

А. Н. АЛЕКСАНДРОВСКАЯ

АВТОМАТИКА

Учебник

Рекомендовано

*Федеральным государственным учреждением
«Федеральный институт развития образования»
в качестве учебника для использования в учебном
процессе образовательных учреждений, реализующих
программы среднего профессионального образования
по специальности «Техническая эксплуатация и обслуживание
электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)»*

Регистрационный номер рецензии 435 от 28 ноября 2010 г. ФГУ «ФИРО»

3-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2014

УДК 681.5(075.32)
ББК 32.965я723
А467

Рецензенты:

зам. директора по учебно-экспериментальной и научно-исследовательской работе
ГОУ СПО «Московский политехнический колледж»,
преподаватель высшей категории, канд. техн. наук *С.А.Петрова*

Александровская А.Н.

А467 Автоматика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / А.Н.Александровская. — 3-е изд., стер — М. : «Издательский центр «Академия», 2014. — 256 с.
ISBN 978-5-4468-0826-7

Учебник может быть использован при освоении профессионального модуля ПМ.01 «Организация технического обслуживания и ремонта электрического и электромеханического оборудования (МДК.01.01-01.04)» по специальности 140448 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования».

Приведены сведения о роли автоматики в современной технике и технологии, показаны тенденции развития и социально-экономические аспекты автоматизации производства. Рассмотрены общие характеристики и принципы действия основных элементов автоматики. Подробно описаны различные системы автоматики и телемеханики. Изложены основы автоматизации различных технологических процессов и функционирования различного электрического и электромеханического оборудования. Показано применение цифровых систем, использующих ЭВМ в автоматических манипуляторах, а также в системах телемеханики и передачи данных. Особое внимание уделено конструкциям промышленных роботов и применению робототехнических систем.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

УДК 681.5(075.32)
ББК 32.965я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение
любым способом без согласия правообладателя запрещается*

ISBN 978-5-4468-0826-7

- © Александровская А.Н., 2011
- © Образовательно-издательский центр «Академия», 2011
- © Оформление. Издательский центр «академия», 2011

Современный уровень развития науки и техники стал возможен благодаря отвоевыванию у природы все большего количества тайн устройства окружающего нас мира. Потребности развития сначала продовольственной базы, а затем и других отраслей хозяйства привели к созданию механизмов и машин, облегчающих труд человека.

Первоначально единственной управляющей системой этих механизмов и машин являлся сам человек, который направлял их работу в нужном ему направлении и контролировал достигнутые результаты. При этом ему приходилось выполнять много рутинных операций, которые быстро его утомляли и приводили к срыву выполнения заданий производства. Возникла необходимость автоматизации этих рутинных операций, а значит и необходимость познания закономерностей процессов управления. В результате их познания и появились «умные» машины и агрегаты, называемые *автоматами*, а наука о создании таких автоматов получила название *автоматика*.

Создание автоматических устройств требует развития всех элементов, входящих в состав этой автоматизированной системы управления:

- датчиков состояния окружающей среды и происходящих процессов;
- приборов, вырабатывающих управляющее воздействие;
- исполнительных элементов, реализующих управляющее воздействие.

В зависимости от назначения автоматизированные системы управления имеют дело с микро- и макромиром. Соответственно и датчики должны отражать явления, происходящие в этих мирах.

В настоящее время начали стремительно развиваться нанотехнологии, позволяющие значительно повысить качество и возможности создаваемой техники. Технологические процессы в этом случае имеют дело с манипуляциями молекулами и атомами, расставляя их в нужные места для получения необходимых свойств материалов, из

которых создаются новые машины и аппараты. Датчики таких автоматических систем должны различать молекулы различных веществ и чувствовать состояние составляющих их атомов.

В макром мире датчики, как правило, измеряют температуру, давление и влажность окружающей среды, состав окружающих газов и жидкостей, размеры и свойства различных твердых тел.

Процесс познания природы человеком идет непрерывно, и каждый новый уровень этого познания требует создания все более совершенных датчиков. Некоторые датчики необходимы для работы в условиях, недоступных или вредных для существования человека. Например, прежде чем отправить человека в космос, необходимо изучить условия, в которых будет находиться человек. Эту задачу решают автоматические межпланетные станции, снабженные соответствующими датчиками и системами передачи данных на Землю.

Управляющие элементы автоматических систем за последнее время претерпели значительное изменение : от механических и аналоговых вычислителей до цифровых высокоскоростных вычислительных машин, способных с большой точностью и в реальном масштабе времени моделировать требуемые технологические процессы. Стало возможным создание виртуальных объектов управления, например тренажеров для обучения летчиков и космонавтов.

Прогресс в области промышленной электроники, электромагнитной техники predetermined пути развития электроавтоматики. В сочетании с вычислительной техникой и современными достижениями в теории автоматического управления стало возможным создание автоматизированных систем управления предприятиями (АСУП), отраслями (ОАСУ), широкое применение промышленных роботов и гибких автоматизированных производственных систем.

Исполнительные элементы автоматических систем управления (электродвигатели, сельсины, контакторы, гидравлические системы и т. д.) за последние 20 лет также претерпели значительные изменения. Электродвигатели и сельсины становятся малозергоемкими и высокоточными, контакторы заменяются сильноточными транзисторами и микросхемами. Появление сверхпроводимых материалов, работающих при обычных температурах и давлениях, приводит к дальнейшим коренным изменениям в конструкциях исполнительных механизмов автоматов.

В развитие автоматики вложен труд многих отечественных и зарубежных ученых.

С именем М. В. Ломоносова связано начало развития приборостроения. Он вместе с академиком Г. В. Рихманом впервые в мире

построил электрический измерительный прибор со шкалой. М. В. Ломоносов доказал, что «электричество взвешено быть может».

Автоматический регулятор, принцип действия которого лежит в основе всех современных регуляторов, был разработан и испытан в 1765 г. И. И. Ползуновым.

