах управления	.151
12.2. Подсистемы АСУТП на угольных шахтах . . . . .	.153
Список литературы	.157

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Мирский Марк Ильич

РУДНИЧНАЯ АВТОМАТИКА

Заведующий редакцией *Е.И. Кит*.  
Редактор издательства *Р.С. Яруллина*  
Технические редакторы *Н.А. Зотимова, М.Л. Новикова*  
Корректоры *Г.Г. Большова, С.И. Гринева*  
Операторы *О.В. Сорина, Н.В. Селиверстова*  
ИБ № 8254

---

Подписано в печать с репродуцированного оригинал-макета 21.12.90  
Формат 60×88 $\frac{1}{16}$ . Бум. офсетная №2. Гарнитура "Пресс-роман".  
Печать офсетная. Усл.-печ.л. 9,8. Усл. кр:-отт. 10,05. Уч.-изд.л. 11,0.  
Тираж 1330 экз. Зак. № 1339 /2204-1.  
Набор выполнен на наборно-пишущей машине.

---

Издательство "Недра".  
125047 Москва, Тверская застава, 3.

Московская типография № 9 НПО "Всесоюзная книжная палата"  
Министерство печати и информации Российской Федерации.  
109033 Москва, Волочаевская ул., 40