

**Тема 3. Занятие 2. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ
ИСПЫТАНИЯХ АВТОМОБИЛЕЙ И
ТРАКТОРОВ**

Учебные вопросы:

1. Термометрические преобразователи
2. Механотронные преобразователи
3. Фотоэлектрические преобразователи
4. Индукционные (генераторные) преобразователи
5. Пьезоэлектрические преобразователи
6. Термоэлектрические (термопарные) преобразователи

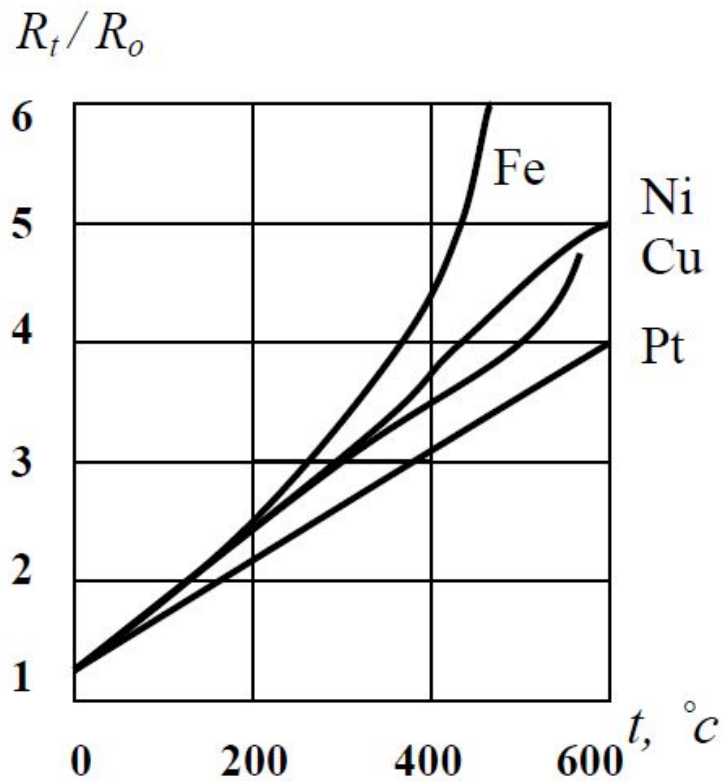
1. Термометрические преобразователи

Действие термометрических преобразователей основано на свойстве металлов и ряда полупроводников изменять своё удельное электрическое сопротивление с изменением температуры.

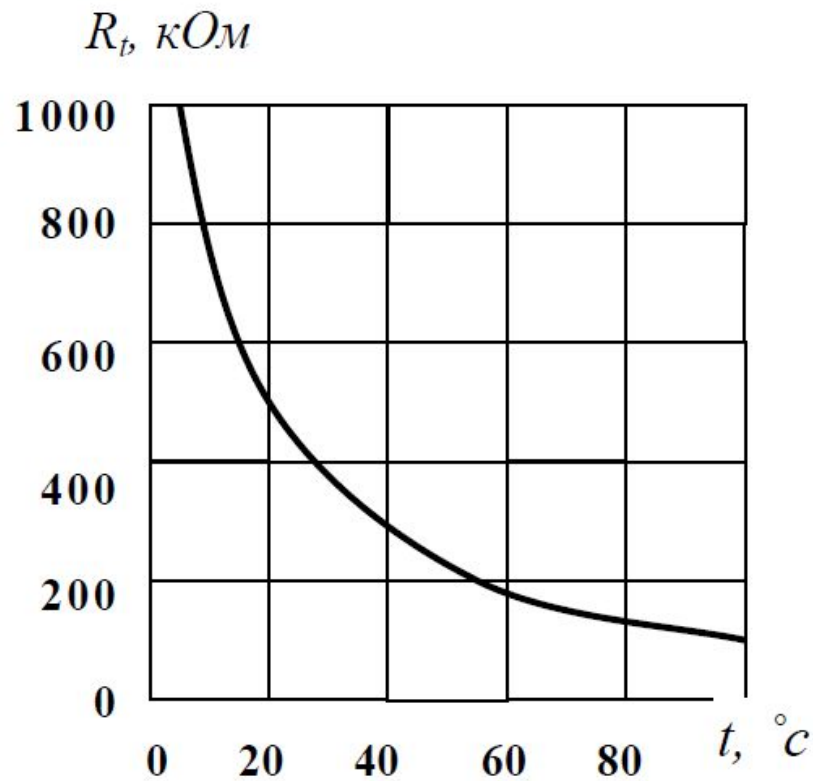
Термосопротивления используются для измерения температуры (от -200°C до $+500^{\circ}\text{C}$), изменение которой преобразуется в изменение сопротивления, замеряемого затем электроизмерительной схемой.

Для измерения температуры в диапазоне от -50°C до $+150^{\circ}\text{C}$ используются медные термосопротивления, в диапазоне от -60°C до $+250^{\circ}\text{C}$ используются никелевые, а от -200°C до $+400^{\circ}\text{C}$ – платиновые.

Зависимость сопротивления материала термометрических датчиков от температуры



a)



b)

Постоянная времени

$$T = \frac{cm}{KF},$$

где c – теплоёмкость термосопротивления;

m – масса термосопротивления;

K – коэффициент теплопередачи;

F – площадь поверхности термосопротивления.

Термометрические датчики из чистых металлов используются в основном в качестве дистанционных термометров.

Достоинствами термисторов являются их простота, достаточная чувствительность, малые габариты и лёгкость установки их в труднодоступных местах.

Недостатками этих датчиков являются их невзаимозаменяемость, невысокая точность и низкая стабильность характеристики.

2. Механотронные преобразователи

Действие механотронных преобразователей (механотронов) основано на явлении изменения анодного тока электронной лампы при механическом перемещении, подвижного электрода.

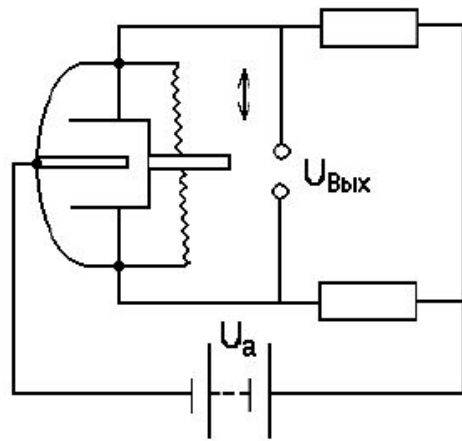
$$I_a = k \frac{Q_k \cdot U_a^{\frac{3}{2}}}{a^2},$$

где U_a – анодное напряжение, В;

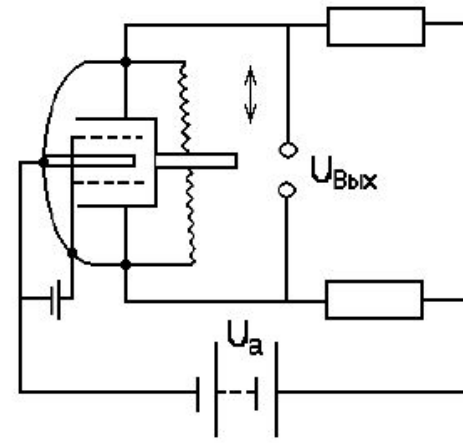
Q_k – площадь катода, см²;

a – расстояние между анодом и катодом, см.