Академик Б. С. Якоби создал электродвигатель и синхронную передачу (1834 г.). В 1874 г. В. Н. Чиколевым был разработан электрический регулятор со следящей системой. Профессор Петербургского технологического института И. А. Вышнеградский в 1877 г. заложил основы теории автоматического регулирования.

Создание автоматических участков, цехов и заводов с широким использованием ЭВМ, автоматических систем управления производством, систем управления качеством, гибких роботизированных комплексов привело к комплексной автоматизации производственных процессов.

Интенсивное развитие автоматики вызвало необходимость выделения ее в самостоятельную область науки и техники. Это было осуществлено в 1930 г. на Второй международной энергетической конференции.

Каким бы коренным изменениям не подвергались элементы автоматических систем, основным управляющим звеном систем управления всегда был и остается человек. Автоматы лишь позволяют ему легче, быстрее и точнее добиваться поставленных целей. В производственных процессах участие человека минимально, но контроль правильности работы автоматов все равно остается за ним.

Чем сложнее автоматическое устройство, тем образованнее должны быть специалисты, контролирующие его работу. Если человек не понимает, как работает автомат, он не сможет принять правильного решения в случае появления сбоев в его работе.

В России теоретическим и практическим вопросам автоматики придается большое значение. Создан ряд научно-исследовательских институтов в составе Российской академии наук (РАН), разрабатывающих теоретические и прикладные вопросы автоматики, а также институты, конструкторские бюро и объединения в составе отраслей промышленности, разрабатывающих прикладные вопросы автоматизации производства.

Все большее применение находит автоматика на коммунально-бытовых предприятиях и объектах жилищно-гражданского строительства. Полностью автоматизированы различного назначения насосные станции и тепловые пункты, широкое распространение получила объединенная диспетчерская служба (ОДС), контролиру-

щая состояние инженерного оборудования зданий и работу лифтов.

Область применения автоматизации и механизации безгранична. Автоматика постепенно охватывает все отрасли хозяйства.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС КАК ОБЪЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ АВТОМАТИКИ

Автоматика — отрасль науки и техники об управлении и контроле протекания различных процессов, действующих без непосредственного участия человека.

Автоматика является одним из разделов кибернетики — науки об общих законах управления как в живой, так и неживой природе. *Управление* — это процесс воздействия на объект с целью привести его в желаемое состояние или положение.

Задачей автоматики как науки является разработка принципов и средств, необходимых для управления техническими объектами без участия человека. Технический объект (станок, двигатель, летательный аппарат, поточная линия, цех, завод и т.д.), нуждающийся для успешного взаимодействия с другими объектами (внешней средой) в специально организованном *управляющем воздействии*, называется *объектом управления (ОУ)*.

Целенаправленное воздействие на объект управления возможно при выполнении следующих условий:

- наличия правил, позволяющих добиваться поставленной цели управления в различных ситуациях, т.е. *алгоритма управления*;
- существования *автоматического управляющего устройства (АУУ)*, способного создавать в соответствии с алгоритмом управляющее воздействие.

Совокупность объекта управления и автоматического управляющего устройства, взаимодействие которых приводит к выполнению поставленной цели управления, называется *системой автоматического управления (САУ)*.

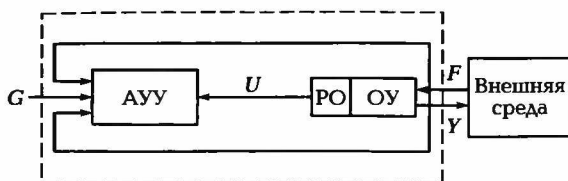


Рис. 1.1. Структурная схема САУ

В общем виде САУ и ее взаимодействие с внешней средой можно представить в виде структурной схемы, показанной на рис. 1.1. Объект управления создает воздействие Y на внешнюю среду. Воздействие Y характеризует желаемое состояние или положение ОУ и называется *управляемой величиной*. Информация о действительном (текущем) значении управляемой величины Y в большинстве САУ используется для выработки управляющего воздействия U на ОУ, поэтому информация о Y вводится в АУУ. Воздействие ОУ на внешнюю среду может осуществляться комплексно (одновременно по нескольким параметрам). В этом случае оно будет векторной величиной Y .

Со стороны внешней среды на ОУ действует *возмущающее воздействие* F , нарушающее нормальную работу объекта и затрудняющее достижение поставленной цели управления. В некоторых САУ информация о возмущающем воздействии F используется в АУУ для выработки управляющего воздействия U .

На вход АУУ подается *задающее воздействие* G , содержащее информацию о цели управления, т. е. о предписанном (заданном) значении Y . Воздействия U , G , F , так же как и Y , в общем случае могут быть векторными. В показанной на рис. 1.1 схеме САУ управляющее воздействие U вырабатывается в результате переработки информации об управляемой величине Y , задающем воздействии G и возмущающем воздействии F . Возможно построение САУ, использующих только часть информации. Существуют САУ, управляющие только по задающему воздействию G , представляющему в этом случае команды программы. Такое управление называется *жестким*, так как при этом не учитываются действительные значения управляемой величины Y и возмущающего воздействия F (параметры САУ и значение F считаются постоянными). Подобные САУ дают удовлетворительное качество управления лишь при высокой стабильности параметров САУ и внешней среды и при невысоких требованиях к точности. По структуре эти САУ являются *разомкнутыми*, так как не имеют обратной связи по управляемому параметру Y и не образуют замкнутого контура управления. Существуют разомкнутые САУ, управляющие только по возмущающему воздействию F или по двум воздействиям: задающему G и возмущающему F .

Более высокое качество управления позволяют получить замкнутые САУ, в которых используется информация об управляемой величине Y и задающем воздействии G . Управляющее воздействие U в этих САУ вырабатывается в зависимости от отклонения Y от значения G и независимо от причин, вызвавших это отклонение. Такое управление может быть названо *гибким*, так как при этом учитывается действительное состояние ОУ. Информация об Y передается в АУУ, образуя контур главной обратной связи (сигнал с выхода системы подается на вход).

