

Лекция 2
Датчики. Классификация.
Характеристики. Принципы
работы

План занятия

- Датчики. Определения.
 - Классификация датчиков.

 - Термодатчики.
 - Датчики давления
 - Другие типы датчиков.

 - Характеристики датчиков.
-

Определение

- **Датчик** — конструктивно обособленное устройство, содержащее один или несколько первичных измерительных преобразователей (ГОСТ Р 8.673-2009).
 - **Датчик** — средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем (ГОСТ Р 51086-97).
-

Классификация

Существует множество систем классификации датчиков.

По типу выходного сигнала:

- Электрические.
- Неэлектрические.

По представлению выходного сигнала:

- Аналоговые.
 - Цифровые.
-

Классификация

По необходимости электропитания:

- **Активные**

(необходим внешний источник энергии).

- **Параметрические** (входной сигнал изменяет какой-либо параметр внешнего электрического сигнала).

- **Пассивные**

(не нуждаются во внешнем источнике энергии, энергия входного воздействия преобразуется в выходной сигнал).

Классификация

По структуре:

- Датчики прямого действия
(внешнее воздействие -> электрический сигнал).
- Составные датчики
(внешнее воздействие -> другие виды энергии -> электрический сигнал).

По точке отсчета:

- Абсолютные.
 - Относительные (измеряют разницу было-стало).
-

Классификация

По измеряемой величине:

- Температурные.
 - Датчики давления.
 - Датчики влажности.

 - Датчики расхода.
 - Датчики уровня.
 - Датчики количества.

 - Датчики положения.
 - Датчики ускорения.
-

Классификация

По измеряемой величине (продолжение):

- Магнитные.
 - Электрические.
 - Фотодатчики.
 - Звуковые.

 - Радиоактивности.
 - Содержания химических веществ.

 - Времени.
 - И другие.
-

Классификация

По принципу работы (используемому физическому принципу):

- Изменение электрических характеристик (сопротивление, активное и реактивное) при изменении внешней среды.
- Детектирование электромагнитных волн различной частоты.
- Химические реакции.
- И т.д.

План занятия

- Датчики. Определения.
- Классификация датчиков.

- **Термодатчики.**
- Акселерометры.
- Датчики на основе гироскопа.
- Сенсорные экраны.
- Другие типы датчиков.

- Характеристики датчиков.

Датчики температуры

Измеритель температуры?



Датчики температуры

Для «визуальных» датчиков температуры часто используется свойство веществ увеличиваться в объеме при увеличении температуры.

Но это свойство сложно использовать для получения электрического сигнала:



Датчики температуры

Датчики температуры могут использовать несколько физических явлений:

- Изменение сопротивления вещества при изменении температуры (терморезисторы).
 - Эффект Зеебека (термопары).
 - Измерение инфракрасного излучения (пирометры).
 - Кварцевые преобразователи.
 - И другие.
-

Датчики температуры: терморезисторы

Сопротивление материалов в зависимости от температуры:

$$R=R_0 \cdot (1+a \cdot (t-t_0))$$

R_0 — удельное сопротивление при температуре t_0 .

a — функция зависимости сопротивления от температуры.