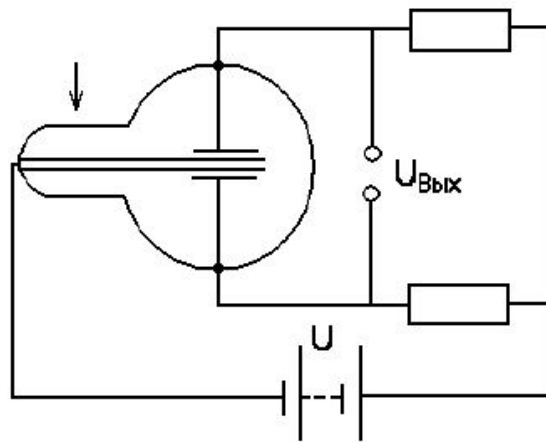
Схемы построения механотронных преобразователей



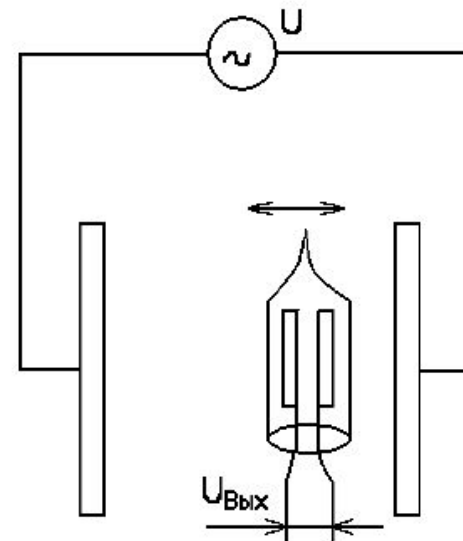
а)



б)



в)



г)

Область применения механотронов определяется их исключительно высокой чувствительностью. Они применяются для измерения микроперемещений, давлений при малых прогибах упругого элемента, небольших усилий, деформаций, ускорений и т. п.

К достоинствам механотронных датчиков можно отнести достаточную точность измерений, надёжность работе, стабильность характеристик и широкий спектр измерений.

Недостатками механотронов являются подверженность вибрациям, трудность монтажа, невзаимозаменяемость и ограниченное производство (в настоящее время этот тип преобразователей вытесняется более современными устройствами).

3. Фотоэлектрические преобразователи

Фотоэлектрические датчики относятся к группе болометрических преобразователей.

Работа фотоэлектрических датчиков основана на фотоэлектрическом эффекте, основанном на явлении возникновения электрического тока в преобразователе под влиянием лучистой энергии.

Устройства, преобразующие лучистую энергию в электрическую, называются фотоэлементами.

Фотоэлементы, используемые в фотоэлектрических датчиках

- с внешним фотоэффектом;
- с внутренним фотоэффектом;
- с запирающим слоем.

Закон изменения светового потока, падающего на фотоэлемент

$$\Phi = IS/x^2,$$

где I – сила света источника;

S – активная площадь фотоэлемента;

x – расстояние от источника до фотоэлемента.

Схема оптического преобразователя

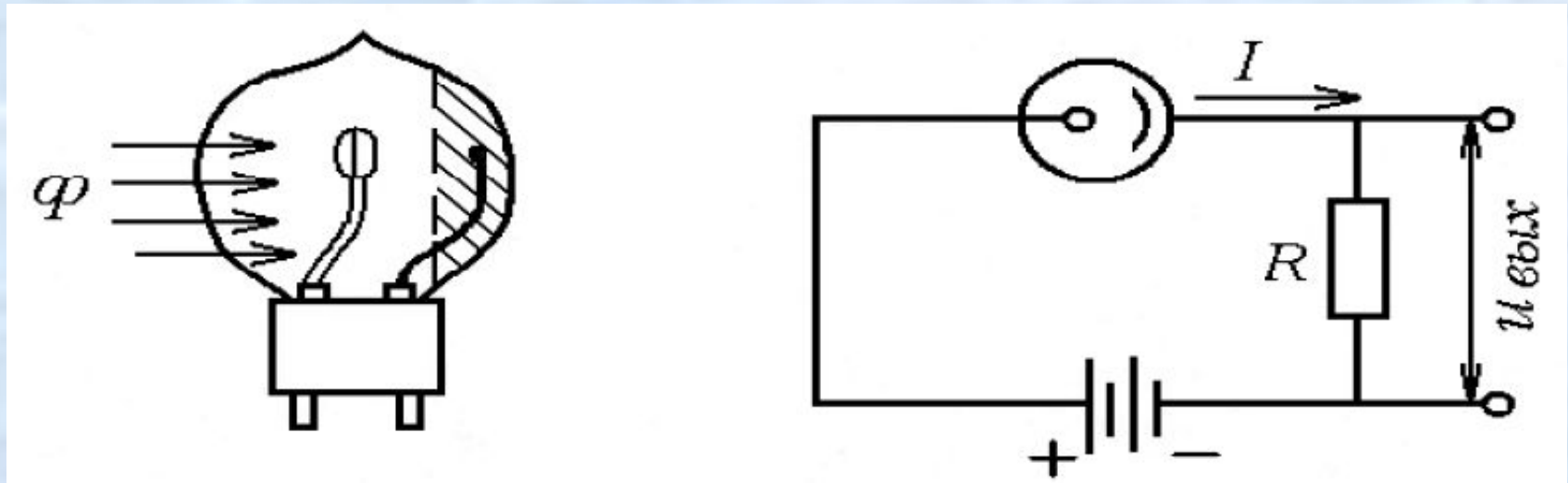


X – измеряемая величина;

Φ – источник излучения;