Системы автоматического управления, в которых используется информация одновременно о трех воздействиях: G , Y и F , называются *комбинированными*. Комбинированные САУ имеют более высокое качество управления, чем системы, работающие только по отклонению, так как информация о значении возмущающего воздействия F позволяет АУУ работать с предвидением, т. е. начинать компенсацию внешнего возмущения, нарушающего нормальную работу ОУ, раньше, чем возникнет достаточно большое отклонение.

Еще более совершенными по качеству управления являются *адаптивные* САУ. Они обладают способностью приспосабливаться к изменению внешних условий работы, улучшать свою работу по мере накопления опыта. Адаптивные САУ используются для управления объектами, информация о которых не является полной либо недостаточно достоверна, а взаимодействие ОУ с внешней средой неоднозначно или мало изучено.

Автоматическое управляющее устройство состоит из отдельных элементов, соединенных определенным образом для выработки управляющего воздействия U . Элемент является функционально обособленной составной частью АУУ, выполняющей часть общей задачи по переработке информации. Элементы систем автоматики отличаются однонаправленностью потока информации со входа на выход. В энергетическом отношении каждый элемент является преобразователем энергии.

В сложных САУ (система управления посадкой самолета, система управления адаптивным роботом-манипулятором и т. д.) информация о действительном значении управляемой величины вводится в вычислительное устройство (ВУ). Это устройство должно воспринимать информацию от нескольких датчиков, находить оптимальное сочетание параметров и вырабатывать одновременно несколько управляющих воздействий. В этом случае в качестве ВУ используются микропроцессоры, микроЭВМ и мини-ЭВМ, управляющие цифровые вычислительные машины [ЦВМ] и т. д. Комплексная автомати-

зация производства, создание автоматизированных систем управления производством (АСУП) возможны только на основе ЭВМ.

Создание систем *гибкого автоматизированного производства* (ГАП) требует применения целых вычислительных комплексов, так как в единый процесс включаются все этапы создания нового изделия: проектирование, технологическая подготовка производства, изготовление и контроль, автоматическое управление вспомогательными операциями (складирование, транспортировка и т. д.).

1.2. ПОНЯТИЕ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

В развитом обществе автоматизация производства закономерна. Она является одним из средств уничтожения существенного различия между умственным и физическим трудом.

Средства автоматики и телемеханики заменяют труд человека при контроле производственных процессов и управлении ими. Рассмотрим пример поддержания постоянной заданной температуры в помещении. Для выполнения этой задачи без применения автоматики, человек должен, во-первых, наблюдать за показаниями термометра, во-вторых, сравнивать эти показания с заданной температурой и, в-третьих, в случае разности между заданной и наблюдаемой величинами изменять температуру нагревателя таким образом, чтобы эта разность стала равной нулю. Таким образом, человек выполняет здесь следующие функции:

- контроль температуры;
- сравнение ее с заданным значением;
- управление температурой. Автоматическое устройство призвано заменить утомительный труд человека по постоянному наблюдению и регулированию температуры. Поэтому структура его выглядит так, как это представлено на рис. 1.2.

Датчик (измерительный орган) измеряет величину, подлежащую регулированию в данном объекте, и преобразует ее в величину другого вида, более удобную для воздействия на управляющий орган. Управляющий орган воспринимает это воздействие, сравнивая его с заданным значением величины, и при наличии расхождения передает соответствующее воздействие на исполнительный орган, который и восстанавливает заданное значение регулируемой величины.



Рис. 1.2. Структура системы автоматического регулирования

В приведенном примере при неавтоматическом регулировании объектом является комната, регулируемой величиной — температура, датчиком — термометр, исполнительным органом — нагреватель, а функцию управляющего органа выполняет человек.

Автоматизация — процесс, при котором функции управления и контроля осуществляются методами и средствами автоматики. Она характеризует освобождение человека от непосредственного выполнения функций управления производственными процессами и передачей этих функций автоматическим устройствам.

Техническая направленность автоматизации позволяет организовать технологические процессы с такой скоростью, точностью, надежностью и экономичностью, которые человек обеспечить не может.

Экономическая направленность позволяет получить сравнительно быструю окупаемость первоначальных затрат за счет снижения эксплуатационных расходов и повышения объема и качества выпускаемой продукции.

Социальная направленность позволяет изменить характер и улучшить условия труда человека.

1.3. КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПО ВЫПОЛНЯЕМЫМ ФУНКЦИЯМ

По степени автоматизации производства различают частичную, комплексную и полную автоматизацию.

Частичная автоматизация — это автоматическое выполнение отдельных производственных операций, осуществляемое в тех случаях, когда определенные производственные процессы вследствие своей сложности или быстродействия невыполнимы для человека.

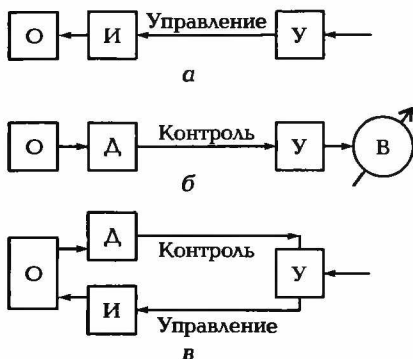


Рис. 1.3. Системы автоматизации:

а — система автоматического управления (разомкнутая); б — система автоматического регулирования (замкнутая система автоматического управления); О — объект; Д — датчик; У — управляющий орган; И — исполнительный орган; В — воспроизводящий орган

Функции человека сводятся к участию в производственных операциях, контроле и управлении.

Комплексная автоматизация — это автоматическое выполнение всех производственных операций участка, цеха, завода, электростанции и других объектов как единого взаимосвязанного комплекса. Функции человека при комплексной автоматизации ограничиваются контролем и общим управлением. При комплексной автоматизации отдельные автоматические регуляторы и программные устройства должны быть связаны между собой и образовывать единую систему управления.

