

Лекція 2:

**Перетворення фізичних
параметрів, як інструмент для
реалізації вимірювань**

План:

1. Класифікація датчиків та первинних вимірювальних перетворювачів.
2. Первинні перетворювачі (ПП).
3. Математичний опис первинних перетворювачів.

Питання 1.

**Класифікація датчиків та
первинних вимірювальних
перетворювачів**

А) за видом фізичної величині що вимірюється:

- переміщення (датчики положення деталей та механізмів);
- температури;
- тиску;
- вологості;
- витрат;
- щільності;
- якості (складу) речовини.

Б) за типом вихідного сигналу:

- механічні;
- гідравлічні;
- пневматичні;
- електричні;
- електронні.

В) за видом вихідного сигналу:

- ненормований;
- нормований аналоговий;
- цифровий.

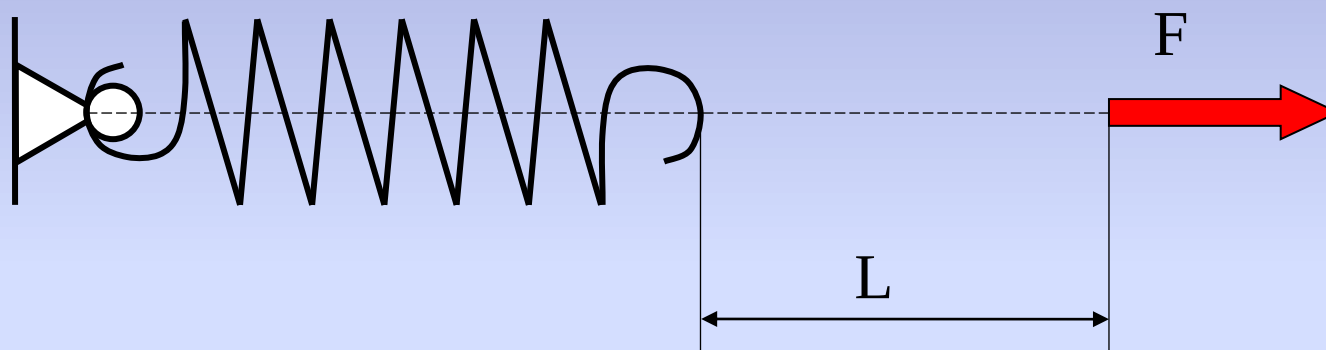
Основні технічні характеристики датчиків

1. Тип датчика (фізична величина що вимірюється);
2. Принцип дії (фізичне явище);
3. Вихідний сигнал (аналоговий, цифровий, уніфікований);
4. Коефіцієнт підсилення;
5. Постійна часу (інерційність);
6. Діапазон вимірювання;
7. Масо-габаритні характеристики;
8. Показники надійності;
9. Умови експлуатації;
10. Інші.

Питання 2. Первинні перетворювачі (ПП)

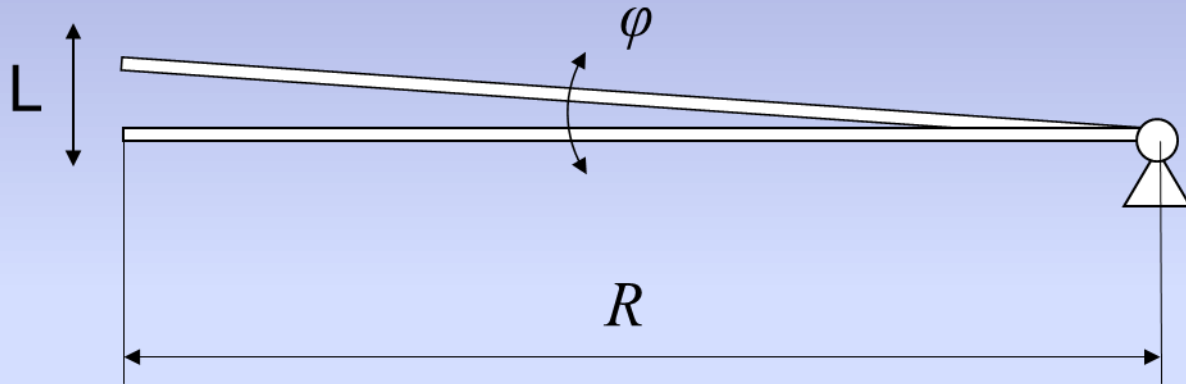
Механічні ПП

Пружина: перетворює переміщення L в силу F і навпаки.



