

# 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Если какой-либо объект (машина, агрегат или установка) при действии а него внешней среды (возмущающих воздействий) сам по себе обеспечивает правильное выполнение технологического процесса, то такой объект не нуждается в специальном регулировании. Например, при изменении высоты подачи воды (возмущающего воздействия) производительность поршневого насоса остается неизменной (при постоянном числе качаний и при постоянной величине хода поршня). Никакого регулирования для поддержания его производительности не требуется.

При возрастании нагрузки (возмущающее воздействие), крутящий момент, развиваемый синхронным двигателем, возрастает (в силу свойств двигателя), обеспечивая необходимую скорость вращения. Синхронный электродвигатель также не нуждается в специальных устройствах для того, чтобы поддерживать свою скорость вращения при неизменной частоте тока.

Однако таких объектов, не требующих регулирования для нормальной работы, немного. Многие машины, агрегаты и установки не могут поддерживать заданный им режим и требуют регулирования, т. е. специального воздействия. Раньше, когда машины и агрегаты были тихоходными и процессы изменялись медленно, функции регулирования выполнял человек. Теперь, когда машины стали быстроходными и процессы в агрегатах изменяются с большей скоростью, человек уже не в состоянии обеспечить необходимой скорости действия. Поэтому для поддержания заданного уровня регулируемого параметра или для его изменения по заданному закону разработаны специальные автоматические устройства.

*Таким образом, объектом управления или регулирования называют тот объект, который подлежит управлению или регулированию. Это может быть машина, агрегат или установка.*

**Управляемый объект** - это совокупность средств, осуществляющих технологический процесс. В последнее время под объектом управления

понимают и биологические объекты (клетка, растение, отдельные органы, животное, человек) и социальные объекты (завод, фабрика, совхоз).

Автоматическое управление - это управление, осуществляемое при помощи специальной аппаратуры, без непосредственного участия человека.

Автоматическим управляющим устройством называют такое устройство, которое осуществляет воздействие на объект, соответствующее заданному закону (алгоритму управления).

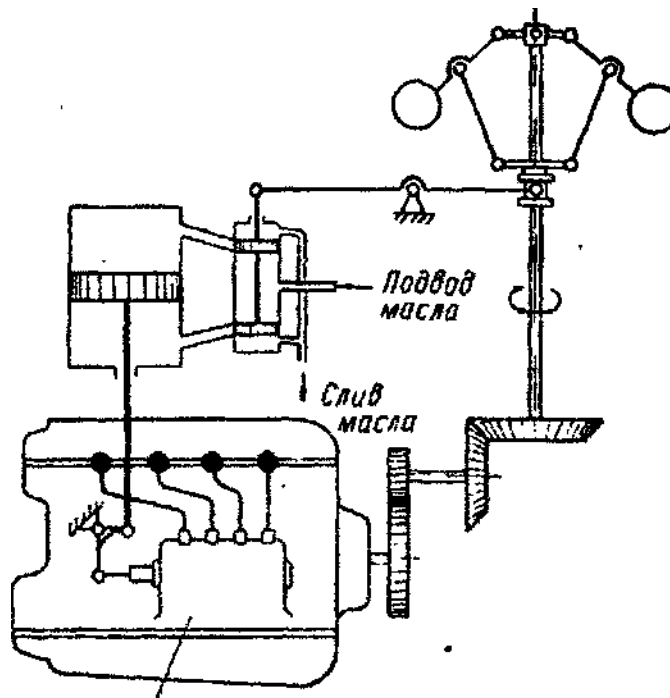
В безбашенной автоматической водокачке автоматическим управляющим устройством являются реле давления, установленное на напорном баке, и магнитный пускатель, которые осуществляют пуск и остановку электродвигателя. При повышении давления в напорном баке реле давления размыкает цепь втягивающей катушки магнитного пускателя, который, в свою очередь, отключает электродвигатель от сети. При достижении нижнего давления реле давления включает магнитный пускатель и электродвигатель начинает вращать насос, который накачивает воду в напорный бак.

*Системой автоматического управления (САУ) называется совокупность управляемого объекта и автоматического управляющего устройства, взаимодействующих между собой и обеспечивающих выполнение заданного закона управления.*

Если в объекте необходимо поддерживать значение одного или нескольких параметров в заданных пределах или обеспечивать изменение этих параметров в соответствии с определенными законами, его называют объектом регулирования, а подлежащий регулированию параметр - регулируемым.

**Автоматическим регулятором называют** устройство, обеспечивающее автоматическое выполнение предписанного закона регулирования без участия человека.

*Система автоматического регулирования (САР) - совокупность объекта регулирования и автоматического регулятора, взаимодействующих между собой и обеспечивающих выполнение заданного закона регулирования.*



*Топливный насос*

Рисунок 1.1 - Автоматический регулятор скорости вращения вала двигателя внутреннего сгорания астатического типа с гидравлическим золотником и сервомотором.

В качестве примера автоматического регулятора можно привести автоматический регулятор скорости вращения вала двигателя внутреннего сгорания (рис.1.1).