Полная автоматизация — высшая ступень, при которой автоматизируются все основные и вспомогательные участки производства, включая систему управления и контроля. Управление и контроль автоматизируются с помощью вычислительных машин или специализированных автоматических устройств. Функции человека при полной автоматизации сводятся к наблюдению за работой оборудования и устранению возникающих неисправностей.

В зависимости от выполняемых функций автоматизация классифицируется таким образом, как это представлено на рис. 1.3: управление, контроль, сигнализация, блокировка, защита, регулирование.

Управление — это совокупность действий, направленных на поддержание функционирования объекта в соответствии с заданной программой, выполняемых на основе определенной информации о значениях параметров управляемого процесса.

Любой процесс управления в каждый момент времени характеризуется одним или несколькими показателями, которые отражают физическое состояние управляемого объекта (температура, скорость, давление, электрическое напряжение, ток, электромагнитное поле и т. д.). Эти показатели могут изменяться или оставаться посто-

янными при изменении внешних условий и режимов работы управляемого устройства. Такие показатели называются параметрами управляемого процесса. С точки зрения автоматизации производства управление подразделяется на автоматическое и полуавтоматическое.

При *автоматическом* управлении подача команд на управляемый объект осуществляется от специальных устройств либо по заданной программе, либо на основании информации контролируемых параметров.

При *полуавтоматическом* управлении контроль работы управляемого объекта и подача команд осуществляются частично оператором. Полуавтоматическое управление может быть местным и дистанционным. При местном управлении аппараты управления и контроля размещаются рядом с объектом, при дистанционном — на любом расстоянии от объекта.

Автоматический контроль — автоматическое получение и обработка информации о значениях контролируемых параметров объекта с целью выявления необходимости управляющего воздействия. Автоматический контроль можно рассматривать как составную часть автоматического управления.

Контроль может быть непрерывным и дискретным, местным и дистанционным.

Непрерывный контроль — это контроль, при котором контролируемые параметры постоянно сопоставляются с заданными значениями.

Дискретный контроль — это контроль, при котором сопоставление параметров осуществляется периодически.

Местный контроль — это контроль, при котором наблюдение за состоянием параметров осуществляется непосредственно у объекта, при *дистанционном* контроле наблюдение за состоянием параметров осуществляется на расстоянии от объекта.

Сигнализация — это преобразование информации о функционировании контролируемого объекта (о значении характерных параметров) в условный сигнал, понятный дежурному или обслуживающему персоналу.

Сигнализация подразделяется на технологическую и аварийную.

Технологическая сигнализация извещает персонал о ходе процесса при возможных допустимых отклонениях контролируемых параметров. Извещение может быть в виде световых сигналов (загорание или мигание ламп, табло, и т. д.), а также сочетания световых и звуковых сигналов.

Аварийная сигнализация извещает об отклонениях контролируемых параметров технологического процесса за допустимые пределы и необходимость вмешательства персонала. Обычно она выполняется в виде световых и звуковых сигналов.

Блокировка — это фиксация механизмов, устройств в определенном состоянии в процессе их работы. Блокировка позволяет сохранить механизм, устройство в фиксированном положении после получения внешнего воздействия. Блокировка повышает безопасность обслуживания и надежность работы оборудования, обеспечивает требуемую последовательность включения механизмов, устройств, а также ограничивает перемещение механизмов в пределах рабочей зоны.

Автоматическая защита — это совокупность методов и средств, прекращающих процесс при возникновении отклонений за допустимые значения контролируемых параметров. В ряде случаев устройства защиты одновременно выполняют функции управления.

Автоматическое регулирование — это автоматическое обеспечение заданных значений параметров, определяющих требуемое протекание управляемого процесса в соответствии с установленной программой. Автоматическое регулирование можно рассматривать как составную часть автоматического управления.

Параметры управляемого процесса, подлежащие заданным изменениям или стабилизации, называются регулируемыми параметрами.

Устройство, которое обеспечивает автоматическое поддержание заданного значения, регулируемого в управляемом объекте, или его изменения по определенному закону, называется *регулятором*.

Совокупность объекта регулирования и автоматического регулятора называется системой автоматического регулирования (САР).

В системе автоматического регулирования различают прямую и обратную связь.

Прямая связь — это воздействие каждого предыдущего элемента регулятора на последующий.

Обратная связь — это воздействие одного из последующих элементов регулятора на предыдущий.

Обратная связь может быть положительной и отрицательной. При положительной связи — направление ее воздействия совпадает с направлением воздействия предыдущего элемента на последующий, а при отрицательной — в противоположном направлении.

1.4. ПОНЯТИЕ О ТЕЛЕМЕХАНИКЕ

Если в системе автоматики расстояние между объектом контроля и регулирования и пунктом управления становится таким большим, что необходимо применять специальные технические средства, то системы автоматики преобразуются в системы телемеханики.

Телемеханика — это отрасль технических наук, исследующая комплекс вопросов, связанных с управлением на расстоянии и контролем состояния подвижных и неподвижных объектов. Приставка происходит от греческого слова «теле» (далеко) и характеризует передачу сигналов на расстояние.

Развитие производства и его автоматизация выявили необходимость передачи на расстояние сигналов, связанных с функциями контроля и управления, и термин «телемеханика» был присвоен технике передачи именно этих сигналов. Телемеханика неразрывно связана с автоматикой и является ее продолжением на более высокой ступени развития. Развитие энергосистем, связывающих вместе ряд электростанций и подстанций, разделенных расстояниями в тысячи километров, невозможно без средств телемеханики, приведенных на рис. 1.4.