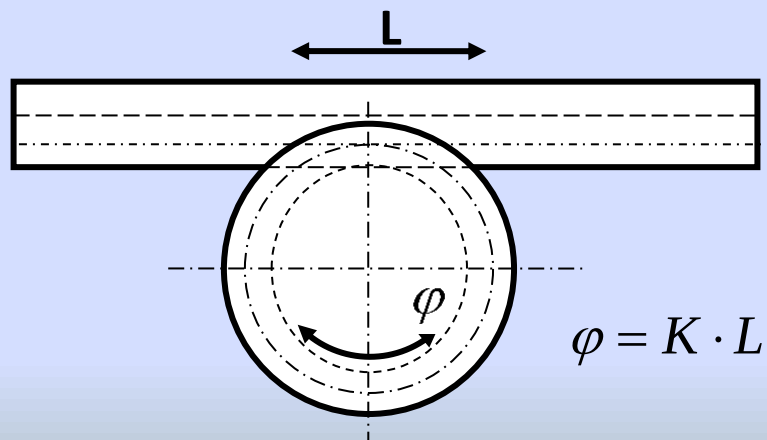
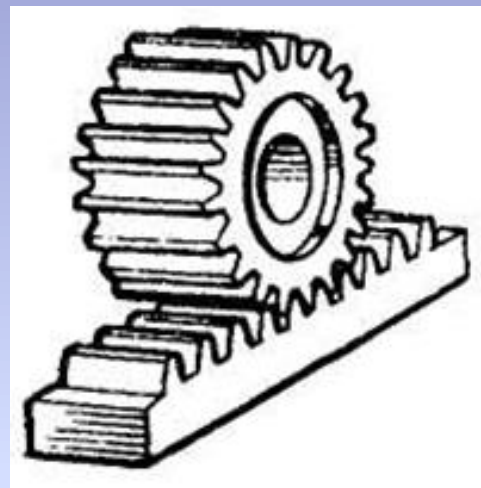
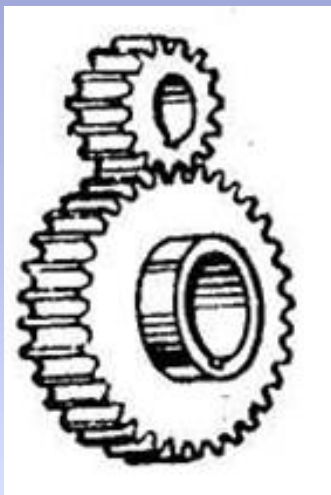
$$F = K \cdot L$$

Важіль: дозволяє перетворити лінійне переміщення L в кутове φ і навпаки.

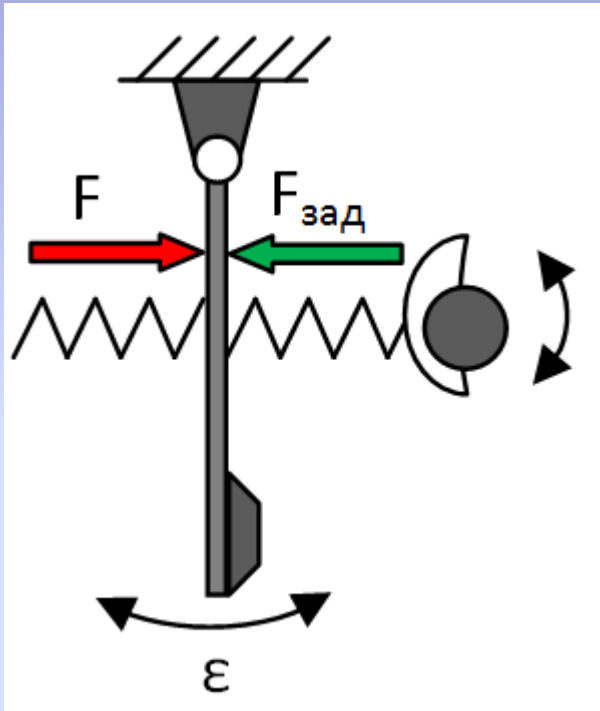


$$L = R \cdot \operatorname{tg}(\varphi)$$

Рейкове (шестеренне) зачеплення – перетворює лінійне переміщення L в кутове φ та навпаки.



