

## Тема 1.3. ДАТЧИКИ

1. Назначение и общие характеристики датчиков.
2. Классификация электрических датчиков

### 1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДАТЧИКОВ.

Датчик — это элемент автоматики, который воспринимает воздействие контролируемого или регулируемого параметра процесса или объекта управления, преобразует его в выходной сигнал, удобный для дальнейшего использования (обычно электрический сигнал).

\*{Сигнал от датчика можно усилить и передать на значительное расстояние. Поэтому датчики часто называют *электрическими* преобразователями, а также измерительными, или чувствительными, элементами.

\*{Токарный станок-полуавтомат заканчивает обработку детали. При достижении резцом крайнего положения передвигающийся вместе с резцом специальный упор воздействует на датчик — конечный выключатель, и держатель резца изменит направление движения на обратное.

\*{Температура в топке котла достигает максимального значения. Датчик-термопара, преобразующий тепловую энергию в электрическую, выработает сигнал, по которому форсунки, впрыскивающие в топку топливо, будут перекрыты.

\*{За окном сгустились сумерки, и в помещении зажегся свет. Это произошло при помощи несложной системой автоматики. Датчиком в такой системе является фотоэлемент. При хорошей освещенности на него падает много света и он пропускает электрический ток. Значения тока достаточны, чтобы удерживать электромагнитом пружину выключателя. Но вот освещенность падает, усилие электромагнита ослабевает и пружина замыкает цепь освещения. }

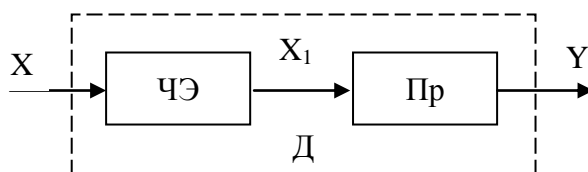


Рис. 1. Структура датчика

В общем виде датчик Д (рис. 1) состоит из чувствительного элемента ЧЭ и преобразователя Пр. Чувствительный элемент преобразует контролируемую величину X в промежуточный сигнал X<sub>1</sub>. В преобразователе, как правило, происходит превращение неэлектрического сигнала X<sub>1</sub> в электрический сигнал Y. У большинства датчиков чувствительный элемент сразу преобразует неэлектрический сигнал в электрический (терморезистор, термопара и т.д.)

Для примера рассмотрим работу манометра реостатного типа (рис. 2)

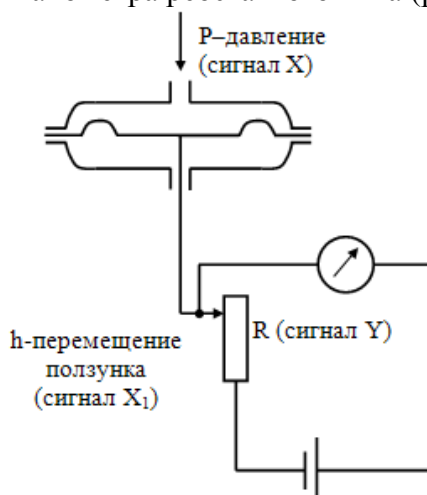


Рис. 2 Схема манометра реостатного типа

Давление  $P$  (сигнал  $X$ ) сначала преобразуется с помощью чувствительного элемента (мембраны) в механическое перемещение ползунка реостата  $h$  (сигнал  $X_1$ ). Затем уже в преобразователе (реостате) происходит изменение электрического сопротивления  $R$  (сигнал  $U$ ) и в результате изменяется ток в цепи.

Общими характеристиками датчиков являются:

статическая характеристика; инерционность; динамическая (дифференциальная) чувствительность; порог чувствительности; погрешность; момент или усилие, требуемые от источника входного сигнала; выходная мощность и выходное сопротивление датчика.

К датчикам предъявляются общие требования:

- 1) непрерывная и линейная зависимость выходной величины от входной;
- 2) высокая динамическая (дифференциальная) чувствительность;
- 3) малая инерционность;
- 4) наименьшее влияние датчика на измеряемый или регулируемый параметр;
- 5) надежность в работе;
- 6) применимость к используемой измерительной аппаратуре и источникам питания;
- 7) наименьшая себестоимость;
- 8) минимальные масса и габариты.

При выборе датчика необходимо также учитывать особенности исследуемого процесса: периодичность и максимальную частоту воздействий, атмосферные условия (влажность и температуру воздуха), наличие вибраций в установке и т. д.