Центробежный регулятор связан с валом двигателя. Если нагрузка (возмущающее воздействие) на валу двигателя возросла, скорость его вращения снижается. Следовательно, центробежный регулятор будет вращаться медленнее. В результате этого регулятор, действуя на топливный насос через золотник и масляный сервомотор, увеличит подачу топлива (регулирующее воздействие) в двигатель, и скорость вращения его вала возрастет. Регулирование прекратится, когда скорость вращения вала двигателя вернется к первоначальному значению. Следовательно, данный регулятор обеспечит поддержание скорости вращения вала двигателя в заданных пределах.

Правильное протекание технологического процесса характеризуется выполнением некоторых условий, приводящих к выполнению поставленной перед

ним цели. Для характеристики этих условий введено понятие «алгоритм функционирования».

*Алгоритмом функционирования называется совокупность предписаний, ведущих к правильному выполнению технологического процесса.*

Для двигателя внутреннего сгорания с центробежным регулятором скорости вращения вала правильное протекание технического процесса будет происходить при поддержании определенной скорости его вращения, алгоритмом функционирования для этой системы является требуемая зависимость скорости вращения вала двигателя от его нагрузки.

Алгоритм функционирования может быть выражен словами, формулами, таблицами или графиками. Если скорость вращения вала двигателя должна, например, оставаться неизменной при любой нагрузке, этот алгоритм может быть записан следующим образом:

$$n = \text{const.}$$

Графически алгоритм функционирования для данного случая изображен на рисунке 1.2.

Для того чтобы техническая система выполняла предписанный ей алгоритм функционирования, необходимо (для большинства систем) оказывать на нее специально организованные воздействия извне.

*Алгоритм управления - совокупность предписаний, определяющих характер организованных воздействий извне на управляемый объект.* Как называлось выше, вал двигателя внутреннего сгорания при изменении нагрузки вращается с неизменной скоростью, но для этого необходимо, чтобы регулятор скорости вращения осуществил организованное воздействие на регулируемый объект извне, т. е. изменил подачу топлива. На рисунке графически показан алгоритм управления для двигателя внутреннего сгорания. Понятие управления является достаточно широким и общим, поэтому его относят к техническим, биологическим и другим объектам.

Управление может быть ручным и автоматическим, осуществляемым специальным автоматическим управляющим устройством.

На основании приведенных выше определений общих терминов можно дать понятие автоматики как отрасли науки.

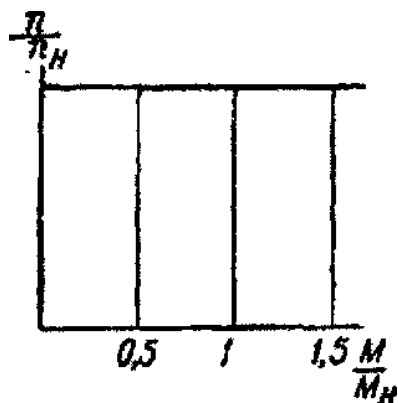


Рисунок 1.2 - Алгоритм функционирования.

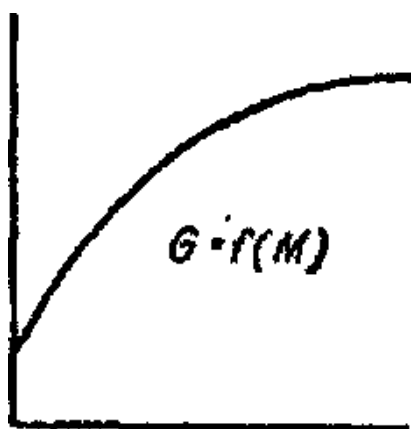


Рисунок 1.3 - Алгоритм управления.

Зависимость подачи топлива от нагрузки на валу:

$G$  — расход топлива;  $M$  — крутящий момент двигателя.

**Автоматикой** называется отрасль науки и техники, охватывающая теорию и принципы построения систем управления техническими процессами, действующих без непосредственного участия человека.

Под автоматизацией понимают применение методов и средств автоматики для превращения неавтоматических машин, агрегатов, процессов в автоматизированные.

Классификация воздействий. Основным признаком автоматического управления является наличие специально организованных воздействий, оказываемых управляющим устройством на управляемый объект.

На рисунке 1.4 показаны структурные схемы, на которых схематично

даны только внутренние воздействия на объект и на систему автоматического управления. В автоматических системах воздействия одних элементов на другие осуществляются, как правило, направленного одностороннего действия. Направление воздействий указано на схемах стрелками.

**Внутренними воздействиями** называют воздействия, оказываемые отдельными частями автоматической системы (ее элементами) друг на друга, например воздействие  $U$  органа управления  $B$  на объект  $B$  (рис.1.4,а), воздействие  $Y$  управляющего устройства  $A$  на объект  $B$  (рис.1.4,б) или воздействие выходного параметра  $X$  объекта  $B$  на управляющее устройство  $A$  (обратная связь) по цепи  $OC$  (рис.1.4,в).