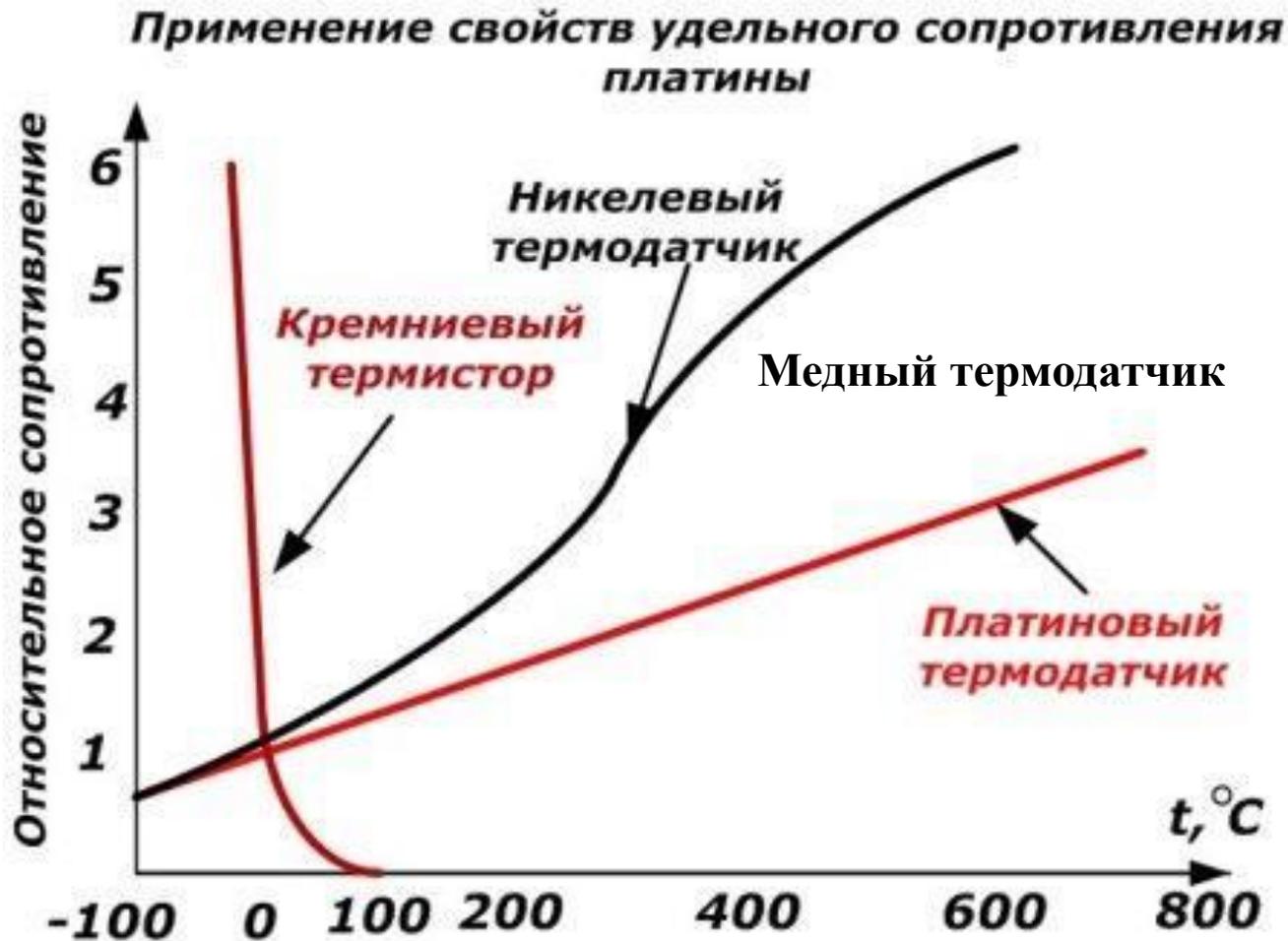
Для некоторых веществ в ограниченных диапазонах температур можно считать, что $a=\text{const}$ (температурный коэффициент).

Датчики температуры: терморезисторы

Какое вещество выбрать:

- Вещество не должно изменять агрегатное состояние и вступать в реакции с окружающей средой в рабочем диапазоне температур
 - Вещество не должно иметь слишком большое сопротивление в рабочем диапазоне температур
 - Функция $a(t)$ по возможности должна быть линейна.
 - Металлы
 - Полупроводники
-

Датчики температуры: терморезисторы



Датчики температуры: терморезисторы

Металлы:

- Платина
 - цена
- Медь
 - коррозия при больших температурах
- Никель

Полупроводниковые (темисторы):

- Кремниевые
 - Металл-оксидные
-

Датчики температуры: термопары

Эффект Зеебека (термоэлектрический эффект) — возникновение ЭДС в электрической цепи, состоящей из последовательно соединенных разнородных проводников или полупроводников, контакты между которыми находятся при разной температуре.