Маятниковий клапан: перетворює різницю сил ΔF в пропорційне відхилення клапану - ε .



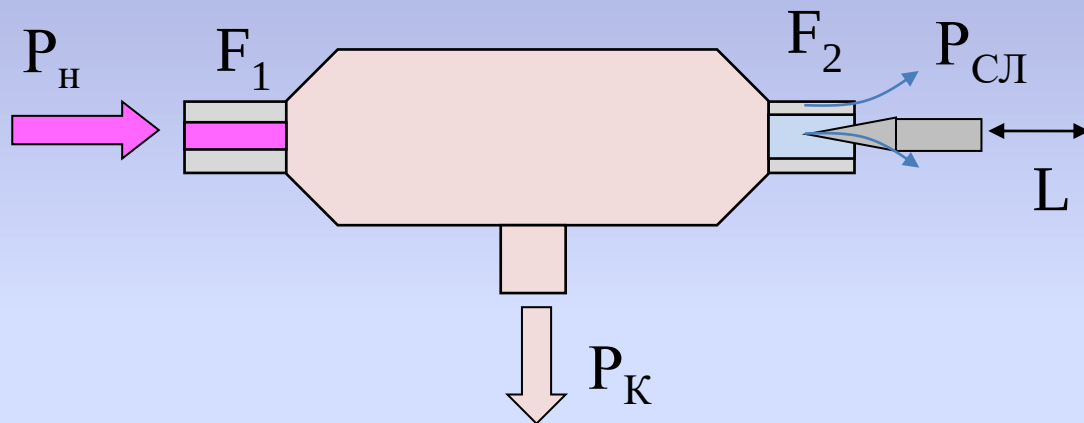
Сила F формується датчиком. Сила $F_{\text{зад}}$ формується програмним кулачком. На рівноважних режимах $F = F_{\text{зад}}$, і маятник знаходиться у нейтральному положенні та $\varepsilon = 0$. При порушенні балансу сил маятник відхиляється у бік меншої сили:

$$\bar{\varepsilon} = (\bar{F}_{\text{зад}} - \bar{F})$$

Маятниковий клапан застосовують для управління гідравлічними або пневматичними пристроями.

Повітряний (гідравлічний) редуктор: перетворює переміщення L в тиск P .

При зміщенні голки “ L ” пропорційно змінюється площа вихідного отвору F_2 , отже і тиск у середині редуктору.



$$F_2 = K_L \cdot L$$

$$P_K = K_{ред} \cdot L$$

F_1, F_2 – площа прохідного перетину вхідного та вихідного жиклерів;