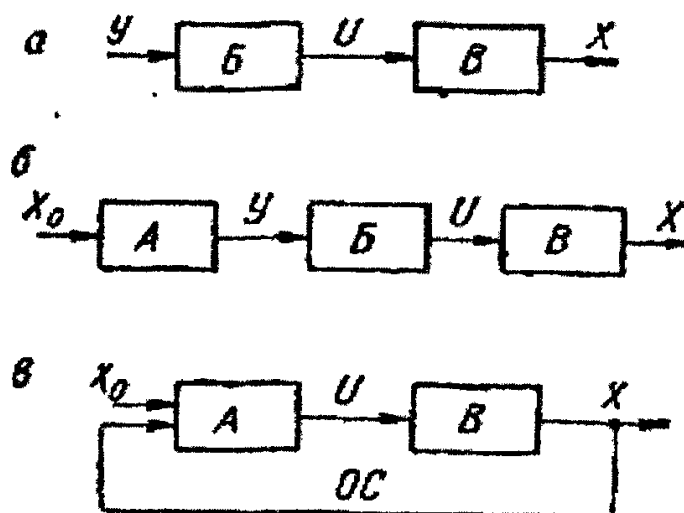


Рисунок 1.4 - Структурные схемы:

а - неавтоматизированное устройство; б - автоматизированное устройство, с разомкнутой цепью воздействий (циклические): в - автоматизированное устройство с замкнутой цепью воздействия; А - управляющее устройство (программа работы зафиксирована на элементах памяти) Б - орган управления (исполнительный орган), осуществляющий пуск, регулирование к остановку объекта: в - управляемый объект:  $X_0$  - входное воздействие:  $Y$  - входное воздействие на орган управления: В - входное воздействие на объект:  $X$  - выходное воздействие объекта на внешнюю среду (регулируемый параметр);  $OC$  - обратная связь объекта с управляющим устройством.

Внутренние воздействия разделяют на управляющие, контрольные и выходные.

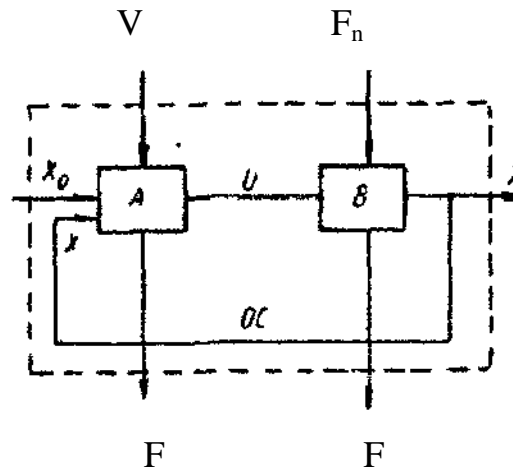


Рисунок 1.5 - Структурная схема автоматического устройства с замкнутой цепью воздействия:

А - управляющее устройство; В - управляемый объект;  $X_0$  - входное планируемое воздействие;  $U$  - управляющее воздействие;  $X$  - выходное планируемое воздействие;  $F_n$  - входное непланируемое воздействие от внешней среды;  $F$  - выходное непланируемое воздействие на среду; ОС - обратная связь.

Управляющим воздействием называют воздействие управляющего устройства на управляемый объект, необходимое для выполнения основного назначения системы. На рисунке это воздействие обозначено  $U$ .

Контрольное воздействие - это воздействие, передаваемое управляющему устройству от управляемого объекта. На рисунке 1.4 оно обозначено  $X$  по цепи обратной связи ОС, а совокупность управляющих воздействий  $U$  с внешними  $P_0$  образует систему входных воздействий управляемого объекта.

Входным воздействием называют воздействие на вход управляющего устройства или управляемого объекта. На рисунке 1.4 оно обозначено  $X_0$ , а на рисунке 1.4,в и 1.5 является совокупностью внешнего планируемого воздействия  $X_0$  и контрольного воздействия  $X$  через канал ОС.

Выходными воздействиями называют воздействия, выдаваемые управляющим устройством или управляемым объектом на их выходе. Для управляющего устройства выходным воздействием является управляющее, а для управляемого объекта контрольное воздействие  $X$ .

Кроме внутренних воздействий между управляющим устройством А и

управляемым объектом В, существуют еще внешние воздействия на САУ, а также воздействия САУ на внешнюю среду.

Внешними воздействиями называют воздействия, оказываемые внешней средой извне на автоматическую систему. Все внешние воздействия и характер каждого из них заранее предусмотреть трудно, а часто и невозможно, и поэтому они называются непланируемыми воздействиями. Все воздействия, имеющие место в автоматической системе, и их направления схематично показаны на рисунке 1.5.

Алгоритм управления определяет поведение управляемого устройства при воздействии его на объект, часто без учета влияния внешней среды. Контрольные воздействия управляемого объекта определяются алгоритмом функционирования и позволяют с помощью обратной связи выполнять алгоритм функционирования и при случайных внешних воздействиях.

В автоматических системах взаимодействие между отдельными частями систем происходит по специальным цепям, и поэтому введено понятие о цепи воздействия.

**Цепью воздействия** называют путь (совокупность частей системы), по которому происходит обмен воздействий, обмен информации между отдельными частями автоматической системы.

При изучении процессов передачи информации с помощью воздействий, как внутренних, так и внешних, введен термин «сигнал».

Сигналом называют информацию, несомую воздействием и содержащую определенный объем сведений. Например, передача по телеграфной линии точки и тире, т. е. короткого сигнала, паузы и длинного сигнала означает букву - а. Сигнал передается физической величиной, которую называют несущей величиной. Параметр несущей величины, характеризующий сигнал, называют представляющей величиной.



