**Датчики**

## Терминология

Датчики – устройства, служащие для извлечения и предварительной обработки информации о состоянии технологического процесса, агрегатов машин.

Основные функции, выполняемые датчиками, состоят в преобразовании одной физической величины в другую. Первый преобразователь, непосредственно воспринимающий параметр (например, температуру, давление, перемещение машин и их частей), называется чувствительным элементом датчика. Под параметром понимается физическая величина, характеризующая состояние машины, агрегата, технологического процесса. Он может быть представлен как в прямых единицах, например давление в Па, так и в косвенных, например давление в пропорциональной величине электрического сопротивления. После основного элемента (воспринимающего органа) в системе датчика устанавливается преобразователь, служащий для получения в удобной форме сигнала о параметре. Вид и физическая сущность сигнала зависят от условий дальнейшего его использования.

В простейшем случае датчик состоит из одного преобразующего элемента, выполняющего две функции: восприятия и преобразования. К таким датчикам относятся, например, термопара, термометр сопротивления. Сложные датчики могут состоять из большого числа преобразующих элементов, каждый из которых в других устройствах может использоваться как самостоятельный датчик. Параметр, поступающий на чувствительный элемент, называется входной величиной датчика, а сигнал последнего преобразующего элемента – выходной величиной.

## Классификация

Датчики классифицируются (по назначению) в зависимости от входной величины, например перемещений, температуры, давления, расхода, уровня. Для измерения одного и того же параметра можно использовать датчики, имеющие различный принцип действия. Принцип действия датчика определяется его выходной величиной, которая может быть, например, механическим (перемещение), электрическим, гидравлическим или пневматическим сигналом. В системах автоматики чаще всего применяются электрические и механические датчики, реже пневматические и гидравлические.

Датчики классифицируются на омические, индуктивные, ёмкостные, пьезоэлектрические, радиационные, акустические, термические, компенсационные, пневматические, гидравлические и механические. Омические, индуктивные, ёмкостные и пьезоэлектрические датчики называются электрическими.

Омические датчики делятся на реостатные, тензодатчики, контактного сопротивления, электрические, электронные и ионные, магнитоомические.

Индуктивные датчики подразделяются на магнитоупругие, с переменным зазором, с магнитным экраном, трансформаторные, сельсины, поворотные трансформаторы.

Ёмкостные датчики бывают с переменным зазором, с переменной площадью зазора, с переменной диэлектрической средой, с переменной диэлектрической средой, с переменной диэлектрической проницаемостью.

Радиационные датчики существуют двух типов, а именно, видимого излучения (оптические) и жёсткого γ, β и α излучений.

Акустические датчики классифицируются на датчики с изменяющейся интенсивностью звука, с изменением времени прохождения звука, с изменяющейся частотой импульсов, резонансноакустические.

Термические датчики включают в себя датчики с вынужденной теплоотдачей и со свободной конвекцией.

Пневматические датчики как и гидравлические систематизируются по принципу действия на четыре типа: золотниковые, клапанные, дроссельные и струйные.

Механические датчики – это датчики кулачковые, рычажные и трособлочные.

Параметрические датчики – это устройства, в которых неэлектрическая величина преобразуется в параметр электрической цепи, например, сопротивление; в генераторных датчиках происходит преобразование в электродвижущую силу.

При использовании датчиков следует учитывать их характеристики, основные из которых: вид зависимости выходной величины x от входной величины y=f(x); чувствительность датчика – (Δ – приращение); порог чувствительности – минимальное изменение входной величины, способное вызвать изменение выходной величины; погрешность.


## Пример

Датчики давления

Давление – сила, приходящаяся на единицу площади. При определении давления или других параметров (расхода, уровня), связанных с давлением, применяют в основном механические первичные преобразователи силы, связанные с изменением высоты столба жидкости, перемещением упругих элементов, электрическим сопротивлением или электродвижущей силой вторичных преобразователей датчика.

Чувствительные элементы датчиков давления бывают следующих типов жидкостные, сильфонные, мембранные, с трубчатой пружиной, с тензометром и пьезоэлектрические.

В жидкостном датчике давления в зависимости от давления изменяется высота столба жидкости, в сильфоном – перемещение свободного конца гофрированной трубки, в мембранном – перемещение плоскости гофрированной пластины, в датчике с трубчатой пружиной – угол раскручивания пружины, в тензометрическом – электрическое сопротивление, а в пьезоэлектрическом – электрический заряд элемента (за счёт пьезоэлектрического эффекта).

# Регуляторы

## Терминология

Свойства регулируемого объекта можно подразделить на две категории: статические и динамические. Статические свойства регулируемого объекта определяют способность объекта сохранить равновесное состояние, то есть работать на определённом режиме, и показывают связь между различными равновесными состояниями, выражаемую статическими характеристиками. Динамические свойства регулируемого объекта обуславливают характер протекания его переходного процесса от одного статического состояния до другого.