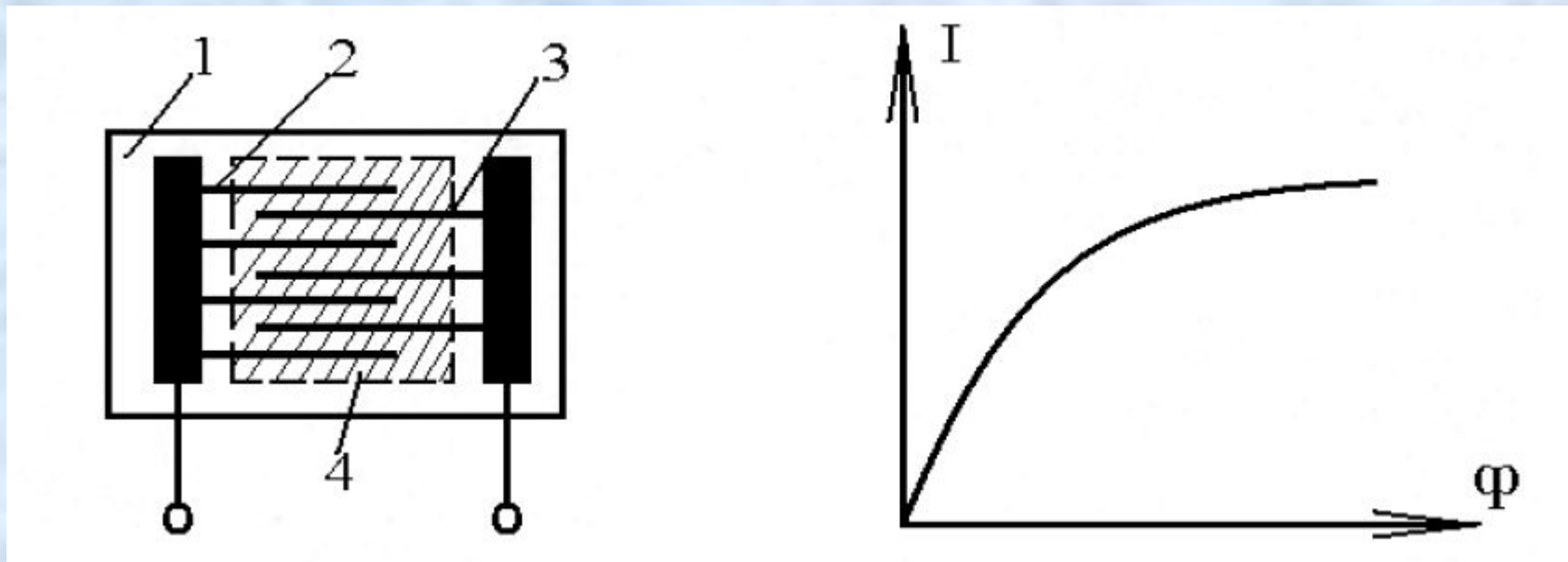
I – выходной электрический сигнал

Фотоэлементы с внешним фотоэффектом



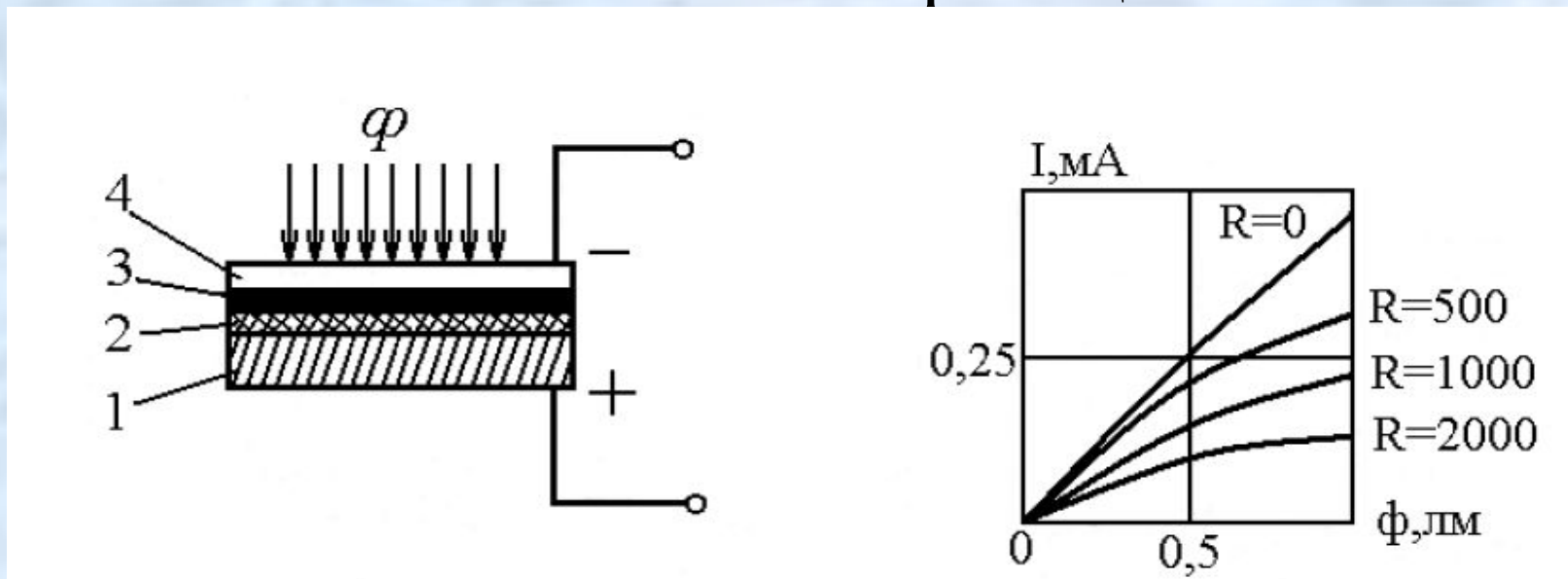
Конструкция представляет собой вакуумную или газонаполненную лампу, внутри которой имеются два электрода. Один электрод, называемый фотокатодом, представляет собой светочувствительный слой, наносимый на внутреннюю поверхность стеклянной колбы лампы. Специальным выводом, впаянным в стенку колбы, этот слой присоединяется к минусу источника напряжения. Явление испускания электронов светочувствительным слоем при его освещении и называется внешним фотоэффектом.

Фотоэлементы с внутренним фотоэффектом



Фотоэлементы с внутренним фотоэффектом (фотосопротивления) изменяют электрическое сопротивление некоторых полупроводниковых материалов при их облучении

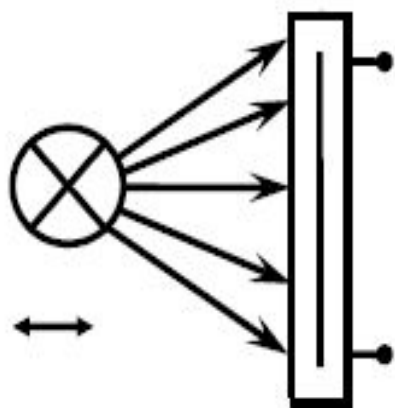
Фотоэлементы с запирающим слоем



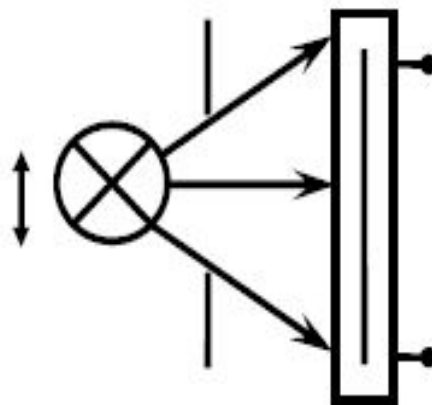
- 1 - электрод (тонкая железная или алюминиевая пластинка);
- 2 –слой селена;
- 3- запирающий слой;
- 4 – электрод (полупрозрачный слой золота)

Принцип построения фотоэлектрических датчиков состоит в прерывании светового потока или в изменении его интенсивности.