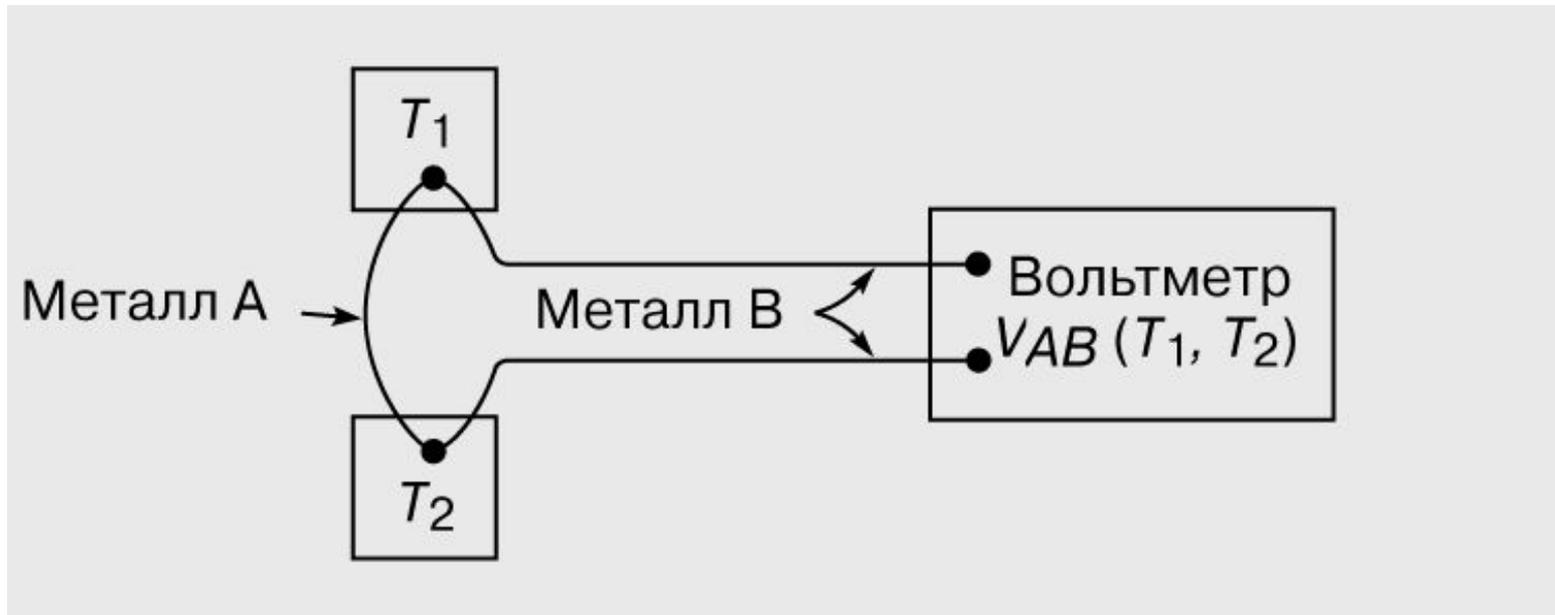
Причины:

- Объемная ЭДС: чем выше температура, тем больше энергия электронов (в полупроводниках — выше концентрация электронов проводимости) -> поток электронов от горячей части к холодной.
-

Датчики температуры: термопары

- Контактная ЭДС: температура \rightarrow энергия Ферми \rightarrow разность потенциалов.
 - Если температура контактов равна, то эти разности потенциалов равны, но разнонаправлены, поэтому ЭДС не возникает.
 - Если части имеют два контакта и температура их различна, то различны и энергии Ферми, и разности потенциалов, и электрические поля \rightarrow ЭДС.
 - Фононое увлечение: усиление объемной ЭДС за счет колебания атомов кристалла.
-

Датчики температуры: термопары



- T_1 — известна;
- V_{AB} — измеряется;
- T_2 — рассчитывается.

Датчики температуры: термопары



**К
вольтметру**

**К тому, температуру
чего
нужно измерить**

Датчики температуры: термопары

- Выбор металлов или полупроводников — зависит от предполагаемого рабочего диапазона (до 1000 градусов — неблагородные металлы, выше — платина, еще выше — сплавы на основе тугоплавких металлов).
 - Термопара измеряет относительную температуру (T_1 относительно T_2).
-

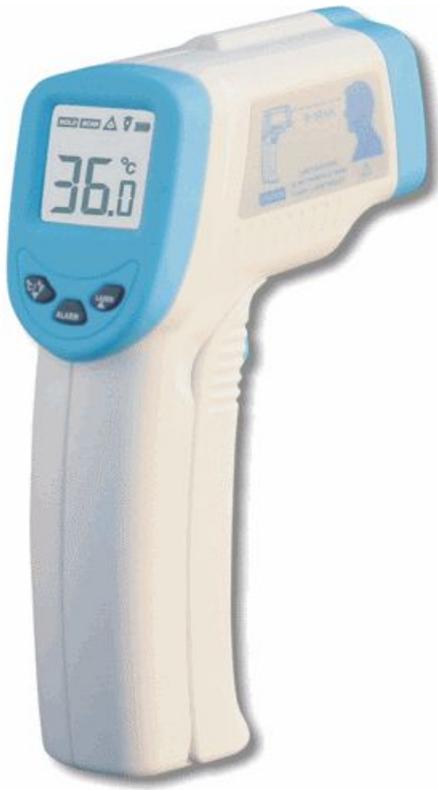
Датчики температуры: пирометры

Тепло — ощущение, возникающее при восприятии теплового излучения (электромагнитных волн инфракрасного диапазона).

Пирометр — прибор для определения температуры тел за счет анализа мощности и частоты (спектра) поступающих от них электромагнитных волн.

Предназначен для измерения температуры на расстоянии.

Датчики температуры: пирометры



Тепловизоры



Датчики давления

Измерение давления необходимо для управления технологическими процессами и обеспечения безопасности производства. Кроме того, этот параметр используется при косвенных измерениях других технологических параметров: уровня, расхода, температуры, плотности и т. д. В системе СИ за единицу давления принят паскаль (Па).

В большинстве случаев первичные преобразователи давления имеют неэлектрический выходной сигнал в виде силы или перемещения и объединены в один блок с измерительным прибором.