Если в основу классификации положить параметр регулирования, то объекты регулирования можно подразделить на несколько групп. Каждая из них описывается однотипными уравнениями движения, а в качестве регулируемого параметра может выступать любая физическая величина: частота вращения ротора, давление газа или пара в ресивере, уровень жидкости в резервуаре, температура в камере и другие.

При рассмотрении объектов автоматического регулирования следует обращать внимание не на физическую сущность протекающих в нём процессов, а на тип уравнения, которым описываются процессы статики и динамики. Это необходимо для исследования поведения объекта с целью выбора наилучшего регулятора, обеспечивающего устойчивость системы в целом и наилучшие показатели объекта регулирования.

Одним из основных свойств регулируемых объектов является устойчивость их работы. Под этим свойством понимается способность объекта без участия регулятора сохранять равновесное состояние (равновесный режим).

Свойство объекта, характеризирующее его устойчивость, обычно называют самовыравниванием (саморегулированием).

Самовыравнивание – это способность объекта приходить в первоначальное равновесное состояние без помощи регулирующих устройств.

## Классификация

В зависимости от связи между регулятором и регулирующим органом различают прямое и непрямое регулирование. Если для регулирования параметра объекта в регуляторе используется только энергия самого объекта, то такое регулирование называется прямым. Устройства, осуществляющие такое регулирование, называются регуляторами прямого действия. Это возможно в том случае, когда мощность чувствительного элемента больше мощности, необходимой для действия исполнительного механизма. Поэтому такое регулирование ограничено выходной мощностью датчика. В случае использования регуляторов с внешними источниками энергии имеет место непрямое регулирование.

В регуляторах прямого действия перестановка регулирующего органа осуществляется за счёт энергии объекта. В зависимости от числа усилительных элементов последовательно включённых в схему регулятора непрямого действия регуляторы подразделяются на регуляторы с однокаскадным, двухкаскадным и многокаскадным усилениями.

Как указывалось ранее, автоматические системы по поведению в статическом режиме разделяются на статические и астатические.

Система называется статической, если при постоянном входном воздействии ошибка управления стремится к постоянному значению, зависящему от величины воздействия. Если при постоянном входном воздействии ошибка управления стремится к нулю вне зависимости от величины воздействия, то система называется астатической. Астатические системы имеют различный порядок астатизма. Это связано с наличием соответствующих элементов: статических (безынерционных) – элементов, у которых при постоянном входном воздействии с течением времени устанавливается постоянная выходная величина, или астатических – элементов, у которых при постоянном воздействии сигнал на выходе в установившемся режиме непрерывно изменяется с постоянной скоростью, ускорением и так далее.

Астатическое регулирование характеризуется постоянством регулируемого параметра при равновесии системы независимо от положения регулирующего органа. Особенность астатического регулирования заключается в отсутствии пропорциональной связи между установившимся значением регулируемого параметра и положением регулирующего органа. Положительное свойство астатического регулирования – способность поддерживать регулируемые параметры точно на заданном уровне, недостаток – большая инерционность в переходном режиме. Такое регулирование называют интегральным или И-регулированием.

Статическое регулирование характеризуется пропорциональной зависимостью между регулируемым параметром и перемещением регулирующего органа. Положительным свойством статического регулирования является быстрота регулирования и устойчивая функциональная зависимость между регулирующим органом и регулируемым параметром, недостатком – наличие статической ошибки. Такое регулирование называется пропорциональным или П-регулированием.

Изодромное или пропорционально-интегральное регулирование (ПИ-регулирование) совмещает свойства статического и астатического регулирования. При нарушении равновесия системы одновременно начинают работать статическая и астатическая составляющие регулятора. Однако в начальный момент переходного процесса преобладающее влияние на перемещение регулирующего органа оказывает более быстрое статическое регулирование. Окончание процесса статического регулирования характеризуется равновесием системы. При этом регулирующий орган будет занимать положение, отличное от первоначального, дальнейшее регулирование происходит по астатическому закону до тех пор, пока регулирующий орган не займёт первоначальное положение. Воздействие регулирующего органа определяется как сумма статического и астатического воздействий.

Изодромное регулирование характеризуется зависимостью регулирующего параметра от величины отклонения регулируемого параметра и от его интеграла по времени. Изодромное регулирование объединяет преимущества астатического и статического регулирования, процесс протекает быстро, без значительных колебаний, и регулируемый параметр по окончании переходного процесса возвращается к заданному значению.

Если в изодромном регулировании дополнительно воздействовать на перемещение регулирующего органа величиной, связанной со скоростью изменения регулируемого параметра и равной первой производной величины изменения регулируемого параметра по времени, получим ПИД-регулирование (пропорционально-интегрально-дифференциальное).