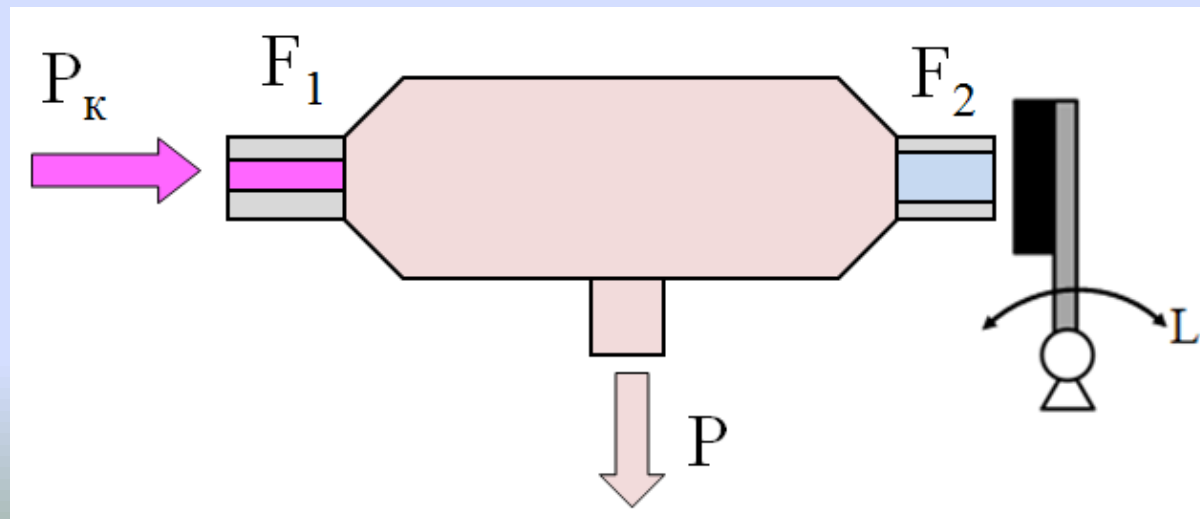
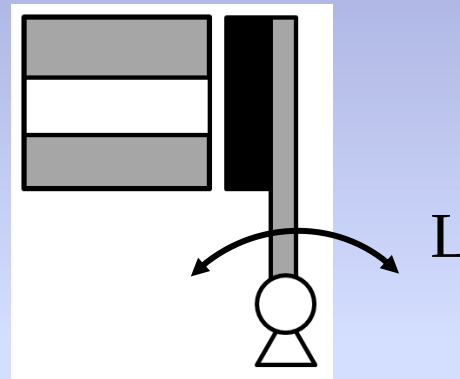
P_H – тиск у магістралі живлення;

$P_{СЛ}$ – тиск у магістралі зливу.

Для повітряного редуктора скидання тиску здійснюється в атмосферу.

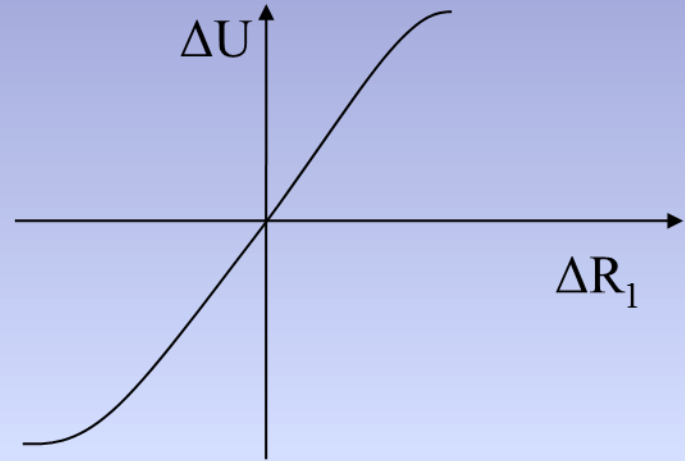
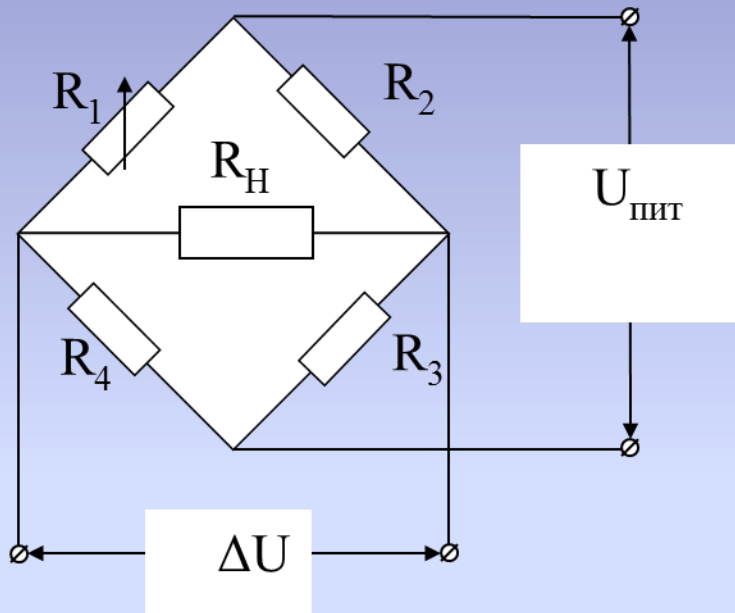
У разі гідравлічного редуктора скидання тиску здійснюється в спеціальну зливну магістраль.