Для измерения давления используют:

манометры,

вакуумметры, мановакуумметры,

напоромеры,

тягомеры, тягонапоромеры,

датчик-реле давления,

дифманометры

Датчик давления - устройство, физические параметры которого изменяются в зависимости от давления измеряемой среды (жидкости, газы, пар). В датчиках давление измеряемой среды преобразуется в унифицированный пневматический, электрический сигналы или цифровой код.



Манометр Мастак
695-4



Мановакууметр WK-
18VG



Эко-интех
Дифманометр...



SEM DT-8897
дифференциальны...



Электронный тягонапормер Ф1791



Дифференциальный тягомер...



вния
ий Рел...



Автоматическое реле
давления Вихрь...



Напоромеры НМПф, ТНМПф, Т..

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 защиты от внешних воздействий устройства вывода информационного сигнала.

Тензометрический метод измерения

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

Пьезорезистивный метод

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

Ёмкостной метод

Ёмкостные преобразователи используют метод изменения ёмкости конденсатора при изменении расстояния между обкладками. Недостаток - нелинейная зависимость емкости от приложенного давления

Резонансный метод

В основе метода лежит изменение резонансной частоты колеблющегося упругого элемента при деформировании его силой или давлением. Это 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

В основе лежит прямой пьезоэлектрический эффект, при котором пьезоэлемент генерирует электрический сигнал, пропорциональный действующей на него силе или давлению.

Пьезоэлектрические датчики используются для измерения быстроменяющихся акустических и импульсных давлений, обладают широкими динамическими и частотными диапазонами, имеют малую массу и габариты, высокую надежность и могут использоваться в жестких условиях эксплуатации.

Сигналы с датчиков давления могут быть как медленноменяющимися, так и быстропеременные. В первом случае их спектр лежит в области низких частот. Для того, чтобы с высокой точностью оцифровать такой сигнал необходимо подавить высокочастотную часть спектра, полностью состоящую из помех. Специально для ввода медленноменяющихся сигналов используются интегрирующие АЦП. Для измерения переменных давлений применяют датчики с аналоговым выходным сигналом.

Другие виды датчиков

- **Фотодатчики** — фотоэлементы, преобразующие свет (электромагнитное излучение) в электрическую энергию при помощи эффекта фотоэмиссии (испускания электронов веществом под действием света) или других эффектов.
 - **Датчики радиоактивности** — счетчик Гейгера (трубка-конденсатор, заполненная газом; при прохождении частицы происходит лавинообразная ионизация и разряд конденсатора) и др.
-

Другие виды датчиков

- **Датчики влажности** — зависимость сопротивления от влажности.
 - **Барометр** — деформация контейнера, в котором создан вакуум, измерение уровня жидкости.
 - **Химические датчики** — оптические (разные вещества поглощают свет разной длины волны), реакция с веществами-индикаторами.
 - **Пульсометр** — фиксирует электрические сигналы от сердца (по аналогии с ЭКГ).
-

Характеристики датчиков

- **Размеры**
 - **Вес**
 - **Энергопотребление (для активных датчиков)**
-

Характеристики датчиков

- **Диапазон входных значений** — диапазон внешних воздействий, которые датчик может воспринять и преобразовать, не выходя за пределы допустимых погрешностей.
 - **Диапазон выходных значений** — алгебраическая разность между электрическими выходными сигналами, измеренными при максимальной и минимальной величине внешнего воздействия.
-

Характеристики датчиков

- **Погрешность** — величина максимального расхождения между показаниями реального и идеального датчиков. Погрешность датчика можно также представить в виде разности между значением входного сигнала, вычисленным по выходному сигналу датчика, и реальным значением поданного сигнала.
 - **Чувствительность, разрешающая способность** — величина минимального изменения входного сигнала, приводящая к появлению минимального изменения выходного сигнала датчика.
-

Характеристики датчиков

- **Воспроизводимость** — способность датчика при соблюдении одинаковых условий выдавать идентичные результаты. Воспроизводимость результатов определяется по максимальной разности выходных значений датчика, полученных в двух циклах калибровки.
 - **Гистерезис** — разность значений выходного сигнала для одного и того же входного сигнала, полученных при его возрастании и убывании (трение, структурные особенности или изменения материалов).
-

Характеристики датчиков

- **Передаточная функция** — теоретическая функция, связывающая входной и выходной сигналы (может быть линейной или нелинейной).
-

Домашнее задание

Вариант 1: Система мониторинга окружающей среды.

- Нет возможности регулярного обслуживания.
- Расположение в дикой природе.

Вариант 2: Система дистанционного наблюдения за здоровьем человека.

- Показания датчиков используются в том числе для определения необходимости экстренной помощи.
- Система применяется в домашних условиях.

Какие датчики использовать?

Какие характеристики датчиков важно учесть при выборе конкретных моделей?
