

1. Параметры, характеризующие регулируемый процесс
2. Структурная схема системы автоматического регулирования (САР)
3. Общие принципы регулирования

1. ПАРАМЕТРЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ РЕГУЛИРУЕМЫЙ ПРОЦЕСС

Любой производственный процесс характеризуется определенными физическими величинами (параметрами). К физическим величинам производственного процесса можно отнести температуру, уровень жидкости, давление, напряжение, скорость изменения какой-либо величины, расход вещества, частоту вращения и др.

Регулируемой величиной или *регулируемым параметром* называется физическая величина, которая поддерживается постоянной или изменяется по определенному закону.

Под автоматическим регулированием понимают область автоматики, охватывающую методы и средства, способствующие автоматическому изменению или поддержанию заданного значения параметров технологического процесса в течение заданного промежутка времени.

При протекании производственного процесса постоянно или периодически осуществляют измерение текущего значения регулируемого параметра и сравнивают его с заданным значением. Если имеется отклонение регулируемого параметра от его заданного значения, то в производственный процесс вводится *управляющее* или *регулирующее* воздействие, которое уменьшит или совсем ликвидирует это отклонение.

Величины, вызывающие отклонение регулируемого параметра от его заданного значения и нарушающие равновесие, называются *возмущающими воздействиями*. При этом возникает переходный процесс, представляющий собой любое неустановившееся состояние системы автоматического регулирования (САР).

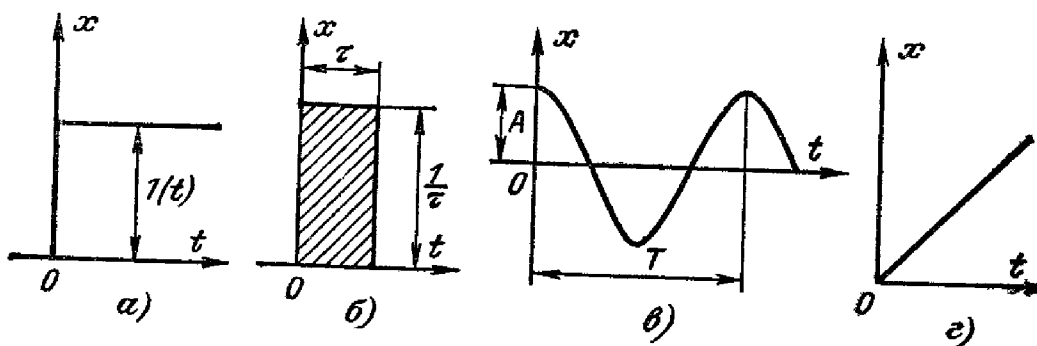


Рис. 1 Типовые внешние воздействия: а) единичный скачок, б) единичный импульс, в) гармонический сигнал, г) непрерывно возрастающий сигнал

При анализе и синтезе динамических процессов в САР в качестве внешних воздействий рассматриваются такие типовые функции, которые легко можно описать математически. В качестве указанных функций применяются:

1. Единичный скачок внешнего воздействия (рис 1,а) представляет собой функцию времени, которая отличается скачкообразным изменением в момент времени $t=0$ и сохраняющую свое постоянное значение в течение последующего времени. Внешнее воздействие такого рода очень часто применяют при оценке качества процессов регулирования.

2. Единичный импульс внешнего воздействия (рис.1,б) представляет собой скачкообразно изменяющуюся функцию времени с бесконечно малой длительностью скачка ($\tau \rightarrow 0$). Воздействие такого рода в основном применяется при исследовании следящих систем дискретного действия.

3. Гармоническое воздействие (рис. 1,в) представляет функцию времени, изменяющуюся по синусоидальному или косинусоидальному закону. Получило наибольшее распространение при применении частотных методов исследования АСР.

4. Непрерывно возрастающее воздействие с постоянной скоростью (рис. 1, г) представляет линейную функцию времени.

2. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Структурные схемы систем управления (регулирования) представляют в виде цепочки элементов, каждый из которых подвержен действию одного или нескольких входных воздействий, в результате чего изменяются выходные параметры этого элемента.

На рис. 2 показана обобщенная структурная схема системы автоматического регулирования.

Система состоит из автоматического регулятора *АР*, осуществляющего автоматическое регулирование, и объекта регулирования *ОбР* с регулирующим органом *РОр*.