С развитием радиорелейных линий связи исключительно важное значение приобретают системы радиотелеуправления и радиотелеконтроля. Весьма эффективно применение телемеханики в коммунальном хозяйстве. Водопровод, канализация, газификация, тепло-

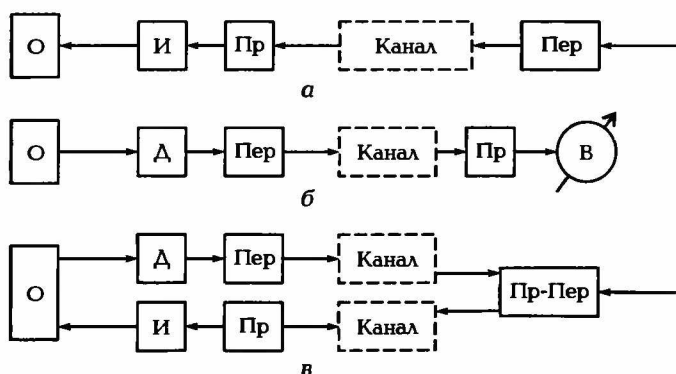


Рис. 1.4. Средства телемеханики:

а — система телеуправления (разомкнутая); б — система телеконтроля; в — система телерегулирования (замкнутая система телеуправления); О — объект; Д — датчик; И — исполнительный орган; Пр — приемник; Пер — передатчик; Пр-Пер — приемно-передающее устройство; В — воспроизводящий орган

снабжение, городской транспорт, наружное освещение — все эти объекты городов, оборудованные телемеханическими устройствами, — дают большую экономию и повышают оперативность в работе.

К основным понятиям телемеханики относятся:

- телемеханическая система;
- телеуправление;
- телеконтроль;
- канал связи.

Телемеханической системой называется система, обеспечивающая управление на расстоянии и контроль состояния подвижных и неподвижных объектов. Телемеханическая система состоит из двух основных частей: системы телеуправления и системы телеконтроля.

Система *телеуправления* представляет собой совокупность устройств, обеспечивающих передачу на расстояние различных команд путем послыки специальных сигналов, которые в месте их приема преобразуются в необходимые воздействия на различные цепи управляемых объектов.

Система *телеконтроля* осуществляет передачу на расстояние и прием информации о состоянии объекта или происходящих в нем процессах путем послыки специальных сигналов от этого объекта на пункт приема информации. Передача сигналов на расстояние в системах телеуправления и телеконтроля производится по каналам связи.

Канал связи образуется устройством, передающим информацию (энергию), устройством, воспринимающим эту информацию, и физической средой, через которую происходит передача данного вида энергии (информации).

В зависимости от вида энергии, передаваемой на расстояние, и диапазона частот используемых колебаний различают каналы связи:

- электрические;
- оптические;
- акустические.

По своей конструкции каналы связи подразделяются на проводной и радиоканал.

Проводной канал связи образуется двумя проводами или системой провод — земля.

Радиоканал связи образуется путем использования радиопередающего устройства, работающего на определенной несущей частоте, и радиоприемного устройства, настроенного на ту же несущую

частоту. В радиоканале связи для передачи информации используется модуляция одного из параметров несущей частоты — амплитуды, частоты, фазы — или нескольких параметров одновременно.

Модуляция — это преобразование электрических сигналов, несущих определенную информацию, в изменение параметров колебательного процесса высокой частоты. Модуляция осуществляется в передающем устройстве. В приемном устройстве высокочастотные колебания демодулируются.

Пропускная способность канала связи определяется объемом информации, передаваемой в единицу времени, и зависит от полосы пропускаемых частот и соотношения мощностей сигнала и помехи на входе приемного устройства.

1.5. ПОНЯТИЕ О КИБЕРНЕТИКЕ

Кибернетикой называют науку об общих закономерностях процессов управления и передачи информации в машинах, живых организмах и их объединениях. Термин «кибернетика» происходит от греческого слова «кибернетес», что означает рулевой.

Современная кибернетика объединяет ряд самостоятельных научных направлений, например:

- теория информации;
- теория программирования;
- теория систем управления.

Теория информации изучает способы восприятия, преобразования и передачи информации. Информация передается и воспринимается с помощью сигналов — физических процессов, у которых определенные параметры находятся в соответствии с передаваемой информацией. Установление такого соответствия называется *кодированием*. Кодирование — это основной способ передачи информации различного содержания по каналу, когда имеются помехи или когда система содержит цифровое вычислительное устройство.

Теория программирования занимается изучением и разработкой методов переработки и использования информации для управления. Информационный метод позволяет программировать работу любой системы управления путем переработки информации по определенному правилу, называемому алгоритмом.

Теория систем управления изучает структуру и принципы построения таких систем, их связи с другими управляемыми системами и с возможной реакцией на внешнее воздействие.

Термин «информация» происходит от лат. information, что означает разъяснение, изложение. Информация несет в себе широкое понятие и используется для объяснения сущности разнообразных явлений и процессов. В жизни человека информация всегда играла важную роль, однако с середины XX в. в результате социального прогресса и стремительного развития науки и техники роль информации значительно выросла. Сейчас понятие информации предусматривает обмен сведениями между человеком и человеком, человеком и автоматом, автоматом и автоматом. Широкое использование информации вызвало необходимость в ее исследовании, что привело к созданию теории информации — самостоятельного раздела кибернетики, и разработке математического аппарата, отражающего основные свойства информации. Определилась и получила всеобщее признание количественная мера информации. За единицу информации принимается количество информации, содержащееся в случайной величине, принимающей с равной вероятностью два различных значения (например, 0 и 1). Эта единица информации называется двоичной единицей и носит наименование «бит» (сокращение bit от англ. binary digit — двоичная цифра).

Измерение информации в двоичных единицах особенно удобно для применения в различных областях техники, так как в системах, хранящих и перерабатывающих информацию, проще всего оперировать величинами, выраженными в двоичной системе счисления, а одна двоичная единица есть как раз количество информации, необходимое для указания одной двоичной цифры. Информация, представленная в двоичных единицах, нашла широкое применение



Рис. 1.5. Последовательность передачи информации в системе автоматического управления

в различных областях техники: в связи, вычислительных машинах, системах управления технологическими процессами.

