

45-46 Датчики. Классификация, устройство, принцип работы. Тепловые датчики. Датчики давления, пути.

Датчик – это устройство, воспринимающее внешние воздействия и реагирующее на них изменением электрических сигналов. Датчик предназначен для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем. Этот сигнал может быть электродвижущей силой, тогда датчик называется активным (генераторным), например термопара, пьезоэлемент, фотодиод. Сигнал может представлять собой изменение какого-нибудь электрического параметра – сопротивления, ёмкости, индуктивности – тогда он называется пассивным (параметрическим).

Датчик может дополнительно содержать промежуточные измерительные преобразователи, а также меру, с которой сравнивается измеряемая величина. Датчик может быть вынесен на значительное расстояние от устройства, принимающего его сигналы. Датчик расположен непосредственно на объекте контроля, часто в тяжёлых условиях эксплуатации, которые определяют конструкцию датчика.

Классификация датчиков

По виду измерительных сигналов

- Аналоговые
- Цифровые

По среде передачи сигналов

- Проводные
- Беспроводные

По взаимодействию с источниками информации

- Контактные
- Бесконтактные (дистанционного действия)

По принципу действия

- Оптические датчики (фотодатчики)
- Магнитоэлектрический датчик (На основе эффекта Холла)
- Пьезоэлектрический датчик
- Тензопреобразователь
- Ёмкостный датчик
- Потенциометрический датчик
- Индуктивный датчик
- Термопара

По измеряемому параметру

- Датчики давления
- Датчики расхода
- Уровня
- Температуры
- Индукции магнитного поля
- Перемещения
- Положения
- Фотодатчики
- Датчик звука
- Датчик вибрации
- Датчик влажности

Контактные датчики температуры:

Термопары — это датчики, основанные на измерении разности потенциалов или напряжения, возникающего при контакте разнородных металлов. При контакте проводников электроны переходят к тому, в котором они могут находиться с наименьшим уровнем энергии. В результате такого перехода один проводник заряжается положительно, а другой – отрицательно; контактная разность потенциалов между двумя проводниками может достигать нескольких вольт. Значение контактной разности потенциалов максимально при низкой температуре и уменьшается с ростом теплового движения электронов.

Термопару спаивают или сваривают из двух различных проводников в двух местах, при этом образуется замкнутая электрическая цепь. Один из спаев помещают в измеряемый объект, другой в термостат. Если температура спаев разная, то значения контактной ЭДС тоже разные. Эта разница вызывает ток, называемый термоэлектрическим; если цепь разорвать, то в любом месте мы обнаружим разность потенциалов, которую называют термоэлектродвижущей силой.



Термопары являются самыми популярными типами термодатчиков в промышленности.

Основные характеристики термопар

Термопара	Название	Тип МЭК	ТермоЭДС, мкВ/К	Диапазон, °С,	
				от	до
Медь-константан	ТМК	<i>T</i>	~50	200	350
Железо-константан	ТЖК	<i>J</i>	~60	200	600
Хромель-копель	ТХК	<i>L</i>	~75	200	600
Хромель-алюмель	ТХА	<i>K</i>	~40	200	1000
Никросил-нисил	ТНН	<i>N</i>	~30	-270	1300
Платинородий (10 % Rh)-платина	ТПП10	<i>S</i>	~12	0	1300
Платинородий (13 % Rh)-платина	ТПП13	<i>R</i>	~12	0	1300
Платинородий (30 % Rh)-платинородий (6 % Rh)	ТПР	<i>B</i>	~12	200	1700
Вольфрамрений (5% Re)-вольфрамрений (20% Re)	ТВР	<i>A-1, A-2, A-3</i>	~10	0	2200 0 1800

Термометры сопротивления, или RTD, измеряют температуру на основе того, как сопротивление проводника изменяется при различных значениях температуры.



Эксплуатационные отличия термопар от термометров сопротивления.

Температурный диапазон: термопары лучше всего подходят для работы при высоких температурах. Новые производственные технологии расширили диапазон измерений датчиков сопротивления, но более 90% из термометров сопротивления рассчитаны на температуру ниже 400°C. Напротив, некоторые термопары можно использовать при температуре до 2500°C.