Примітка: для регулювання площі вихідного жиклєру, що стравлює, замість голки можуть застосовувати сопло-заслінку (маятниковий клапан) більш чутливу до малих переміщень.



Електричні ПП

Неврівноважений електричний міст: перетворює зміну опору ΔR в пропорційне відхилення напруги ΔU



R_1, R_2, R_3, R_4 – плечі мосту.

Для врівноваженого моста:

Для неврівноваженого моста:

R_1 – змінний опір, датчик

$$R_1 R_4 = R_2 R_3; \quad \Delta U = 0$$

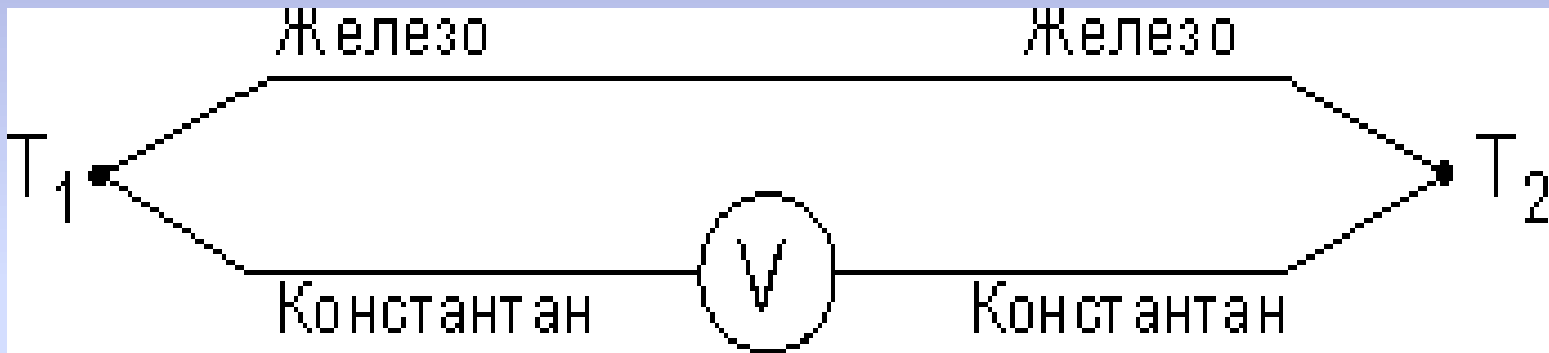
$$\Delta U = \frac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{(R_1 + R_3) \cdot (R_2 + R_4)} \cdot U_{\text{пит}}$$

При збільшенні R_1 - вихідна напруга «+»,

При зменшенні R_1 – вихідна напруга «-».

Термопари.

Принцип дії термопар заснований на ефекті Зеєбека - здатність спаїв різнорідних металів створювати електрорушійну силу (ЕРС).

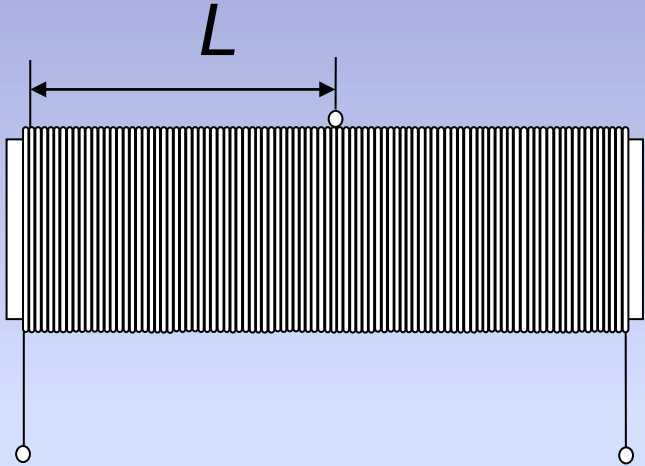


Якщо температури спаїв розрізняються, то в ланцюзі з'являється електрорушійна сила

$$\Delta e = k_T \cdot \Delta T_T$$

де k_T - коефіцієнт Зеєбека.