Управление технологическими процессами (объектом) основывается на информации о параметрах, которые их характеризуют (давление, температура, скорость и т. д.), значения этих параметров заранее неизвестны и непостоянны во времени. Информация о параметрах собирается с помощью датчиков и передается непосредственно или после некоторой обработки в управляющее устройство, вырабатывающее команды на основании программы управления, которые воздействуют на объект управления через исполнительные органы. Между блоками, приведенными в структурной схеме автоматического управления (рис. 1.5), а также внутри каждого из блоков происходит процесс передачи информации.

Таким образом, в системе автоматического управления могут происходить процессы сбора, передачи, обработки и хранения информации. Информация может быть дискретной или непрерывной.

Дискретность (прерывистость) информации, как правило, связана с характером отдельных параметров процесса (например, двигатель включен или выключен), либо с необходимостью иметь грубое представление о том или ином параметре (например, «напряжение в пределах нормы» и «за пределами нормы»).

Непрерывное получение и передача информации, различной по характеру и объему, диктуется требованиями управляемого процесса и определяется возможностью ее передачи, т. е. пропускной способностью канала связи.

Для передачи информации по каналу связи ее следует преобразовать в условные сигналы (систему символов) — *код*. Однако даже кодируемая информация может быть искажена помехами, наводимыми в канале связи. Для исключения этого явления строят помехоустойчивый код путем введения в него проверочных сигналов.

В автоматическом управлении передаваемая информация кодируется посредством набора комбинаций из электрических импульсов и пауз между ними, что эквивалентно изображению значений кодируемой непрерывной величины в виде двоичных чисел. Типичным примером такого кода является код Морзе. В коде Морзе для обозначения букв, цифр, знаков препинания и различных специальных сигналов используют комбинацию электрических импульсов и пауз между ними (точек и тире). Кодовому символу «точка» (•) соответствует сигнал из импульса тока и паузы одинаковой длительности; кодовому символу «тире» (—) соответствует сигнал из импульса тока тройной длительности и паузы. Кодовые комбинации отделяются друг от друга разделительным знаком — двойной паузой.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Определите задачи автоматизации как отрасли науки.
2. Что называется объектом управления?
3. При каких условиях возможно целенаправленное воздействие на технический объект (объект управления)?
4. Что понимается под управляющим, возмущающим, задающим воздействиями?
5. В чем состоит различие разомкнутой и замкнутой систем автоматического управления (САУ)?
6. Что такое обратная связь?
7. Дайте определение жесткого, гибкого, адаптивного автоматического управления.
8. Перечислите и охарактеризуйте основные элементы системы управления.
9. Дайте характеристику процесса автоматизации.
10. В чем заключается различие технической, экономической и социальной направленности автоматизации?
11. Дайте краткую характеристику степеней автоматизации производства.
12. Перечислите виды автоматизации по выполняемым функциям.
13. Дайте краткую характеристику понятий «телемеханика», «кибернетика», «информация».

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИКИ

2.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕМЕНТАХ АВТОМАТИКИ

Системы автоматике состоят из ряда связанных между собой элементов, выполняющих определенные функции и обеспечивающих в комплексе весь процесс управления: получение первичной информации, усиление сигналов информации и преобразование их в управляющие сигналы, воздействие на исполнительные механизмы.

В соответствии с выполняемыми функциями все элементы, составляющие автоматические системы, классифицируются на три самостоятельные группы:

- *измерительная*, представляющая собой различного типа датчики, информирующие о достижении определенного значения контролируемого параметра;
- *преобразовательная*, служащая для усиления информационного сигнала и преобразования его в другой, удобный для управления;
- *исполнительная*, включающая в себя комплекс механизмов, непосредственно осуществляющих управление.

Все элементы любой группы имеют вход и выход. На вход поступает информация, форма которой преобразуется в другую, необходимую для дальнейшего движения и воздействия. Входная величина элемента обозначается через X , а выходная — через Y .

Входной величиной элемента могут быть мгновенные значения физических величин (скорости, ускорения, давления, температуры, перемещения, освещенности, тока, напряжения и т. д.), амплитудные значения синусоидальных или импульсных электрических величин (тока или напряжения), частота физических величин и т. д.

Выходной величиной может быть электрический сигнал, отличающийся по величине и характеру. Входную величину обычно называют *входным сигналом*, а выходную — *выходным сигналом*

2.2. СТАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИКИ

Режим работы элемента (системы) при постоянных во времени входной и выходной величинах называют *установившимся* или *статическим режимом*. В установившемся режиме

$$X(t) = \text{const}; Y(t) = \text{const}.$$

Элемент представляет собой самостоятельное конструктивное исполнение, выполняющее определенные функции. Элементом может быть, например, резистор, конденсатор, трансформатор и т. д. Элементы могут отличаться друг от друга физической природой, принципом действия, схемой включения, конструкцией и т. д.

Все элементы автоматики различают по физическим основам их действия (свойствам). Свойства элемента определяются рядом характеристик и параметров. Под характеристикой понимают зависимость одной величины от другой, а под параметром — величину, характеризующую некоторое существенное свойство элемента.

Статические характеристики и параметры. Функциональная зависимость выходной величины Y от входной X , выраженная математически или графически, называется *статической характеристикой элемента* $Y = f(X)$.