## **1.1 Классификация автоматических систем**

Системы автоматического управления являются высшей ступенью комплексной механизации и электрификации производства. При автоматическом управлении участие человека в работе установок и в процессе их управления сокращается до минимума. Автоматическое управление может быть различным с частичной или с полной автоматизацией.

Автоматические системы можно классифицировать по разным признакам: по назначению, по характеру изменения переменных алгоритма функционирования, по характеру изменения алгоритма управления, по принципу выработки управляющих воздействий.

По назначению автоматические системы разделяются на системы: сигнализации, контроля, защиты, автоматического регулирования и автоматического управления.

Система автоматической сигнализации при неисправном или аварийном состоянии установки автоматически подает сигнал (световой или звуковой) о необходимости вмешательства дежурного персонала в работу установки. Система сигнализации может указать место неисправности (неисправный элемент) или исправность действия установки. Она на обслуживаемый объект не действует.

В качестве примера можно привести систему автоматической сигнализации повышения температуры в подшипниках двигателя внутреннего сгорания, осуществляемую с помощью электроконтактных датчиков температуры. Эти датчики следят за температурой подшипников; при достижении максимальной температуры (заранее установленной) замыкают электрические контакты и подают звуковой, световой сигнал или оба одновременно.

Установки, имеющие только одну систему сигнализации, должны обслуживаться людьми. Система сигнализации помогает обслуживающему персоналу вести наблюдение за объектом и быстрее выявлять и устранять

появляющиеся в работе неисправности.

Системы автоматического контроля позволяют осуществить контроль за состоянием или положением объекта при помощи приборов указывающих, регистрирующих приборов или аппаратов, например контроль температуры в зернохранилищах и овощехранилищах, контроль уровня горючего в баке, контроль влажности почвы в парниках и теплицах. Система автоматического контроля может обеспечить не только наблюдение за ходом производственного процесса, но и контроль за качеством и количеством выпускаемой продукции, и осуществить необходимую автоматическую сортировку продукции.

Для контроля за размерами обрабатываемой детали, например шлифуемой шейки коленчатого вала, применяют электроизмерительную скобу, осуществляющую контроль диаметра (рис. 1.6). Измерительная скоба С охватывает шлифуемую деталь И и касается ее в двух точках; эти точки неподвижны. Сверху деталь прижимается подвижным шпинделем ПШ, который передает размеры детали на электрический датчик Д. При достижении заданного диаметра шлифование детали прекращается и она снимается со станка.

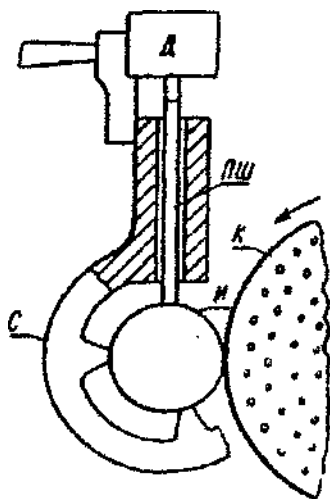


Рисунок 1.6 - Электроизмерительная скоба для контроля диаметра обрабатываемого цилиндра:

С - скоба; И - обрабатываемый цилиндр; К - карборундовый шлифовальный круг;  
Д - датчик.

Автоматический контроль, получивший широкое применение в энергетике, в промышленности и машиностроении, начинает применяться и в сельском хозяйстве.

**Система автоматической защиты** является широко распространенным видом автоматизации, которая применяется для предохранения машин, узлов, объектов и других установок от повреждений и аварий. Эта защита в необходимых случаях производит автоматическое аварийное отключение или прекращение производственного процесса и тем самым предохраняет установку от разрушения.

При коротких замыканиях в электрических машинах или электрических сетях применяется система защиты, которая быстро отключает поврежденную машину или установку от сети и тем самым обеспечивает продолжение нормальной работы других неповрежденных установок. В электрических установках защита осуществляется с помощью различных реле, и поэтому она называется релейной защитой.

Особый вид автоматической защиты представляет собой автоматическая блокировка (сокращенно автоблокировка). Это такая система защиты, которая предотвращает возможность неправильных действий и, тем самым, предупреждает возникновение повреждения или аварии (блокировка дверей в ячейке высоковольтного оборудования не позволяет войти в нее до тех пор, пока не будет отключено опасное для жизни напряжение).

Ко всем системам автоматической защиты предъявляются два основных требования: надежность и своевременность действия.

Когда процесс приближается к такому состоянию, при котором может произойти авария установки или машины, система защиты должна безотказно и своевременно сработать и предохранить всю установку от разрушения или повреждения.

В последнее время разработаны устройства, позволяющие автоматически в процессе нормальной эксплуатации проверять исправность системы автоматической защиты, находить места повреждения или снижения ее надежности,

Кроме того, автоматическая защита должна сработать до аварийного

режима.

Системы автоматического регулирования представляют собой замкнутые системы, автоматически осуществляющие данный закон регулирования одного или нескольких параметров. В одних случаях в САР осуществляется поддержание регулируемого параметра на одном уровне, например у двигателя внутреннего сгорания, в других случаях регулируемый параметр изменяется в зависимости от заданного времени или от какого-либо другого параметра.

Замкнутая система образуется при помощи обратной связи, через которую значение регулируемого параметра от объекта передается на элемент сравнения.