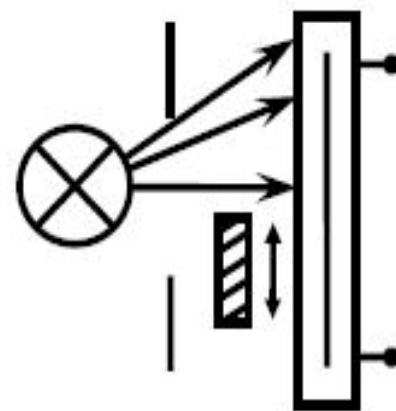
Схемы построения фотоэлектрических преобразователей,
основанных на перемещении источника света или шторки
относительно фотоэлемента



a)

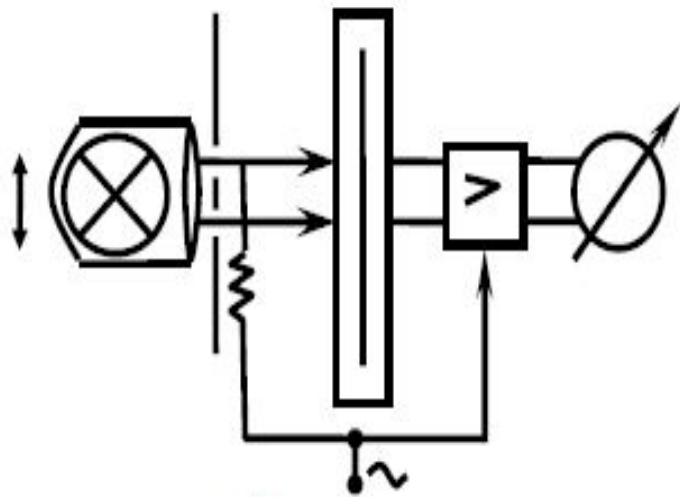


б)

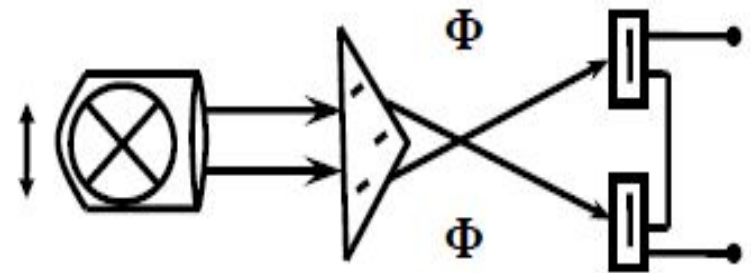


в)

Схемы построения фотоэлектрических преобразователей,
основанных на перемещении источника света или шторки
относительно фотоэлемента

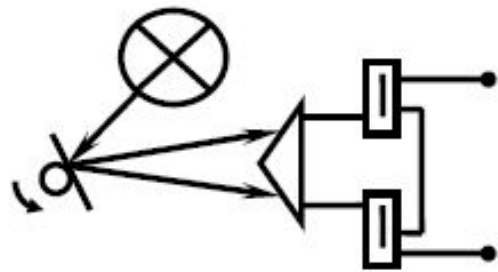


в)

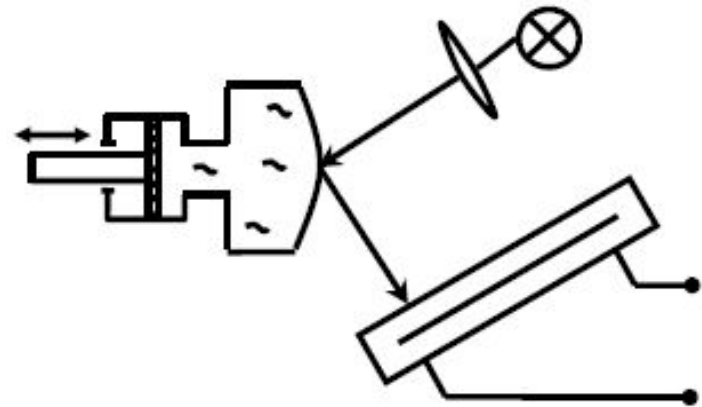


д)

Схемы построения фотоэлектрических преобразователей,
основанных на перемещении источника света или шторки
относительно фотоэлемента



e)



ж)

Используются фотоэлектрические датчики для замера линейных и угловых перемещений, ускорений, вибраций, давлений, контроля числа движений, толщин деталей (валов, тяг, проводов).

Достоинства: Фотоэлектрические датчики обладают хорошей чувствительностью, удобством измерения, стабильностью показаний и надёжностью в работе.

К недостаткам фотоэлектрических датчиков относятся их невзаимозаменяемость, сложность монтажа, необходимость в источнике освещения.

4. Индукционные (генераторные) преобразователи

Действие этой группы датчиков основано на использовании закона электромагнитной индукции, по которому ЭДС, наводимая в проводнике, расположенном в магнитном поле, пропорциональна скорости изменения магнитного потока, пересекающего этот проводник.

$$e = B \cdot l \cdot V ,$$

где B – магнитная индукция;

l – длина проводника;

V – скорость перемещения проводника;

e – ЭДС, наводимая в проводнике.

Формула справедлива для взаимно перпендикулярных направлений B и V .

В качестве датчиков скорости вращения наиболее широко применяются тахогенераторы.

Схема тахогенератора переменного тока с
вращающимся постоянным магнитом в виде
цилиндра, стержня или звездочки