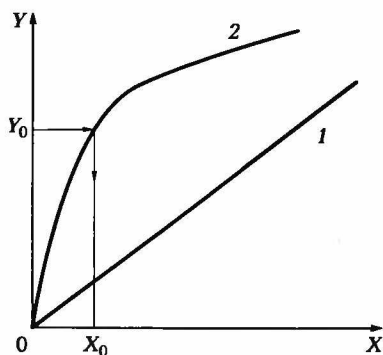


Рис. 2.1. Линейная [1] и нелинейная [2] характеристики элементов

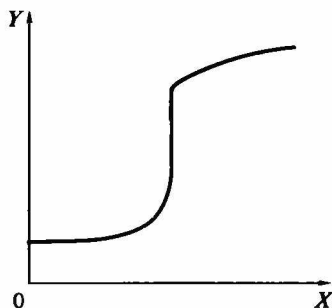


Рис. 2.2. Скачкообразная характеристика реле

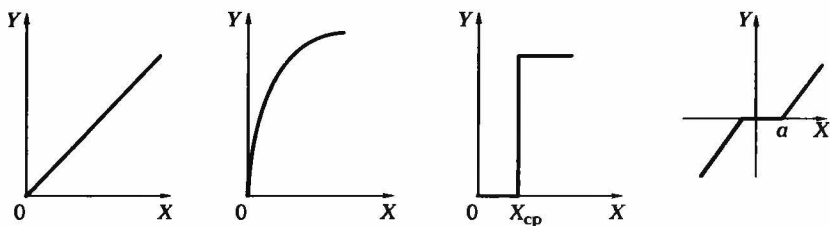


Рис. 2.3. Статические характеристики элементов автоматики

Элементы, имеющие не зависящие от времени параметры и линейные статические характеристики, называются *линейными*, а имеющие нелинейные характеристики — *нелинейными*. По статической характеристике можно определить вид элемента (датчик, реле).

Так, например, если статическая характеристика элемента непрерывна, т. е. величина Y находится в определенной непрерывной зависимости от величины X (рис. 2.1), то такой элемент называют *источником первичной информации*, или *датчиком*.

Если статическая характеристика элемента изменяется скачком, т. е. практически осуществляется включение или отключение при достижении входной величиной X определенных, заранее установленных значений, то такой элемент называется *реле* (рис. 2.2).

В зависимости от природы контролируемой входной величины X реле называются *электрическими*, *тепловыми*, *оптическими*. По наименованию входной величины X реле имеет уточняющий термин: *реле уровня*, *реле скорости*, *реле тока*, *реле напряжения* и т. д.

Как датчики, так и реле являются основными элементами автоматики. Они входят в состав воспринимающих блоков (устройств) в качестве основных и обязательных элементов. Их используют также и в промежуточных, и в исполнительных блоках автоматических систем (рис. 2.3). Элементы для конкретных автоматических систем выбирают по ряду параметров, их характеризующих: коэффициенту передачи, порогу чувствительности, погрешности.

Коэффициент передачи элемента. Коэффициент передачи элемента представляет собой отношение выходной величины элемента Y к входной величине X :

$$K = Y/X.$$

У элементов с линейной статической характеристикой коэффициент передачи — величина постоянная, а у элементов с нелинейной — переменная, зависящая от X .

Если входная и выходная величины элемента имеют одинаковую физическую природу, т. е. одинаковые размерности, то коэффициент передачи размерности не имеет и его называют *коэффициентом усиления*.

При разных размерностях входной и выходной величин коэффициент передачи элемента имеет размерность. Применительно к датчику коэффициент передачи называют также *чувствительностью*. Чем больше K , тем больше выходной сигнал элемента при том же изменении входной величины и тем меньше нужно будет усиливать выходной сигнал до требуемого значения.

Порог чувствительности. Это наименьшее (по абсолютному значению) значение входного сигнала, способное вызвать изменение выходного сигнала. Интервал между значением входного сигнала, не оказывающего воздействия на значение выходного сигнала, и значением входного сигнала, оказывающего воздействие на значение выходного сигнала, называется *зоной нечувствительности* ΔX_n . Чем больше ΔX_n , тем хуже элемент. Например, у электродвигателя порог чувствительности равен напряжению трогания двигателя.

Погрешность элемента. Эта погрешность появляется из-за неточной тарировки или градуировки (вследствие разброса параметров) элементов в процессе их изготовления (в пределах установленных допусков). В результате погрешности происходит отклонение характеристики элемента от заданной «идеальной» статической характеристики. Погрешность элемента может также возникнуть в результате изменения его внутренних свойств (старение, износ) или внешних факторов (воздействие температуры, влажности, питающего напряжения).

Различают абсолютную, относительную и приведенную погрешности.

Под абсолютной погрешностью элемента понимают разность между полученным Y_n и действительным Y значениями выходной величины, т. е. $\Delta = Y_n - Y$.

Действительное номинальное значение выходной величины — это идеальное значение выходной величины при отсутствии погрешности.

Абсолютная погрешность имеет размерности выходной величины. Она может быть положительной и отрицательной.

Относительная погрешность дает более полное представление о нестабильности статической характеристики. Она представляет собой отношение абсолютной погрешности к действительному значению выходной величины элемента, выраженной в относительных единицах или процентах:

$$\delta_0 = \Delta/Y \text{ или } \delta_0 = (\Delta/Y)100,$$

где Δ — абсолютная погрешность; Y — действительное значение выходной величины элемента.

По мере уменьшения номинального значения выходной величины при неизменном значении абсолютной погрешности относительная погрешность увеличивается.

Приведенная погрешность чаще всего характеризует элементы автоматики. Под приведенной погрешностью понимают отношение абсолютной погрешности к разности предельных значений выходной величины, выраженной в относительных единицах или процентах,

$$\delta = \frac{\Delta}{Y_{\max} - Y_{\min}} 100,$$

где $Y_{\max}$ и $Y_{\min}$ — максимальное и минимальное значения выходной величины элемента; Δ — абсолютная погрешность.

Погрешность, которая возникает при нормальных условиях эксплуатации, называется *основной погрешностью*. Условия эксплуатации элемента не всегда совпадают с нормальными, поэтому к основной погрешности элемента добавляется погрешность, называемая *дополнительной*.

2.3. ДИНАМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИКИ

Динамические характеристики и параметры. В реальных системах автоматики сигналы от элементов, как правило, бывают непостоянными. В большинстве случаев они изменяются во времени.

Для элементов, составляющих системы автоматики, основным режимом работы является режим, при котором входная и выходная величины во времени не остаются постоянными. Такой режим называется *динамическим*. Для оценки работы элемента в динамическом режиме используются динамические характеристики (рис. 2.4) и параметры.