В системе автоматического регулирования управляющее воздействие вырабатывается в результате сравнения действительного значения регулируемой величины  $K$  с ее предписанным значением  $X_n$ . В зависимости от результатов сравнения действительного значения параметра регулирования с заданным значением вырабатывается сигнал рассогласования, знак и величина которого вызывают нужные действия регулирующего органа.

Все автоматические системы регулирования по их свойствам в установившемся режиме можно разбить на две группы - статические и астатические.

**Статическими системами** называются такие, у которых отклонение регулируемой величины от заданного значения в установившемся режиме пропорционально величине возмущения, вызвавшего это отклонение. В этих системах погрешность регулирования различна при разных нагрузках и лежит в основе самого принципа регулирования.

На рисунке 1.7 представлена схема статического центробежного регулятора скорости вращения двигателя внутреннего сгорания. С увеличением нагрузки скорость вращения вала двигателя снижается, меняется центробежная сила грузов, и они под действием пружины и конической тарелки приближаются к центру, муфта опускается вниз и количество горючего, подаваемого насосом в

двигатель, увеличивается.

На рисунке показана зависимость скорости вращения вала двигателя от приложенного к нему момента при статическом регуляторе скорости вращения.

Эта характеристика в теории автоматического регулирования называется статической характеристикой с положительным статизмом. Здесь слово статическая относится ко всей САР, и оно означает, что система устойчива, т. е. каждому значению приложенного момента сопротивления к валу двигателя в установившемся режиме соответствует определенная скорость вращения. С увеличением крутящего момента скорость вращения вала двигателя снижается.

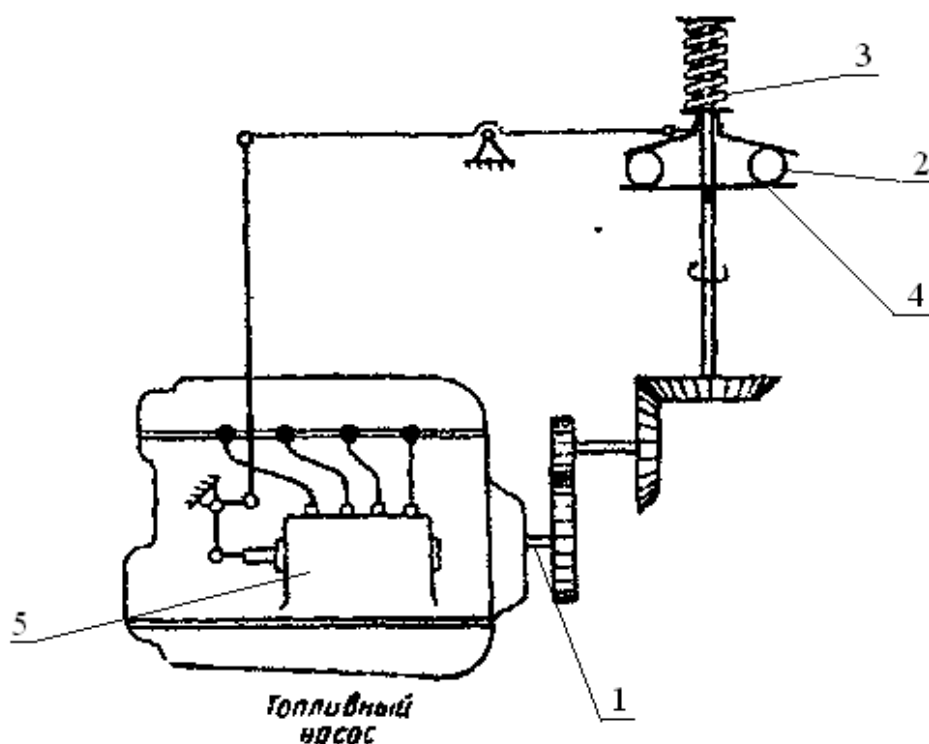


Рисунок 1.1 - Автоматическая система регулирования скорости вращения вала двигателя внутреннего сгорания с центробежным регулятором прямого действия:

1 – вал двигателя; 2 – груз; 3 – пружина; 4 – коническая тарелка; 5 - насос

Вторым примером статической системы можно взять регулирование уровня бензина в карбюраторном двигателе внутреннего сгорания.

Автоматическую систему статического регулирования в установившемся

режиме характеризуют следующие основные свойства: 1) равновесие системы статического регулирования наступает при различных значениях регулируемой величины; 2) каждому значению регулируемой величины соответствует определенное положение регулирующего органа.

**Астатическими автоматическими системами регулирования** называются такие системы, у которых погрешность регулирования в установившемся режиме равна нулю (в пределах зоны нечувствительности регулятора) и не зависит от нагрузки объекта.

На рисунке 1.8 приведена схема автоматической системы астатического регулирования уровня воды в баке. При равенстве притока и стока уровень воды в баке не меняется и контакты серводвигателя разомкнуты. При изменении расхода  $Q$  уровень воды в баке изменяется, поплавков посредством рычага сдвигает контактный рычаг с его среднего положения, цепь электродвигателя замыкается, и двигатель приходит в движение, закрывая или открывая задвижку.

Если уровень воды изменится в другую сторону, двигатель начнет вращаться также в противоположную. При любом положении задвижки равновесие между притоком и стоком наступает всегда при одном и том же напоре  $H$ , при одном и том же уровне.