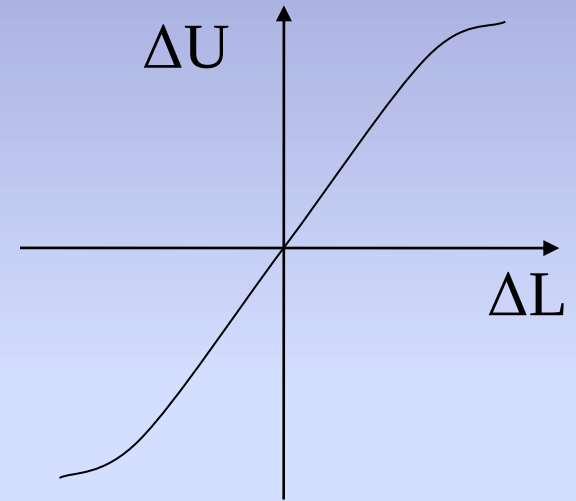
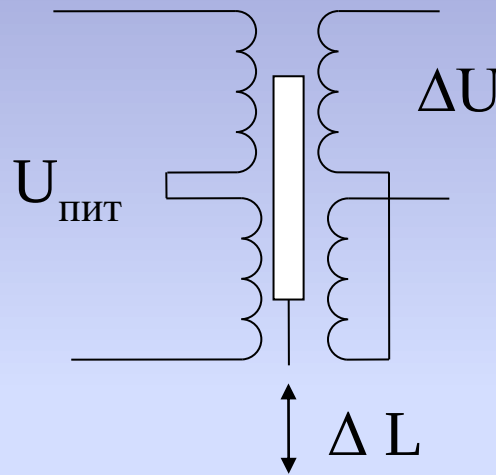
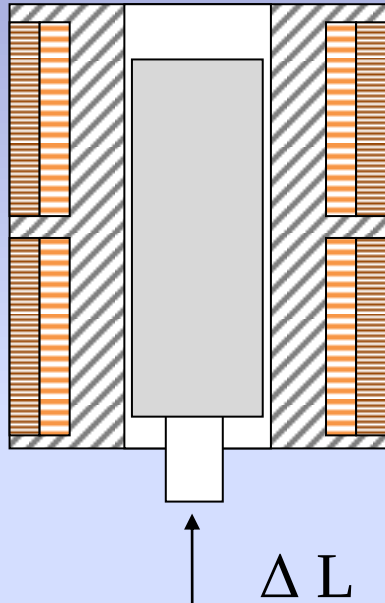
Реостат (для великих переміщень): перетворює переміщення L в омичний опір R . Опір підключеної ділянки залежить від положення рухомого контакту.



$$R = K \cdot L$$

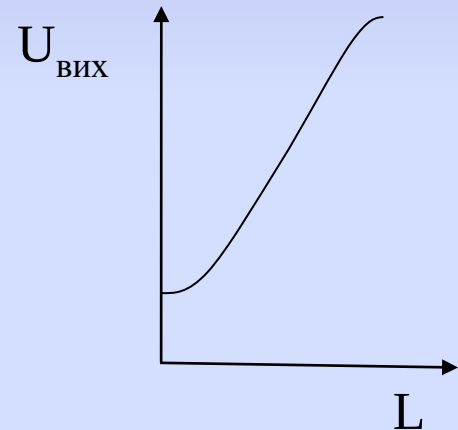
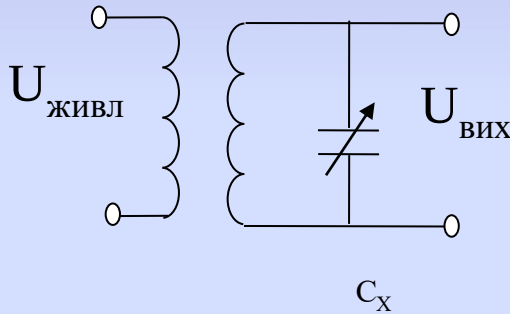
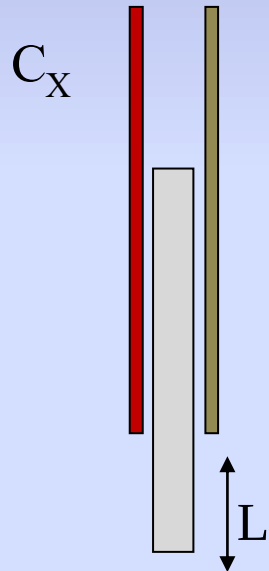
Недоліком дротяного реостата є ступінчастість його характеристики. Існують реостати з лінійною характеристикою (вугільні).