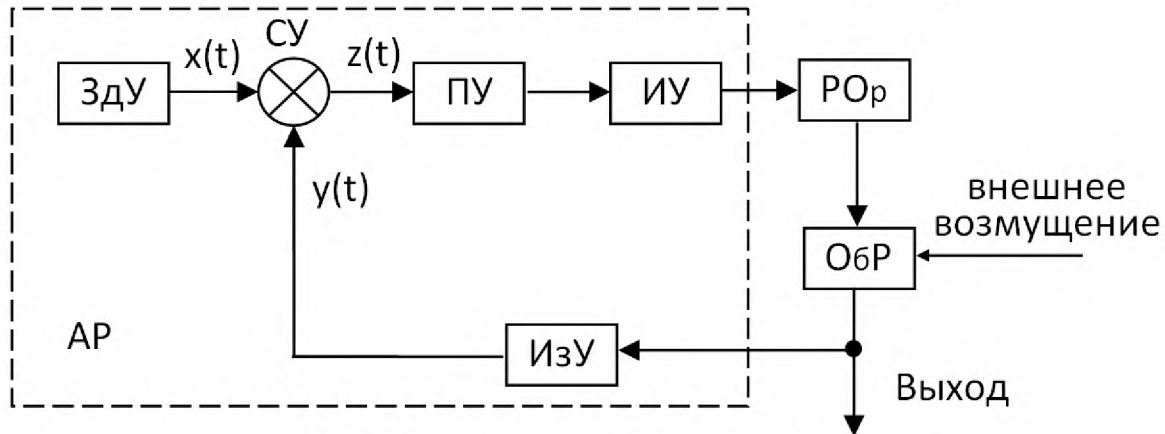


Рис. 2 Обобщенная структурная схема САР

Объект регулирования представляет собой машину-орудие, машину-двигатель или технологический процесс, у которого одна или несколько физических величин подлежат автоматическому регулированию.

В состав автоматического регулятора *АР* входят следующие основные устройства: задающее *ЗДУ*, измерительное *ИЗУ*, сравнивающее *СУ*, преобразующее *ПУ* и исполнительное *ИУ*.

Сравнивающее устройство *СУ* сравнивает заданное значение $x(t)$ регулируемого параметра, подаваемого с задающего устройства *ЗДУ*, и действительное значение регулируемого параметра $y(t)$, подаваемого с измерительного устройства *ИЗУ*. На выходе сравнивающего устройства *СУ* вырабатывается сигнал рассогласования (ошибки):

$$z(t) = x(t) - y(t) \quad (1)$$

Сигнал $Z(t)$ поступает в преобразующее устройство *ПУ*. В этом устройстве сигнал рассогласования $Z(t)$ преобразуется (усиливается) и на выходе появляется сигнал, который поступает на вход исполнительного устройства *ИУ*.

Через регулирующий орган *РОр* исполнительное устройство оказывает непосредственное воздействие на объект регулирования *ОбР* (изменяя, например, поток энергии, подводимый к последнему).

Для улучшения динамических свойств и повышения точности работы системы в автоматический регулятор могут включаться стабилизирующие, корректирующие и другие устройства.

3. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Существует два основных принципа регулирования

- регулирование по отклонению
- регулирование по возмущению

В САР, *работающих по отклонению*, сначала происходит измерение значения регулируемой величины, а затем это значение сравнивается с заданным. Если есть расхождение, то на объект регулирования подается воздействие, приводящее к выравниванию значения регулируемого параметра.

Указанный принцип иногда называется компенсационным принципом Ползунова—Уатта. Он является основным для большинства современных автоматических регуляторов.

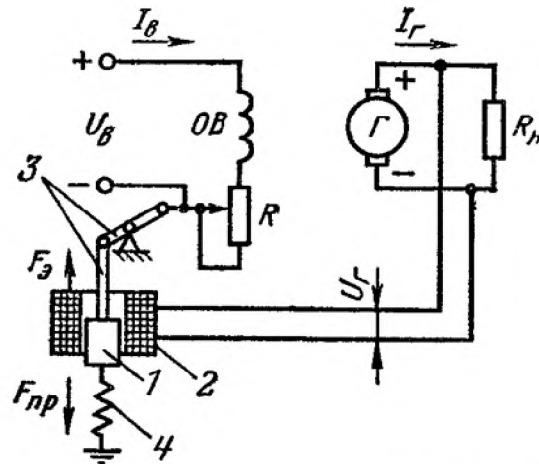


Рис. 3 Регулирование по отклонению

В качестве примера на рис. 3 приведена принципиальная электрическая схема системы, предназначенной для автоматического поддержания напряжения генератора постоянного тока, работающая по принципу отклонения. Система работает следующим образом. При изменении сопротивления нагрузки R_H происходит изменение напряжения генератора U_G . В результате изменяется электромагнитное усилие $F_{\text{э}}$ электромагнита, состоящего из якоря 1, катушки 2 и уравнивающей пружины 4, которая создает усилие $F_{\text{пр}}$. Якорь 1 перемещается вверх или вниз и с помощью рычагов 3 воздействует на движок реостата R , который в свою очередь изменяет сопротивление в цепи обмотки возбуждения (ОВ) генератора. Таким образом, происходит автоматическое изменение тока I_B в цепи обмотки возбуждения, а это приводит к восстановлению регулируемого параметра - напряжения генератора U_G .