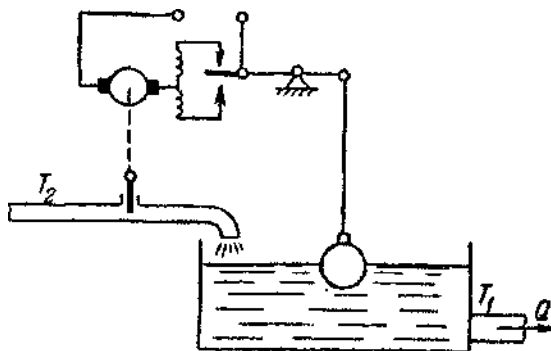


Рисунок 1.8 - Схема автоматической системы астатического регулирования уровня воды.

Любая астатическая система в установившемся режиме обладает следующими свойствами: 1) равновесие системы наступает всегда при одном и том же значении регулируемой величины (в пределах зоны нечувствительности); 2) регулирующий орган при одном и том же значении регулируемой величины может занимать различные положения.

По характеру воздействия регулятора на объект регулирования САР можно подразделить на системы непрерывного, релейного и прерывистого регулирования.

Системами непрерывного регулирования называют такие системы, у которых структура связи всех элементов между собой остается неизменной, и поэтому между величинами на выходе и входе происходит непрерывное взаимодействие.

Большое количество автоматических систем непрерывного действия относят к линейным системам, поведение которых может быть с достаточной точностью описано линейными дифференциальными уравнениями,

**Системами релейного регулирования** называют такие системы, у которых структура связи всех элементов меняется, и взаимодействие между величинами на входе и выходе происходит прерывно. Если величина, подлежащая регулированию, изменяется плавно, воздействие на объект происходит скачком.

Регуляторы релейного действия, в свою очередь, подразделяются на двухпозиционные, трехпозиционные и многопозиционные.

В качестве примера релейного двухпозиционного регулирования можно привести регулятор температуры почвы, обогреваемой электронагревательными устройствами.

Температура почвы парника зависит от взаимодействия окружающей среды, тепла, выделяемого нагревательными элементами, теплоемкости и теплопроводности почвы и других факторов. В почве парника установлено реле, отрегулированное на определенную температуру.

При снижении температуры почвы ниже заданной замыкаются электрические контакты реле, которые с помощью промежуточного реле и контактора замыкают цепь питания нагревательных элементов, в результате температура в парнике повышается. Нагрев почвы будет продолжаться до тех пор, пока температура не достигнет заданной, при которой реле отключает нагревательные элементы.

У двухпозиционного регулятора существуют только два положения - «включено» и «выключено».

Релейное регулирование может осуществляться релейным регулятором, имеющим три положения: 1) среднее - нейтральное положение, при котором регулятор не воздействует на объект; 2) действующее в одну сторону (увеличивая подачу вещества или энергии) и 3) действующее в другую сторону (уменьшая подачу вещества или энергии). Такой регулятор называют трехпозиционным.

Вибрационный регулятор относится к двухпозиционному релейному регулятору, переключение контактов которого происходит очень быстро и практически непрерывно.

В качестве примера вибрационного регулятора можно привести вибрационный регулятор напряжения генератора постоянного тока (рис. 1.9).

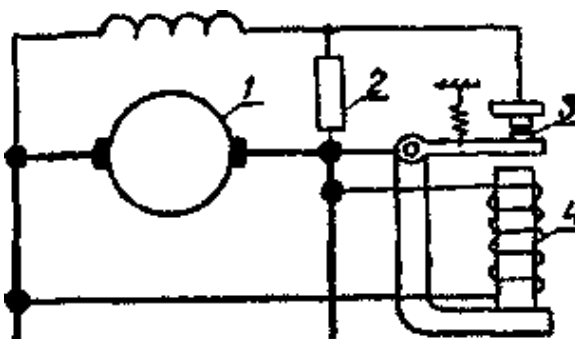


Рисунок 1.9 Схема вибрационного регулятора напряжения:

1 - генератор постоянного тока параллельного возбуждения; 2-реостат в цепи возбуждения; 3 – контакты реле, шунтирующие сопротивление реостата 2; 4 - электромагнит.

Электрический генератор постоянного тока параллельного возбуждения имеет обмотку возбуждения, в цепь которой включено постоянное сопротивление. Контакты вибрационного регулятора замыкают накоротко это сопротивление. Электромагнитное реле подключено к зажимам генератора. Силе притяжения электромагнитного реле противодействует пружина. В результате их взаимодействия возникает вибрационное действие; продолжительность замкнутого и разомкнутого состояния контактов регулятора зависит от величины



регулируемого напряжения  $U$ . Так как индуктивное сопротивление обмотки возбуждения велико, сила тока при кратковременном закорачивании сопротивления незначительно отличается от силы тока при разомкнутых контактах; при выключенном сопротивлении средняя величина тока все же меняется, и этого достаточно, чтобы обеспечить необходимое поддержание напряжения генератора на заданном уровне при изменениях нагрузки.

**Системами прерывистого (импульсного) регулирования** называют такие, у которых непрерывному изменению регулируемого параметра соответствует прерывистое изменение воздействий хотя бы в одном из элементов системы.