## Пример

На рисунке приведён регулятор прямого действия, предназначенный для поддержания постоянства частоты вращения гидравлического механизма. При отклонении угловой частоты вращения вала машины от заданного значения меняется центробежная сила грузов 2, в связи с чем изменяется положение муфты 5, которая рычагом 3 изменяет положение регулирующего органа – клапана 4. В этом примере центробежный чувствительный элемент непосредственно управляет регулирующим органом машины.

# Усилители

## Терминология

При получении информации от первичных преобразователей или измерительных схем сигнал настолько слаб, что его невозможно использовать без дополнительного усиления – преобразования сигнала в сигнал того же вида энергии, но более мощный. В усилителе происходит преобразование по функции y=k∙x, где y – сигнал выхода, x – сигнал входа, k – коэффициент усиления.

## Классификация

Усилители классифицируются по принципу действия в зависимости от вида действующей в них энергии: электрические (электронные, магнитные, на сопративлениях, на транзисторах, на трансформаторах); механические, электромеханические, электромашинные, пневматические, гидравлические; по назначению – мощности, напряжения, тока, избирательные, дифференциальные, низкой частоты, высокой частоты, фотоэлектрические, релейные.

Для усиления дискретных сигналов применяют специальные релейные устройства. Реле могут быть как контактные, так и бесконстактные. Дискретные усилительные устройства используются в схемах для создания определённых логических зависимостей.

Для усиления дискретных сигналов наиболее широкое распространение получили электромагнитные реле, относящиеся к электромеханическим устройствам преобразования. По назначению различают две группы электромеханических реле: реле напряжения и токовые реле.

## Пример

Электронные усилители служат для увеличения постоянного или переменного напряжения и силы тока. При этом обязательно происходит усиление мощности сигнала. Путём изменения сопротивления в цепи можно получить высокое напряжение при низкой силе тока или, наоборот, низкое напряжение при большом токе.

Основным элементом в электронном усилителе является ламповый или полупроводниковый триод. Небольшое изменение напряжения (входной сигнал) преобразуется триодом в значительные изменения проходящего через него тока.

Ламповый триод состоит из трёх металлических электродов: катода К, анода А и сетки С, запаянных в металлическом баллоне. Внутри катода расположена спиральная вольфрамовая проволока Н – нить накала. Нагрев нити приводит к выходу электронов с поверхности катода и образованию электронного облака. Если к аноду приложить положительное напряжение, то электроны с катода устремятся к аноду и с увеличением анодного напряжения будет возрастать анодный ток.

Сетка расположена значительно ближе к катоду, чем к аноду. Поэтому если на сетку подавать небольшое напряжение, то изменение его значительно сильнее будет влиять на анодный ток, чем анодное напряжение. Обычно на сетку подают отрицательное по отношению к катоду напряжение и электроны на сетке уменьшают анодный ток. При некотором значении сеточного напряжения анодный ток становится равным нулю и лампа запирается. Прикладывая и снимая такое критическое напряжение, электронную лампу можно использовать в качестве переключающего устройства.

# Исполнительные механизмы

## Терминология

Исполнительное устройство системы регулирования – это устройство, воздействующее на процесс в соответствии с получаемой командой информацией. Эти устройства состоят из двух основных блоков (исполнительного механизма и регулирующего органа), могут оснащаться дополнительными блоками.

В системах автоматического регулирования сред исполнительный механизм предназначен для перемещения затвора регулирующего органа, который воздействует на процесс путём изменения пропускной способности.

## Классификация

Основные исполнительные механизмы – беспружинные мембранные, пружинные мембранные, поршневые пружинные; поворотные, многооборотные, прямоходные; пневматические, гидравлические, электрические.

В зависимости от вида используемой энергии и конструктивных особенностей исполнительные механизмы классифицируются на: пневматические, электрические, гидравлические, электропневматические, электрогидравлические, пневмогидравлические, мембранные, поршневые, мембранные гидравлические, поршневые гидравлические.

В зависимости от конструктивных особенностей регулирующих органов исполнительные устройства классифицируются на: заслоночное, односедельное, двухседельное, трёхходовое, шланговое.

## Пример

В гидравлических, пневматических, а также смешанных системах автоматического регулирования в качестве исполнительных элементов широко используются гидравлические или пневматические сервомоторы – силовые элементы, преобразующие энергию потока жидкости или газа (воздуха) в механическую энергию перемещения поршня, поворота лопасти или вращения выходного вала.

Из гидравлических сервомоторов наиболее распространены поршневые, лопастные и роторные.

Поршневой сервомотор состоит из цилиндра, поршня, крышки и штока. При подаче жидкости под давление в левую часть цилиндра поршень со штоком перемещается вправо, при подаче жидкости в правую часть цилиндра поршень со штоком перемещаются влево.

**Список литературы**

1. Богданов К.Л., Зеленов И.Б. «Основы автоматизации работы строительных машин.» Учеб. пособие для техникумов. М., Строиздат, 1976. 175 с.
2. Кириллин В.А. и др. Техническая термодинамика: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1983.