Стоимость: термопары обычно дешевле термометров сопротивления. Термометры сопротивления часто будет стоить в два или три раза дороже, чем термопара с той же температурой и типом. Можно сэкономить на установке термометра сопротивления, которая дешевле установки термопары, так как используется недорогая медная проволока, а не качественный термопарный провод или компенсационный кабель. Однако этой экономии недостаточно, чтобы компенсировать более высокую цену устройства.

Чувствительность: хотя оба типа датчиков быстро реагируют на изменения температуры, термопары работают быстрее. Заземленная термопара срабатывает почти в три раза быстрее, чем термометр сопротивления. Самый быстродействующий температурный датчик представляет собой термопару с открытым наконечником. Однако производственные усовершенствования также значительно улучшили время отклика тонкоплёночных датчиков сопротивления PT100.

Точность: термометры сопротивления обычно более точны, чем термопары. RTD обычно имеют точность $0,1^{\circ}\text{C}$, по сравнению с 1°C для большинства термопар. Однако некоторые модели термопар могут соответствовать по точности термометрам сопротивления. Многие факторы, которые могут повлиять на точность датчика, включают линейность, воспроизводимость или стабильность.

Линейность: Зависимость температуры от сопротивления в RTD почти линейна в диапазоне датчика, в то время как термопара имеет S-образную диаграмму.

Стабильность: показания датчика сопротивления остаются стабильными и воспроизводимыми в течение длительного времени. Показания термопары имеют тенденцию дрейфовать из-за химических изменений в датчике (таких как окисление). Линейность RTD и отсутствие дрейфа делают их более стабильными в долгосрочной перспективе.

Терморезисторы это полупроводниковые приборы сильной зависимостью сопротивления от температуры. Чаще всего с отрицательным температурным коэффициентом (при увеличении температуры сопротивление падает) однако могут быть и с положительным. Выглядит как обычный резистор.

Позистор это полупроводниковый прибор, который при изменении температуры скачкообразно изменяет своё сопротивление. Имеет положительный коэффициент сопротивления и форму керамических дисков

Интегрированные сборки содержат датчики температуры в силиконовой оболочке, могут иметь в своём составе интегральные схемы. Они обеспечивают показания напряжения, которые можно напрямую прочитать на экране дисплея подключенного устройства, такого как микроконтроллер. Эти датчики широко используются в потребительских электронных устройствах.

Биметаллическая пластинка. Один слой пластины изготовлен из металла, сильно изменяющего свои размеры от нагрева. Для другого слоя выбран материал с очень малым температурным расширением. В результате при нагревании пластинка постепенно изгибается и размыкает контакт.

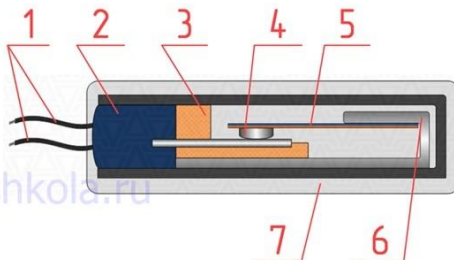
Биметаллический термостат

Внешний вид



- 1 – токовводы;
- 2 – эпоксидная резина;
- 3 – изолирующий материал;

Устройство



- 4 – контакт;
- 5 – биметаллическая пластинка;
- 6 – держатель;
- 7 – внешний защитный корпус.

Некоторые типы бесконтактных датчиков температуры:

Акустические измерительные устройства. Эти устройства работают на основе колебаний температуры, которые возникают из-за скорости распространения звука. Как правило, они измеряют температуру резонансным методом.

Инфракрасные измерительные устройства. Эти устройства используют тепловое излучение для измерения изменений температуры. Тепловые волны фокусируются на объекте. При этом генерируется электрический сигнал, прямо пропорциональный количеству излучения, и измеряется температура.

Датчики давления

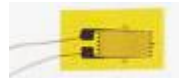
Датчик давления состоит из первичного преобразователя давления, в составе которого чувствительный элемент — приемник давления, схемы вторичной обработки сигнала, различных по конструкции корпусных деталей, в том числе для

герметичного соединения датчика с объектом и защиты от внешних воздействий и устройства вывода информационного сигнала. Основными отличиями одних приборов от других являются пределы измерений, динамические и частотные диапазоны, точность регистрации давления, допустимые условия эксплуатации, массогабаритные характеристики, которые зависят от принципа преобразования давления в электрический сигнал: тензометрический, пьезорезистивный, ёмкостный, резонансный, пьезоэлектрический, индуктивный, и другие.