Регуляторы прерывистого действия имеют импульсное звено, преобразующее непрерывное входное воздействие в последовательность импульсов, причем у одних регуляторов в зависимости от величины отклонения регулируемого параметра изменяется амплитуда импульсов, а у других - длительность импульса.

Некоторые импульсные регуляторы могут менять частоту повторения импульсов, амплитуду и длительность и т. п.

По способам воздействия регулятора на объект регулирования САР можно подразделить на системы прямого и косвенного регулирования.

**Системой прямого регулирования** называют такую систему, у которой перестановка управляющего органа осуществляется за счет энергии датчика (чувствительного элемента).

В системах косвенного регулирования энергия для перестановки управляющего органа получается от постороннего источника, на который воздействует регулятор. Энергия, необходимая для перемещения задвижки, берется из электрической сети.

Косвенное регулирование обеспечивает более точное и быстрое регулирование, и поэтому оно имеет преимущественное распространение.

**Системы автоматического управления** представляют собой такие системы, которые обеспечивают весь необходимый комплекс управления объектом. Они созданы для того, чтобы облегчить не только тяжелый и

однообразный физический труд человека, но главным образом его умственный труд.

По характеру изменения переменных алгоритма функционирования автоматические системы можно подразделить на стабилизирующие, программные и следящие.

**Стабилизирующей автоматической системой** называют такую систему, алгоритм функционирования которой содержит предписание поддерживать управляемую величину постоянной (в заданных пределах), например электромагнитный автоматический регулятор напряжения или автоматический регулятор скорости вращения вала двигателя. Система может иметь как статическую, так и астатическую характеристику.

**Программная автоматическая система** - это такая система, алгоритм функционирования которой содержит предписание изменять управляемую величину в соответствии с заранее заданной функцией времени. В качестве примера можно привести термическую закалочную печь, температура в которой изменяется по определенной, заранее заданной программе, с установленной точностью.

**Следящей автоматической системой** называют такую систему, алгоритм функционирования которой содержит предписание изменять направляемый параметр в зависимости от значения заранее неизвестной переменной величины на входе, например система автоматического вождения трактора при пахоте в соответствии с предыдущей проложенной бороздой или над кабелем, проложенным в земле. Принцип работы такой системы заключается в том, что воспринимающий орган следит за направлением проложенной борозды или за кабелем высокой частоты и управляет движением трактора, прокладывающего следующую борозду.

По характеру изменения алгоритма управления (по структуре) все автоматические системы можно разделить на две группы: с разомкнутой и с замкнутой цепью воздействия.

**Автоматической системой с разомкнутой цепью воздействия** называют систему, в которой входными воздействиями для направляющего устройства являются только внешние воздействия.

Автоматические устройства с разомкнутой цепью воздействия, называемые также циклическими, самостоятельно, без участия человека в процессе управления, осуществляют заданную цель по установленной для них жесткой программе. К таким устройствам относятся поточные линии, торговые автоматы, будильники, электромагнитные стабилизаторы напряжения.

**Автоматической системой с замкнутой цепью воздействия** называют систему с обратной связью, в которой входными воздействиями для управляющего устройства являются как внешние, так и внутренние контрольные, планируемые воздействия. На рисунке представлена структурная схема автоматической системы с обратной связью. В этой схеме автоматическое управляющее устройство А оказывает воздействие на управляемый объект В, выход которого через цепь обратной связи действует на автоматическое управляющее устройство А. В результате цепь воздействий оказывается замкнутой.

В качестве примера системы с обратной связью можно привести автоматический регулятор скорости вращения вала двигателя внутреннего сгорания или регулятор Ползунова.

К автоматическим устройствам следует относить только системы с замкнутой цепью воздействия, которые самостоятельно, без непосредственного участия человека в процессе управления, осуществляют заданную им цель с большей или меньшей свободой выбора, т. е. действуют на основе происходящих в них информационных процессов. К таким устройствам относятся все автоматические регуляторы с обратной связью, следящие системы и др.

По принципу выработки управляющих воздействий, зависящих от полноты начальной информации, автоматические системы можно разбить на три группы: настраиваемые, самонастраивающиеся и игровые.

Настраиваемые автоматические системы - это такие системы,

которые по имеющейся первоначальной информации могут быть настроены так, чтобы обеспечить выполнение заданного алгоритма управления с нужной точностью.

Настраиваемые автоматические системы с разомкнутой цепью воздействия подразделяют на компенсирующие и на программные. *Компенсирующие* - это такие САР, которые учитывают основное воздействие внешней среды, например нагрузку, и осуществляют такое управляющее воздействие, которое компенсирует изменения нагрузки. Отсутствие обратной связи в подобных САР приводит к тому, что непредвиденные внешние воздействия могут привести к значительным отклонениям регулируемого параметра от заданного значения.

*Программные* системы с разомкнутой цепью воздействия не имеют обратной связи, они работают в соответствии с заложенной в систему программой. Примером таких систем являются автоматические линии станков и агрегатов, которые работают по заданной программе. Она закладывается в машину в виде шаблонов, перфокарт, цифровых таблиц, магнитофонной ленты и т. д.

Самонастраивающиеся автоматические системы имеют способность приспосабливаться к изменяющимся внешним условиям. Благодаря этому самонастраивающиеся автоматические системы могут работать, не имея полной первоначальной информации об объекте САУ и о характере воздействия внешней среды.