Процесс перехода элемента из одного установившегося состояния в другое называется *переходным процессом*. Так как во время переходного процесса Y изменяется, то переходный процесс является частным случаем динамического режима.

Переходный процесс характеризуется переходной характеристикой. Под переходной характеристикой понимают зависимость выходной величины от времени $Y = f(t)$ при скачкообразном изменении

входной величины. Реакция большинства элементов на скачкообразный входной сигнал, т.е. их переходная характеристика, представляет собой нарастающую экспоненту.

Время от начала экспоненциального изменения выходной величины до момента, когда она достигает 63 % ($2/3$) установившегося значения выходной величины, называется *постоянной времени элемента* τ . Чем меньше τ , тем круче будет переходная характеристика, тем меньше длительность переходного процесса и тем меньше инерционность элемента.

Динамические свойства элемента принято оценивать по его реакции на скачкообразное изменение входного сигнала. При этом переходный процесс, называемый *переходной характеристикой*, определяется только свойствами элемента. До подачи скачкообразного сигнала на вход элемент находится в одном установившемся состоянии (режиме), после подачи скачка и окончания изменений выходной величины элемент будет находиться в другом установившемся состоянии. Таким образом, переходная характеристика позволяет выявить и оценить инерционность элемента.

Переходные процессы. Различные элементы автоматики имеют различные графики переходных процессов. На рис. 2.5, а показан переходный процесс без запаздывания, на рис. 2.5, б — переходный процесс элементов, обладающих инерцией. Степень инерционности подобных элементов оценивается постоянной времени τ . Это время определяется расстоянием по оси абсцисс от начала координат до точки пересечения касательной к кривой переходного процесса в начале координат с установившимся значением выходного сигнала $Y_{уст}$. На рис. 2.5, в показан колебательно-затухающий переходный

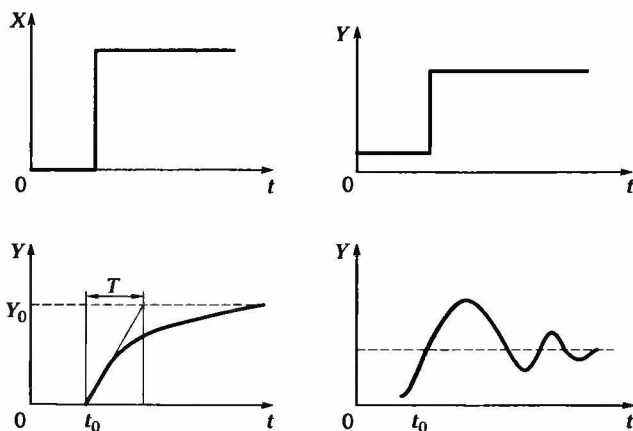


Рис. 2.4. Переходные характеристики элементов автоматики

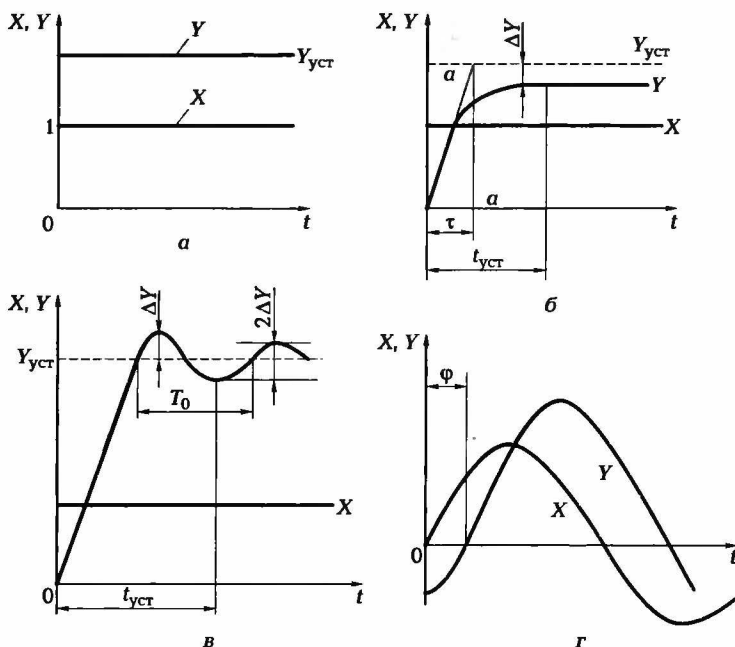


Рис. 2.5. Варианты графиков переходных процессов:

а — переходный процесс без запаздывания; б — аperiodический процесс; в — периодический процесс; г — переходный процесс с запаздыванием

процесс, при котором выходная величина колеблется около ее установившегося значения $Y_{уст}$ с постоянной частотой $f_0 = 1/\tau_0$, где τ_0 — период колебаний с непрерывно убывающей амплитудой. Время $t_{уст}$ в течение которого выходной сигнал достигает значения, отличающегося на ΔY от установившегося значения выходной величины Y , называется *длительностью переходного процесса*. Переходный процесс (см. рис. 2.5, в) называется периодическим в отличие от аperiodического переходного процесса (см. рис. 2.5, б).

Выходной сигнал (рис. 2.5, г) изменяется периодически, при этом выходной сигнал Y сдвинут по фазе на угол Φ .

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение элемента системы автоматического управления.
2. Определите назначение функций элементов автоматики: измерительной, преобразовательной, исполнительной.
3. Какой режим работы элемента называется установившимся [статическим]?

4. Определите различие понятий «характеристика» и «параметр».
5. Дайте определение статической характеристики элемента; коэффициента передачи элемента, коэффициента усиления.
6. Объясните понятия «порог чувствительности» и «зона нечувствительности», покажите их на графике.
7. Перечислите все виды погрешностей элементов и дайте им определение.
8. Дайте определение динамического режима, перечислите виды динамических (переходных) процессов.
9. Объясните, что такое время установления и постоянная времени элемента.