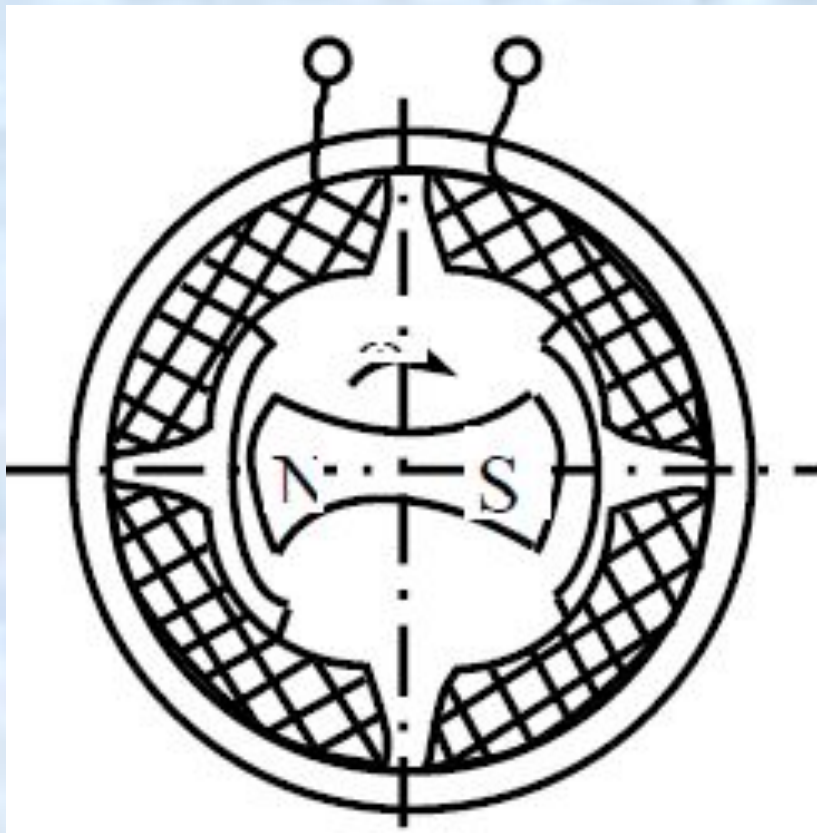
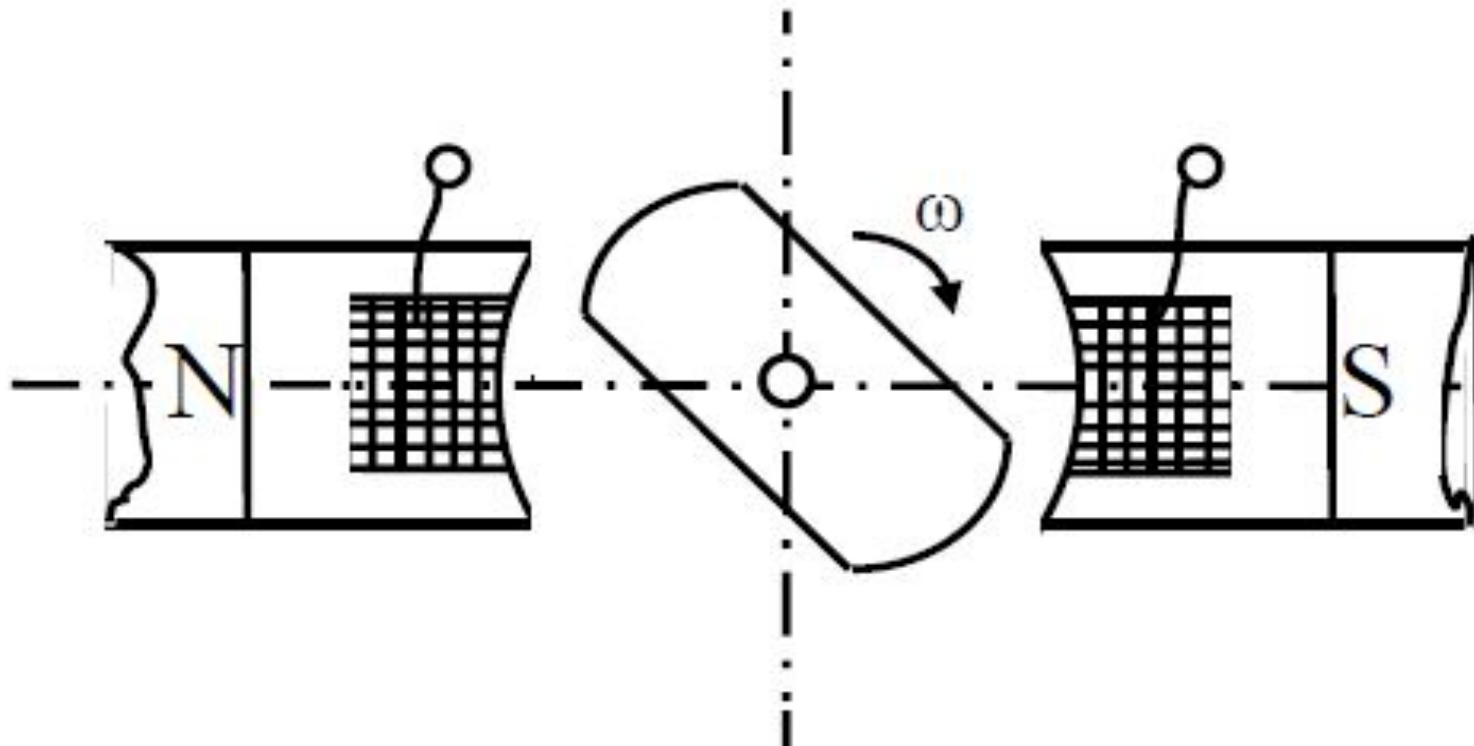
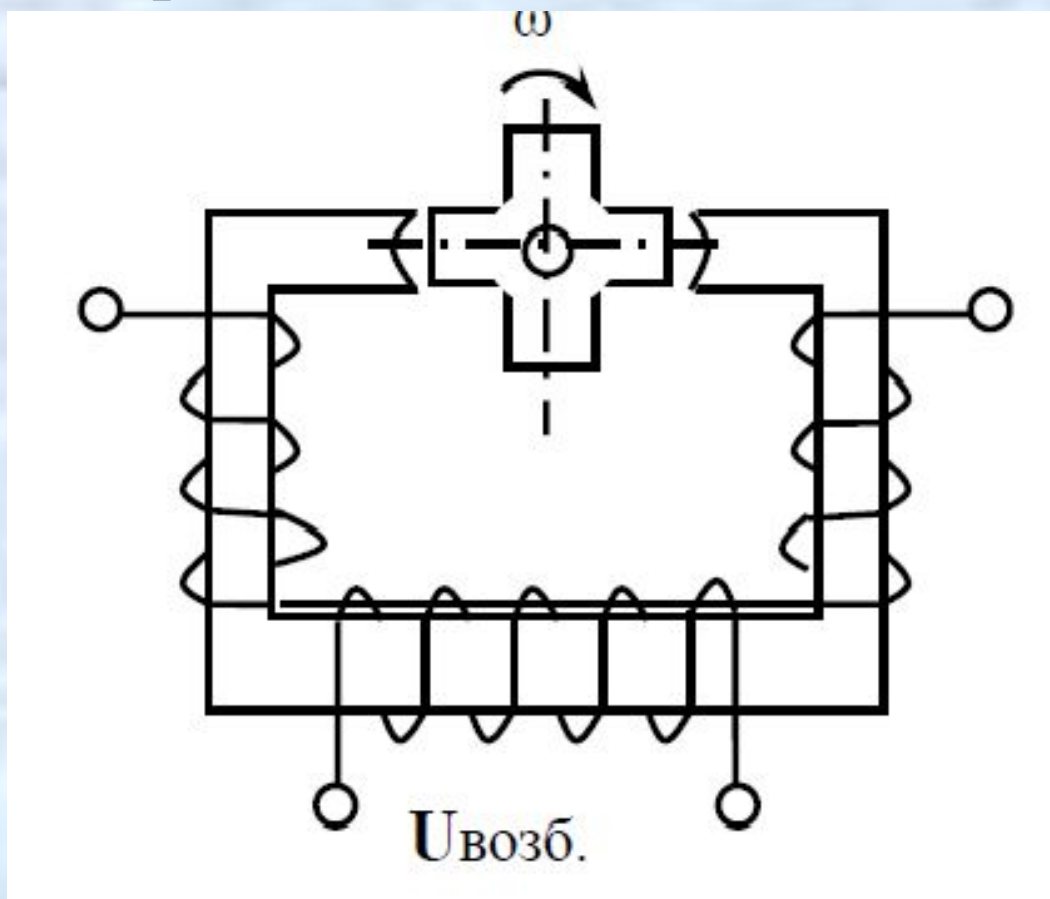