## 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

В настоящее время наибольшее распространение в автоматике и телемеханике получили электрические датчики, которые можно разделить на две большие группы: параметрические и генераторные (или датчики ЭДС).

### 2.1 Параметрические датчики

Параметрические датчики служат для преобразования неэлектрического контролируемого или регулируемого параметра в параметры электрической цепи: сопротивление  $R$ , индуктивность  $L$ , емкость  $C$ , сила тока  $I$ . Эти датчики получают электрическую энергию от вспомогательного источника энергии.

Параметрические датчики делятся на датчики активного сопротивления (контактные, реостатные, потенциометрические, тензодатчики, терморезисторы, фотодатчики с внешним и внутренним фотоэффектом) и реактивного сопротивления (индуктивные, емкостные).

#### Датчики активного сопротивления

а) Контактные датчики это датчики, в которых механическое перемещение преобразуется в замкнутое или разомкнутое состояние контактов, управляющих одной или несколькими электрическими цепями. При замыкании контактов активное сопротивление между ними изменяется от бесконечности до небольшого значения, а при размыкании контактов оно изменяется в обратном направлении, т.е. от небольшого значения до бесконечности.

Материал для контактов выбирают, учитывая условия работы датчика, а именно: напряжение, подаваемое на контакты, мощность управляемой цепи, контактное давление. В качестве материала для контактов применяют серебро, вольфрам, золото, платину, сплавы платины с иридием. Контактные датчики широко применяются в машиностроительной промышленности, при автоматическом контроле и сортировке по линейным размерам изделий. К достоинствам этих датчиков относятся: простота конструкции и сравнительно высокая точность до 1—2 мкм, а к недостаткам — обгорание контактов, которые периодически приходится зачищать и подрегулировать.

б) Реостатные и потенциометрические датчики служат для преобразования углового или линейного перемещения в изменение электрического сопротивления. Эти датчики выполнены в виде переменного сопротивления, подвижный контакт которого механически связан с преобразуемым элементом.

Обычно они представляют собой проволочный реостат, ползунок которого перемещается под воздействием контролируемого или регулируемого параметра.

Для обмоток реостатных и потенциометрических датчиков применяется константановая, манганиновая, нихромовая, новоконстантановая и другая проволока. Для датчиков с малым контактным давлением применяется проволока из сплавов серебра, платины и золота.

в) Тензодатчик (тензорезистор) - это датчик специальной конструкции, предназначенный для измерения статических или динамических деформаций в деталях. В основе их работы лежит явление тензоэффекта, заключающееся в изменении активного сопротивления проводников при их механической деформации. Под действием приложенной силы, происходит растяжение или сжатие чувствительного элемента датчика, и в результате изменяются его длина и площадь сечения.

В настоящее время широко применяются проволочные, фольговые и полупроводниковые тензодатчики.

г) Терморезистор (термосопротивление) это устройство, содержащее проводник или полупроводник, электрическое сопротивление которого сильно меняется при изменении температуры окружающей среды. Материалом для проводника используют медь, никель и платину. Такие терморезисторы получили название термометров сопротивления. Последние широко применяются в приборах для измерения температуры воздуха, воды и масла.

д) Фоторезисторы представляют собой приборы, реагирующие на световое излучение, при изменении интенсивности которого изменяется электрическое сопротивление датчика. Эти датчики состоят из слоя полупроводника и работают на основе внутреннего фотоэффекта, который заключается в перераспределении электрических носителей в веществе под действием светового потока.

е) Вакуумные или газонаполненные фотоэлементы работают на основе внешнего фотоэффекта. Они представляют собой стеклянный баллон (лампу) из которого откачан воздух или закачан инертный газ (аргоном), на внутреннюю поверхность которого нанесен светочувствительный слой из полупроводникового материала (сурьма, цезий), являющийся катодом. Внутри баллона установлен также второй электрод в виде кольца, являющийся анодом. Световые лучи, попадая на поверхность катода, вызывают эмиссию (испускание) электронов, которые под действием напряжения питания устремляются к аноду. Таким образом, в цепи анод—катод возникает электрический ток, сила которого зависит от величины светового потока.

#### Датчики реактивного сопротивления

а) Индуктивный датчик представляет собой электромагнитный дроссель, у которого изменяется индуктивное сопротивление при перемещении подвижного якоря. Они широко применяются для измерения малых угловых и линейных перемещений, механических деформаций, контроля размеров деталей, а также для управления следящими устройствами.