Объектом регулирования в рассмотренной системе является генератор G , а автоматическим регулятором служат электромагнит с уравнивающей пружинкой, система рычагов 3 и реостат R . Роль чувствительного, управляющего и преобразующего элементов выполняет электромагнит. Пружина 4 является задатчиком и эталонным элементом, а движок реостата R выполняет роль регулирующего органа.

Принцип регулирования по отклонению позволяет обеспечить бóльшую точность по сравнению с другими принципами регулирования.

В САР, *работающих по возмущению*, измерение регулируемого параметра не производится, а измеряется одна из причин, которая вызывает отклонение регулируемого параметра от заданного значения.

В основу работы указанных систем положен принцип Понселе — Чиколева.

В данном случае сначала выясняют, какое возмущающее воздействие является основным, а затем устанавливают, как необходимо менять значение регулируемого параметра при изменении возмущающего воздействия.

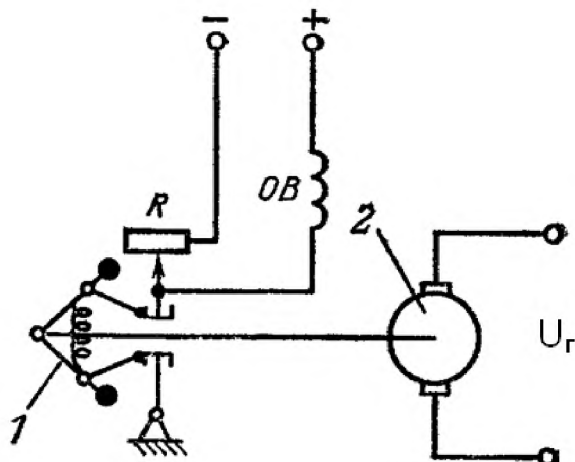


Рис. 4 Регулирование по возмущению

На рис. 4 показана САУ напряжения генератора с регулированием по возмущению. В этой схеме заранее считают, что основным возмущающим воздействием является изменение частоты вращения, поэтому «борьбу» ведут только с этим внешним воздействием. Для этого в цепь обмотки возбуждения (OB) генератора 2 включают реостат R , сопротивление которого автоматически изменяется с помощью центробежного механизма 1 при изменении частоты вращения генератора. В результате напряжение U_G на зажимах генератора остается постоянным.

Для создания высококачественных САУ, как правило, применяют *комбинированное регулирование*, используя одновременное регулирование по отклонению и возмущению. Это дает возможность повысить точность и быстродействие автоматических систем.

*{Автоматические системы регулирования широкое практическое применение получили в XX в. В настоящее время нельзя качественно управлять производственными процессами без применения АСР.}

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ

В этой системе используется стабилизирующий автоматический регулятор. В качестве примера *автоматической системы стабилизации* можно рассмотреть автоматическую систему поддержания температуры на заданном уровне (рис. 5, а).

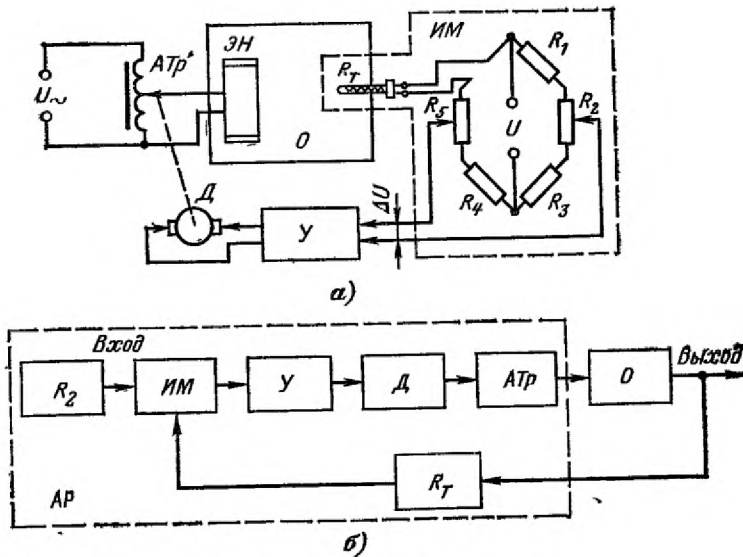


Рис. 5 Автоматическая система стабилизации
а – принципиальная схема, б – структурная схема

разбаланса моста ΔU , фаза которого зависит от знака отклонения температуры объекта от заданной. Напряжение ΔU усиливается и поступает на электродвигатель D , который начинает вращаться в ту или иную сторону в зависимости от фазы напряжения ΔU . Вал двигателя перемещает движок автотрансформатора ATp до тех пор, пока температура в объекте не станет равна заданной. При установившемся режиме и отсутствии возмущающих воздействий система находится в равновесии. С помощью движка реостата R_2 устанавливается заданное значение температуры в объекте.