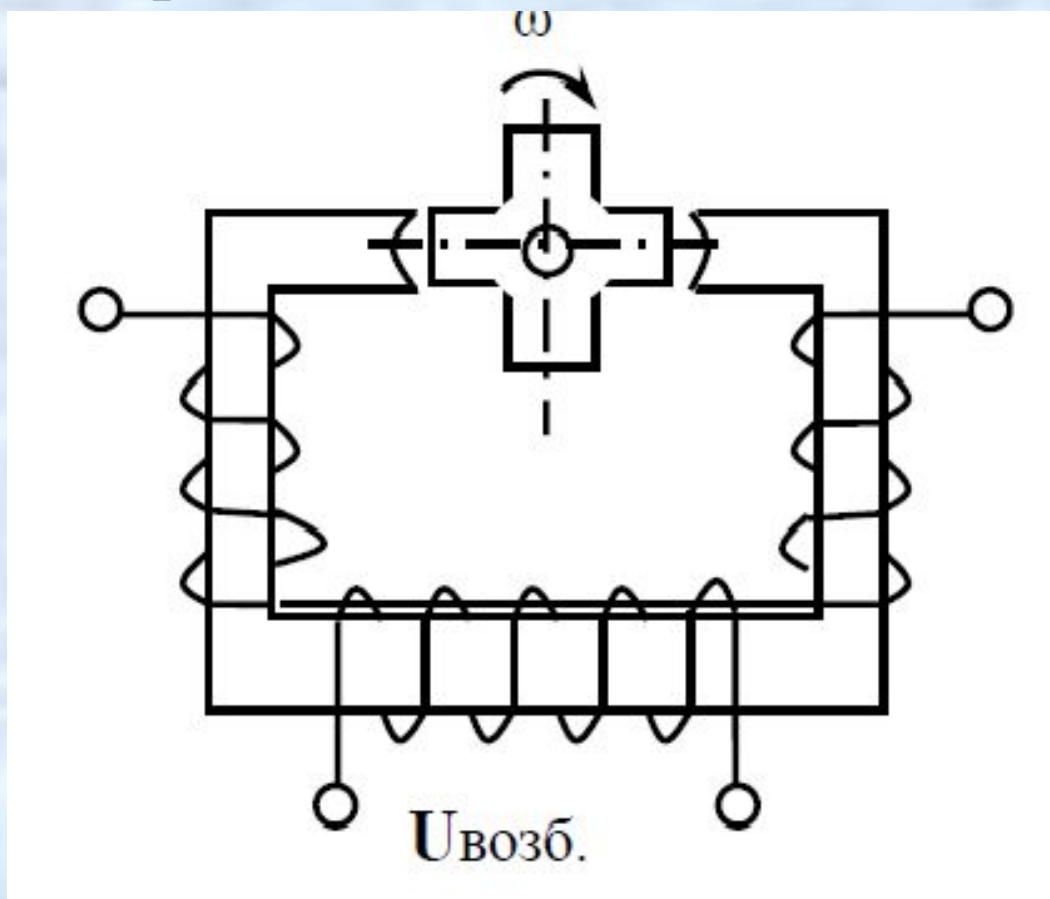
Схема тахогенератора переменного тока с неподвижным постоянным магнитом, ярмом и обмотками



Тахогенератор в виде ярма с двумя системами обмоток (возбуждающей и измерительной) и с зазором, в котором вращается якорь, набранный из пластин мягкого железа

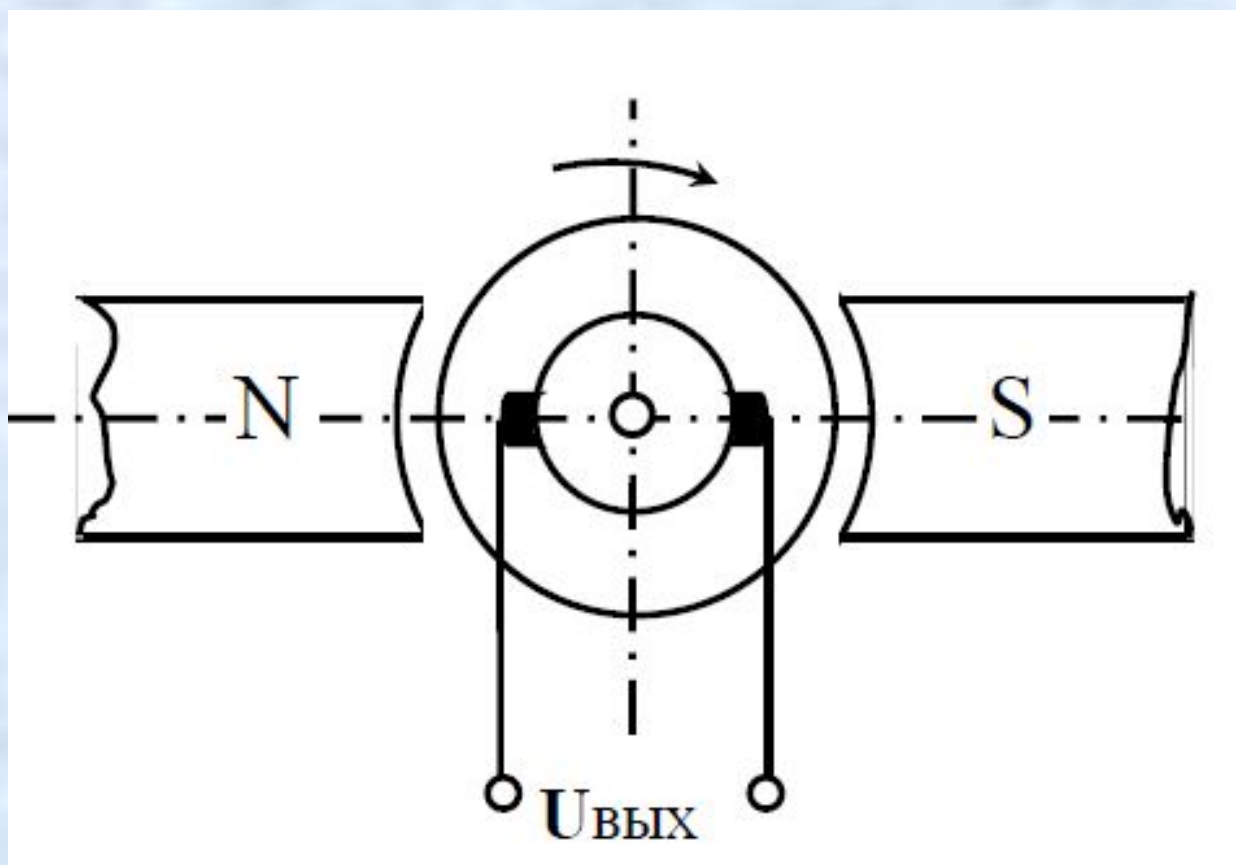


Тахогенератор в виде ярма с двумя системами обмоток (возбуждающей и измерительной) и с зазором, в котором вращается якорь, набранный из пластин мягкого железа



Основным недостатком тахогенераторных датчиков переменного тока является невозможность определения по их выходному сигналу направления вращения.