**Экстремальная самонастраивающаяся автоматическая система** самостоятельно выявляет отклонения от максимума или минимума искомой функции и подводит систему к необходимому оптимуму. Чтобы понять принцип работы этой системы, рассмотрим настройку радиоприемника на какую-либо радиостанцию. Принимаемый сигнал имеет максимум настройки при совпадении частот радиостанции и настройки радиоприемника. Если в радиоприемнике отсутствует шкала частот, то радиолюбитель вначале осуществляет слепой поиск, изменяя настройку в широких пределах шкалы. Поймав сигнал искомой

радиостанции, радиолюбитель отыскивает такое положение ручки настройки, при котором принимаемый сигнал достигает максимума. То же самое, но автоматически производит экстремальный регулятор САР. Если максимум сместится, экстремальный регулятор так же сместит регулирующий орган и найдет максимум функции.

Такие системы широко применяются в промышленности. Они называются оптимизаторами. Для этого можно приспособить и всережимный регулятор автотракторных двигателей.

Самонастраиваемая автоматическая система с корректирующими устройствами имеет приспособления, которые позволяют автоматически менять настройку корректирующих устройств в зависимости от изменения условий или характеристик.

Эти системы являются наиболее сложными, но они позволяют обеспечить высокую устойчивость и требуемое качество процесса регулирования при изменяющихся условиях работы.

Игровыми системами автоматического управления называют такие системы, которые выполняют ряд последовательных этапов, или шагов. Управление в игровой системе осуществляется путем дискретной последовательности команд управления.

Основной принцип действия игровых систем - это формирование команд управления на основе сравнения многих возможных решений и выбора наилучшего из них на каждом этапе управляемой операции. Критерием при сравнении результатов возможных решений является некоторый показатель, именуемый функцией выгоды.

Основным узлом игровой САУ является такая управляющая машина которая производит расчет множества случаев и выбирает наилучший.

Игровая САУ с набором шаблонных решений автоматически выбирает заранее решенную задачу для данного конкретного условия. В управляющем устройстве, в ее «памяти» хранятся многочисленные шаблонные решения, и устройство, извлекая то или иное решение, реализует его.

В игровой САУ с автоматическим поиском управляющее устройство не имеет шаблонных решений, оно само поэтапно, постепенно его находит путем вычисления функции выгоды и определяет оптимальный вариант. Управляющее устройство, воздействуя на САУ, получает обратный сигнал, который позволяет сравнить полученный результат с желаемым и, если необходимо, воздействовать на САУ в необходимую сторону.

**Конечным автоматом** называют такое устройство, которое при внешнем воздействии может принимать конечное число дискретных состояний, смена которых подчинена определенным алгоритмам. С точки зрения этого нового раздела, кибернетической теории реле и сложная цифровая вычислительная машина являются конечными автоматами.

По принципу выработки управляющих воздействий автоматические системы с обратной связью можно разделить на системы, основанные на принципе автоматического регулирования и автоматического поиска.

**Системой автоматического регулирования** называют систему с замкнутой цепью воздействия, в которой управляющее воздействие вырабатывается в результате сравнения действительного значения управляемой величины с предписанным значением.

**Системой автоматического поиска** называют такую систему с замкнутой цепью воздействий, в которой рабочие управляющие воздействия вырабатываются самой автоматической системой с помощью пробных управляющих воздействий и анализа результатов этих воздействий.

Отличие принципа автоматического регулирования от принципа автоматического поиска состоит в том, что во втором случае заранее не полностью известна требуемая зависимость управляющих воздействий от контрольной и задающих величин.

Одним из особых признаков, по которому могут быть классифицированы автоматические системы, является способ приложения воздействий между частями автоматической системы. Автоматическая система, в которой воздействия между ее частями осуществляется в виде изменения силы, приложенной на входе

соответствующей части, в которой воздействия между посредством изменения каких-либо параметров соответствующей части, называются автоматической системой с силовым воздействием

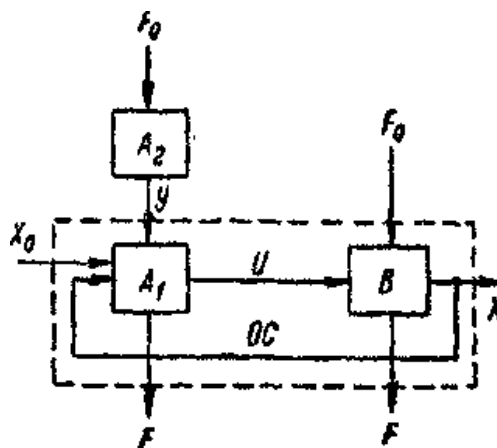


Рисунок 1.10 - Структурная схема комбинированной, автоматической системы:

$A$  - основное управляющее устройство;  $A_2$  - компенсатор изменения одного на параметров внешней среды;  $U$  - управляющее воздействие от  $A_2$  к  $A_1$ .

Довольно часто в практике применяются комбинированные системы автоматического управления, в которых не один принцип, а два или больше. Например, на рисунке 1.10, представлена структурная схема комбинированной автоматической системы, имеющей систему обратной связи и разомкнутую систему  $A_2$  компенсирующую изменения одного из параметров внешней среды.