б) Емкостный датчик представляет собой конденсатор, в котором изменяется емкостное сопротивление при изменении контролируемой (регулируемой) неэлектрической величины. Изменение емкости может происходить путем изменения расстояния между пластинами, либо изменением активной площади пластин или изменением диэлектрической проницаемости зазора между пластинами.

## 2.2. Генераторные датчики

Генераторные датчики предназначены для преобразования неэлектрического контролируемого или регулируемого параметра в ЭДС. Эти датчики не требуют постороннего источника энергии, так как являются источниками ЭДС. Генераторные датчики бывают термоэлектрические, пьезоэлектрические, тахометрические и вентильные фотоэлементы.

а) К термоэлектрическим датчикам относятся термопары - приборы, состоящие из двух разнородных по материалу проводников, концы которых спаяны между собой, при наличии разности температур спаев возникает термо-эдс  $E$  в цепи.

В основу работы термопары положено явление термоэлектрического эффекта, открытого в 1756 г. русским академиком Ф. У. Эпинусом. Если соединить концы двух разнородных по материалу проводников и места соединений поместить в среды с различными температурами  $t_1$  и  $t_2$ , то в цепи термопары появляется термо-ЭДС, которая будет тем больше, чем больше разность температур спаянных концов термопары  $t_1 - t_2$ .

\*{Конец термопары, имеющий температуру  $t_1$ , называется рабочим концом (горячим спаем), а конец термопары, находящийся при постоянной температуре  $t_2$ , называется свободным концом (холодным спаем).}

Проводники, с помощью которых образуется термопара, называются *термоэлектродами*. Термоэлектроды обычно изготавливаются из чистых металлов (платина, золото, никель, медь, железо, вольфрам, молибден), сплавов (константан, нихром, платинородий, чугун, алюмель, копель, хромель) и полупроводниковых материалов (уголь, карборунд). Термоэлектроды бывают термоположительными и термоотрицательными.

\*{Термоположительный электрод — это такой термоэлектрод, на котором при соединении его с химически чистой платиной при  $t_1 > t_2$  образуется положительный потенциал по отношению к платине. Термоотрицательный электрод — это термоэлектрод, на котором при тех же условиях образуется отрицательный потенциал по отношению к платине.

Например, при соединении железа с платиной при температуре рабочего конца  $t_1 = 100^\circ\text{C}$  и свободного конца  $t_2 = 0^\circ\text{C}$  железо имеет по отношению к платине положительный потенциал, равный  $E_{\text{ж.п.}} = +1,75$  мВ. При соединении копеля с платиной при  $t_1 = 100^\circ\text{C}$  и  $t_2 = 0^\circ\text{C}$  на копеле образуется по отношению к платине отрицательный потенциал  $E_{\text{к.п.}} = -4,0$  мВ.

б) Пьезоэлектрические датчики основаны на использовании пьезоэлектрического эффекта, который бывает прямым и обратным.

Прямой пьезоэффект заключается в том, что некоторые материалы имеют способность образовывать на гранях своих поверхностей электрические заряды при воздействии на них механических нагрузок.

Обратный пьезоэффект состоит в том, что если к этим материалам прикладывать электрическое поле, то они будут механически деформироваться.

К важнейшим природным материалам, которые обладают пьезоэлектрическим эффектом, можно отнести кварц и турмалин. Для пьезоэлектрических датчиков, кроме природных материалов кварца и турмалина, применяются в технике также искусственные кристаллы: сегнетова соль (КНТ), дигидрофосфат калия (КДР), дигидрофосфат аммония (АДР) и др.

в) Тахометрические датчики представляют собой маломощные электрические машины, работающие в режиме генератора. В них механическое вращение преобразуется в электрический сигнал. Они широко применяются для контроля частоты вращения различных двигателей.

Выходная величина тахогенератора — электрическое напряжение — пропорциональна входной величине — угловой скорости вращения его вала. В зависимости от вида выходного напряжения и конструкции они делятся на тахогенераторы постоянного и переменного тока.

г) К генераторным фотоэлектрическим датчикам относятся фотодиоды и фототранзисторы, работающие на вентильном эффекте. В этих фотоэлементах свет воздействует на полупроводниковые  $p-n$  переходы, вызывая генерацию в них электрической разности потенциалов и изменяя проводимость переходов.