Тахогенератор постоянного тока – это якорь с обмотками, коллектором и возбуждением от постоянных магнитов



Индукционные преобразователи используются для измерения угловой скорости вращения, в частности в автомобильных электрических спидометрах.

Суммарные погрешности индукционных преобразователей составляют 0,5...1,5 %.

Достоинства: надёжны в работе, не требуют усилителя и имеют линейную характеристику (тахогенераторы постоянного тока).

К недостаткам индукционных датчиков можно отнести трудность монтажа, высокую стоимость и относительно большую массу.

5. Пьезоэлектрические преобразователи

Пьезоэлектрические преобразователи применяются для измерения быстро изменяющихся механических процессов, например, вибраций деталей, переменных усилий, ускорений, давлений и других величин.

Принцип действия этих датчиков основан на пьезоэлектрическом эффекте, который заключается в том, что в кристаллах некоторых диэлектриков при воздействии на них механических сил происходит генерирование и разделение (смещение) электрических зарядов так, что одна область кристалла заряжается положительно, другая – отрицательно (прямой пьезоэффект).

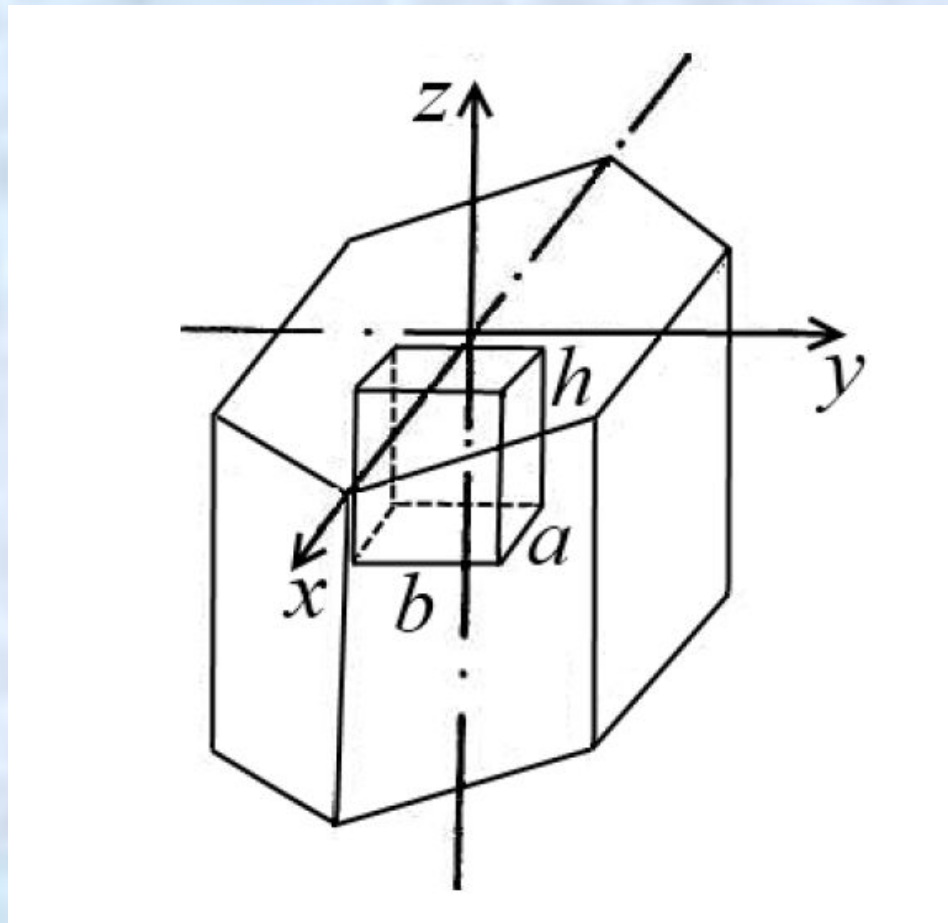
Обратный пьезоэффект - возникновение деформаций (например, растяжения или сжатая) кристалла при приложении к соответствующим граням разности потенциалов.

Важная характеристикой пьезоэлектрического материала - диэлектрическая проницаемость ϵ , влияющая на собственную ёмкость C , а следовательно, и на величину напряжения на выходе пьезоэлемента.

Основное уравнение для пьезоэлектрических материалов

$$d = Q/F = CU/F,$$

где d – пьезоэлектрическая постоянная;
 Q – электрический заряд;
 C – ёмкость пьезоэлемента;
 F – сила;
 U – напряжение.

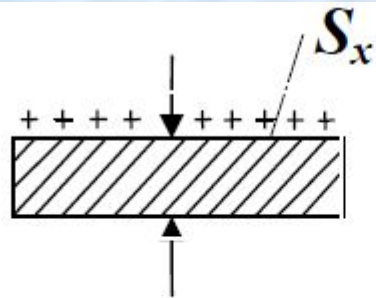


Ориентация пластины пьезоэлектрика в кристалле кварца

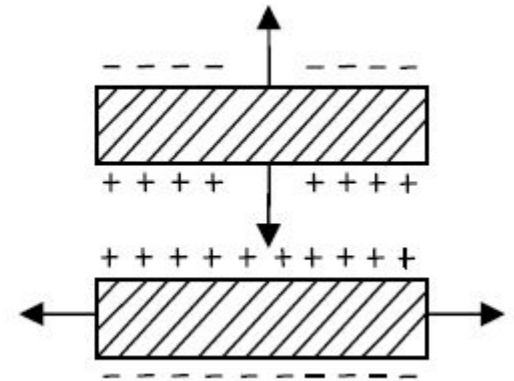
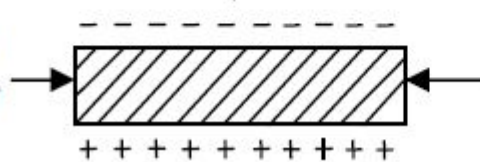
Ось X называется электрической, ось Y – механической, а ось Z – оптической.

Схемы электризации пьезокристалла

Продольный
пьезоэффект



Поперечный
пьезоэффект



Напряжение между обкладками пластинок

$$U = \frac{Q}{C},$$

где Q – величина заряда;

C – собственная ёмкость пьезоэлемента:

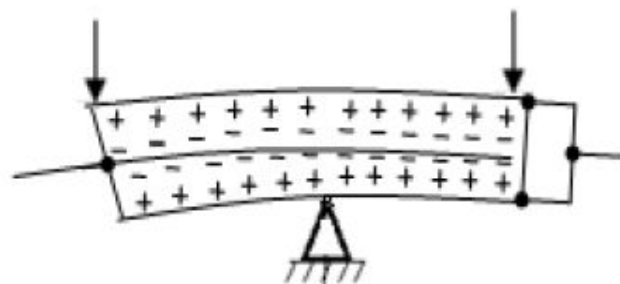
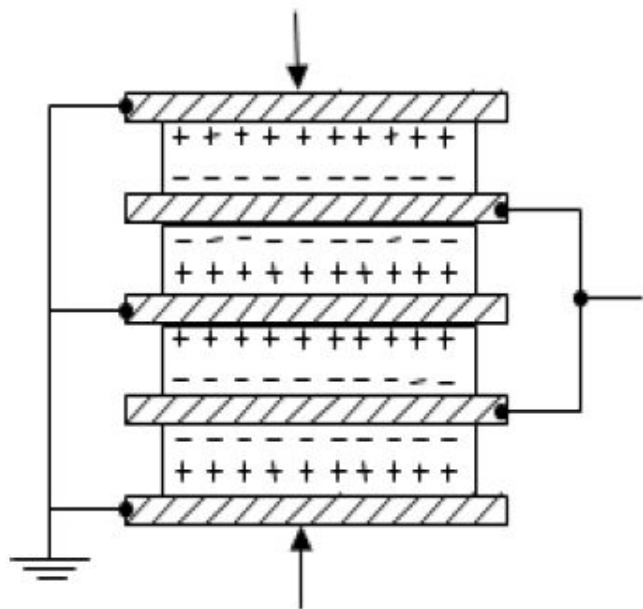
$$C = \frac{\varepsilon \cdot S_x}{\delta},$$

где ε – диэлектрическая проницаемость;

S_x – площадь грани пьезоэлемента;

δ – толщина кварцевой пластинки.

Схемы построения пьезобатарей



С помощью этих датчиков измеряются вибрации, переменные усилия, меняющееся давление и другие динамические величины, которые могут оказывать силовое воздействие на преобразователь.

6. Термоэлектрические (термопарные) преобразователи

Работа термоэлектрических преобразователей (термопар) основана на возникновении в разнородных проводниках термоэлектродвижущей силы (термо-э.д.с.) при наличии разности температур между точками их соединения.

Цепь термопары содержит не менее двух точек соединения разнородных материалов, называемых в технической литературе спаями.

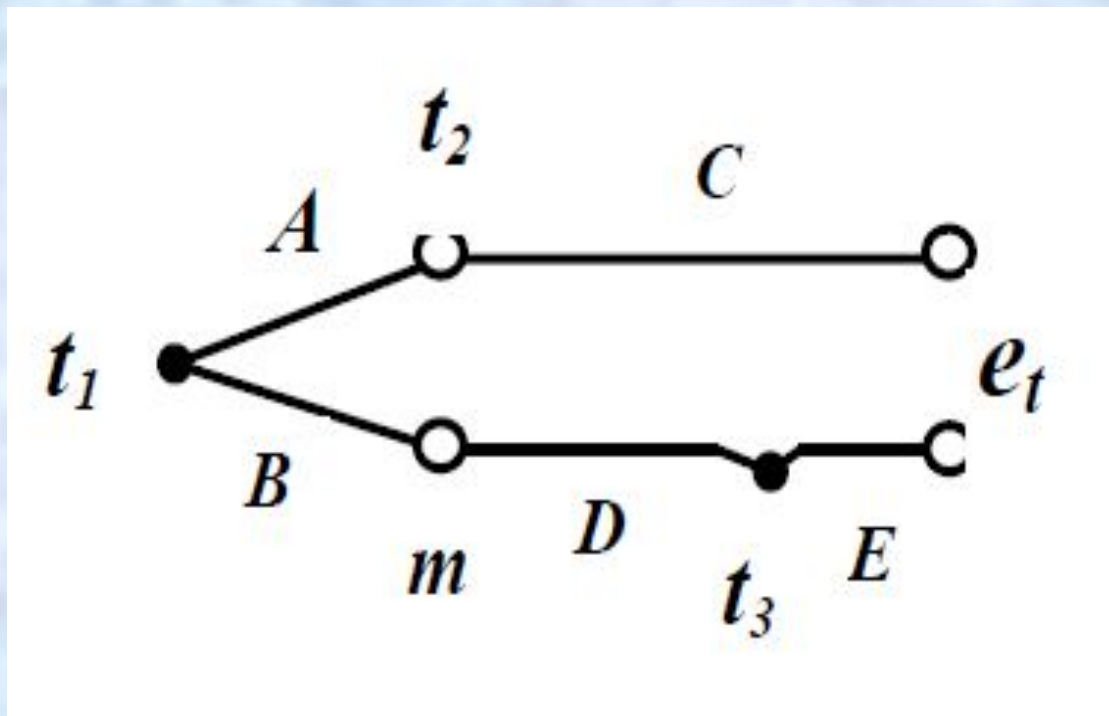
Значения термо-э.д.с. для некоторых материалов в паре
с платиной при температурах рабочего спая 100° С и
свободного спая 0° С

Наименование	Состав (приблизительно)	Термо-э.д.с., мВ
Железо	Практически чистое	+ 1,80
Медь	то же	+ 0,75
Никель	"	- 1,49
Кобальт	"	- 1,80
Висмут	"	- 7,30
Олово	"	+ 0,43
Золото	"	+ 0,75
Серебро	"	+ 0,72
Платинородий	90 % Pt + 10 % Rh	+ 0,64
Константан	60 % Cu + 40 % Ni	- 3,35
Копель	56 % Cu + 44 % Ni	- 4,05
Нихром	(75÷88) % Ni + (10÷20) % Cr + 5 % Fe	+ (1,6...2,4)
Манганин	84 % Cu + 13 % Mn + 2 % Al + 1 % Fe	+ 0,80
Алюмель	94 % Ni + 2 % Al + 2 % Mn + 2 % Si	- 1,20
Хромель	90,5 % Ni + 9,5 % Cr	+ 2,90

Требования к материалам, которые используются для изготовления термопар

- 1) высокая механическая и химическая устойчивость при больших температурах;
- 2) хорошая электропроводность;
- 3) постоянство термоэлектрических свойств;
- 4) однозначная зависимость термо-э.д.с. от температуры.

Схема построения термоэлектрических преобразователей



Здесь A и B термоэлектроды, образующие рабочий спай, а C , D и E – соединительные проводники; t_1 – измеряемая температура; t_2 – температура клеммной головки термопары.

Возможны следующие реальные случаи:

а) соединительные провода C , D и E выполнены из одного материала (медные): то есть термопара фактически измеряет разность температур её рабочего спая и клеммной головки;

б) соединительные провода выполнены из тех же материалов, что и электроды (или из материалов с теми же термоэлектрическими свойствами). Такие провода называются компенсационными, они позволяют вынести холодный спай в точку t_3 . Если одинаковы материалы соответственно проводов D и B , а также E , C и A , то холодный спай оказывается в точке t_3 , которая может быть помещена в термостат с постоянной температурой.

Допускается применение технических термопар с металлическими термоэлектродами пяти типов

Типы	Материалы термоэлектродов термопар	Пределы применения, °С		
		нижний	верхний	
			дли - тельно	кратко - временно
ТПШ	Платинородий (10 % родия)	- 20	+ 1300	+ 1600
ТПР	Платинородий (30 % родия)	+ 300	+ 1600	+ 1800
ТХА	Хромель-алюмель	- 50	+ 1000	+ 1300
ТХК	Хромель-копель	- 50	+ 600	+ 800
ТНС	Сплавы НК-СА (никель-кобальтовый и сплав, содержащий кремний и алюминий)	+ 300	+ 1000	+ 1000