Тензометрический метод

Чувствительные элементы датчиков базируются на принципе изменения сопротивления при деформации тензорезисторов, приклеенных к упругому элементу, который деформируется под действием давления.

Тензорезистор (от лат. *Tensus* — напряжённый и лат. *resisto* — сопротивляюсь) — резистор, сопротивление которого изменяется в зависимости от его деформации. Физический принцип довольно прост: тензоэлемент представляет собой тонкую металлическую проволочку или полоску фольги (из медно-никелевого или хромо-никелевого сплава), сложенную в спиральную «гармошку» и наклеенную на изолирующую подложку. При её деформации происходит удлинение материала относительно исходного размера. Следовательно, изменяется омическое сопротивление проводника (как известно, оно пропорционально длине проводящей части).



Тензорезистор является основной составной частью тензодатчиков, применяющихся для косвенного измерения силы, давления, веса, механических напряжений, крутящих моментов.

Пьезорезистивный метод

Основан на интегральных чувствительных элементах из монокристаллического кремния. Кремниевые преобразователи имеют высокую чувствительность при деформировании давлением благодаря изменению удельного объемного сопротивления полупроводника.

Для измерения давления чистых неагрессивных сред применяются так называемые Low cost — решения, основанные на использовании чувствительных элементов либо без защиты, либо с защитой силиконовым гелем.

Для измерения агрессивных сред и большинства промышленных применений используется преобразователь давления в герметичном металло-стеклянном корпусе, с разделительной диафрагмой из нержавеющей стали, передающей давление измеряемой среды посредством кремнийорганической жидкости.

Ёмкостный метод

Ёмкостный метод основан на зависимости изменения электрической ёмкости между неподвижной обкладкой конденсатора и измерительной мембраной от подаваемого давления.

"Сердцем" датчика давления является ёмкостная ячейка.

Основным преимуществом ёмкостного метода является защита от перегрузок (измерительная мембрана при перегрузке ложится на стенки «обкладки» конденсатора, длительное время не подвергаясь деформации. При снятии перегрузки мембрана восстанавливает исходную форму, при этом дополнительная калибровка сенсора не требуется). Также обеспечивается высокая стабильность метрологических характеристик, уменьшение влияния температурной погрешности за счёт малого объема заполняющей жидкости непосредственно в ячейке.



Резонансный метод

В основе метода лежит изменение резонансной частоты колеблющегося упругого элемента при деформировании его силой или давлением. Это и объясняет высокую стабильность датчиков и высокие выходные характеристики прибора.

К недостаткам можно отнести индивидуальную характеристику преобразования давления, значительное время отклика, невозможность проводить измерения в агрессивных средах без потери точности показаний прибора.

Пьезоэлектрический метод.

Пьезоэлектрические вещества (пьезоэлектрики), в частности пьезокерамика, имеет то свойство, что при деформации под действием внешнего механического давления на их поверхности возникают электрические заряды.

Конструктивно пьезоэлемент представляет из себя пьезокерамику с нанесёнными электродами. Пьезоэлементы могут быть разнообразной формы: в виде дисков, колец, трубок, пластин, сфер и др.



Индуктивный метод

Основан на регистрации **вихревых токов (токов Фуко)**. Чувствительный элемент состоит из двух катушек, изолированных металлическим экраном – мембраной. Мембрана сделана из ферромагнитного материала через неё осуществляется индуктивная связь между катушками. Преобразователь измеряет смещение мембраны. Включение его в цепь генератора даёт возможность преобразовать давление в стандартизованный сигнал, по своим параметрам прямо пропорциональный приложенному давлению.



Датчики пути

Концевой выключатель (правильное обозначение **конечный выключатель** либо **путевой выключатель**) — **электрический контакт** для цепей управления, приводимый в действие непосредственным **механическим воздействием механизма или части машины**.

Потенциометрический датчик — датчик, входным сигналом которого является **перемещение контакта**, а выходным — **напряжение, которое можно снять с этого контакта**.

В общем случае, потенциометрический датчик представляет собой обмотку или полосу из материала с высоким электрическим сопротивлением (как правило, выполненную в виде неподвижного элемента конструкции), на которую подается питающее напряжение и подвижной щётки, с которой и снимается выходной сигнал.

Существуют **два основных типа** потенциометрических преобразователей:

1. **Преобразователи угловых перемещений.**
2. **Преобразователи линейных перемещений.**