Структурная схема этой системы показана на рис. 5,б. При сравнении этой схемы со структурной схемой АСР на рис. 3 можно отметить следующее: роль задающего устройства выполняет переменный резистор R_2 , сравнивающим устройством является измерительный мост $ИМ$, роль преобразующего устройства выполняет усилитель $У$. Электродвигатель $Д$, автотрансформатор ATp и электронагреватель $ЭН$ выполняют функции исполнительного устройства, в качестве измерительного устройства используется термометр сопротивления R_T , регулирующим органом является движок автотрансформатора.

К автоматическим системам стабилизации относится также система, показанная на рис. 4, а.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПРОГРАММНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Примером *автоматической системы программного регулирования* может служить система регулирования температуры печи для термической обработки деталей, приведенная на рис. 6.

В этой системе применяется программный автоматический регулятор.

Настройка регулятора в этой системе снабжается специальным программным элементом, представляющим собой рельефную диаграммную ленту I и часовой механизм II , который перемещает ленту слева направо. С помощью программного элемента происходит автоматическое изменение настройки системы по желаемому закону.

Предположим, что необходимо поддерживать постоянную температуру в объекте O , например в электрической печи. В том случае, когда температура в объекте равна заданной, напряжение разбаланса ΔU , поступающее с измерительного моста $ИМ$ (на рис. 5, а показан пунктиром), равно нулю и система находится в равновесии. При изменении температуры в объекте, например, за счет изменения напряжения сети $U \sim$ ток, проходящий через электронагреватель $ЭН$, изменяется, а следовательно, изменяется сопротивление термометра сопротивления R_T и равновесие моста $ИМ$ нарушается. На вход электронного усилителя $У$ поступает напряжение

По рельефной диаграммной ленте 1 катится ролик 2, механически связанный с помощью тяги 3 с рычагом 4, который вращается вокруг оси. Подвижный контакт 5 механически связан со стрелкой автоматического потенциометра 6, показывающего фактическую температуру в печи 7. Измерение температуры в печи осуществляется при помощи термопары 8. Если есть разница между заданной и фактической температурами, то контакт 5 будет касаться одного из неподвижных контактов рычага 4 и на одну из обмоток возбуждения (OB_1 или OB_2) электродвигателя 10 будет подаваться питание. При этом электродвигатель начнет вращаться, перемещая заслонку 9, которая механически связана с его валом. Заслонка закрывает или открывает доступ теплоносителя в печь 7, в результате чего происходит изменение температуры в печи. При равенстве фактической и заданной температур подвижный контакт 5 не касается контактов рычага 4 и электродвигатель 10 останавливается.

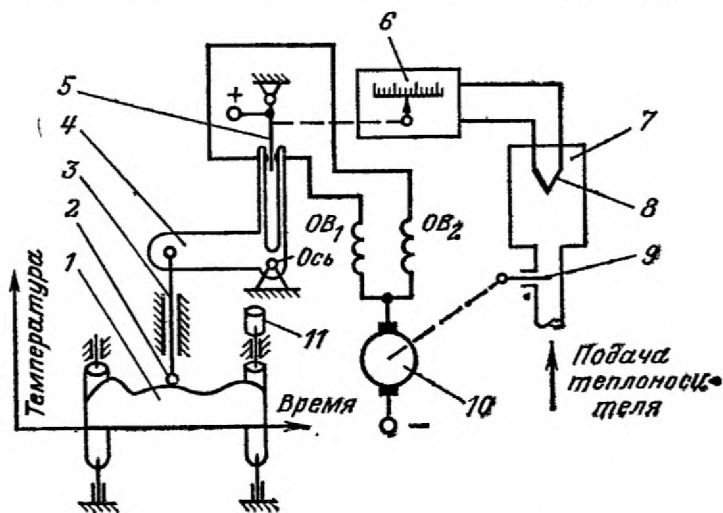


Рис. 6 Автоматическая система программного регулирования температуры в печи

В рассмотренной схеме объектом регулирования является печь 7, роль измерительного устройства выполняет термопара 8; функцию сравнивающего устройства — автоматический потенциометр 6; подвижный контакт 5 — преобразующее устройство; заслонка 9 — регулирующий орган; электродвигатель 10 с механизмом, преобразующим вращение в перемещение заслонки 9, выполняет функцию исполнительного устройства; часовой механизм 11, лента 1, ролик 2, тяга 3 и рычаг 4 представляют собой программное (задающее) устройство.

Следует заметить, что если убрать часовой механизм 11 и ленту 1 и зафиксировать рычаг 4 в определенном положении, то получим автоматическую систему стабилизации.