Диференційний трансформаторний (для малих переміщень) перетворювач дозволяє перетворити відхилення переміщення ΔL в відхилення змінної напруги ΔU .

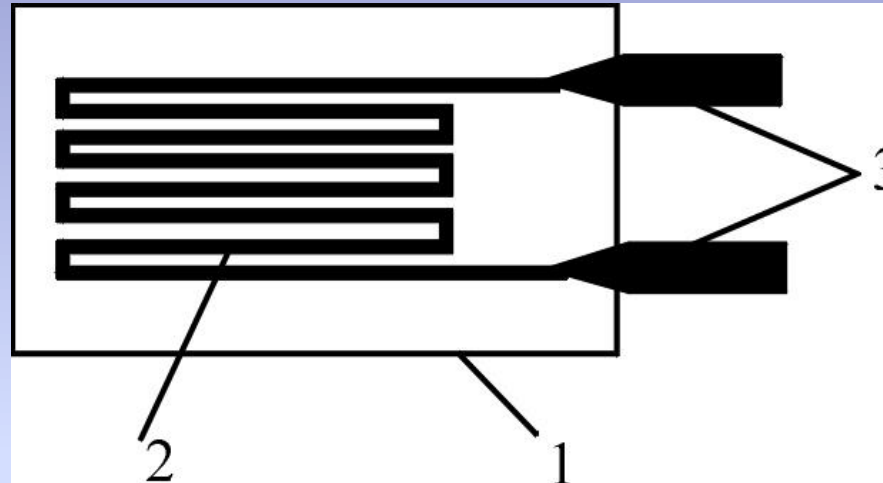


Вторинні обмотки трансформатора включені назустріч і їх напруги віднімаються. При середньому положенні якоря ці напруги однакові й результуюче вихідна напруга дорівнює нулю. При зміщенні якоря з'являється різницевий сигнал знак якого залежить від напрямку зсуву якоря.

Ємнісний перетворювач: перетворює переміщення в напругу змінного струму. Між обкладинками конденсатора переміщається діелектрична пластина (рідина). При переміщенні пластини (рідини) змінюється ємність конденсатора.



Тензорезистори (для дуже малих переміщень):
перетворюють деформацію пружного елемента у зміну електричного опору.



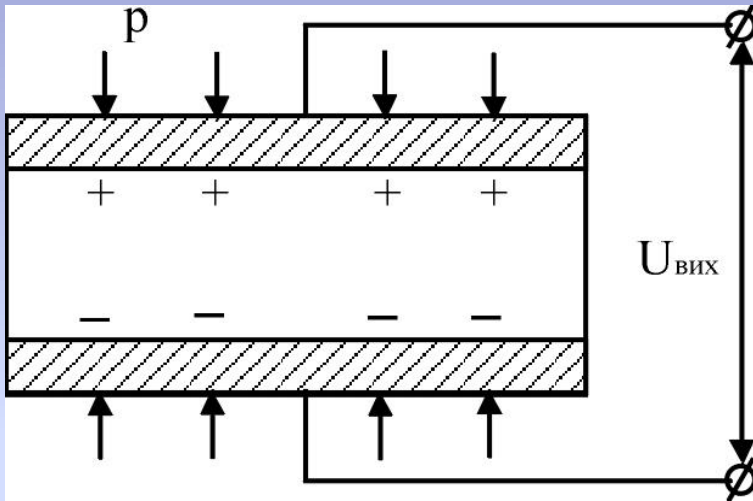
1 – підкладка;

2 – дріт;

3 – контакти.

Дріт на підкладці наклеюється на пружний елемент. При деформації пружного елемента тензодатчик також деформується. Але опір дроту залежить від довжини та розташування витків.

П'єзокристали (кварц, цукор, турмалін та ін.):
перетворюють тиск (силу) у пропорційну напругу (і навпаки).



$$Q = k \cdot F = k \cdot S \cdot p$$

Q - заряд на поверхні кристала, Кл

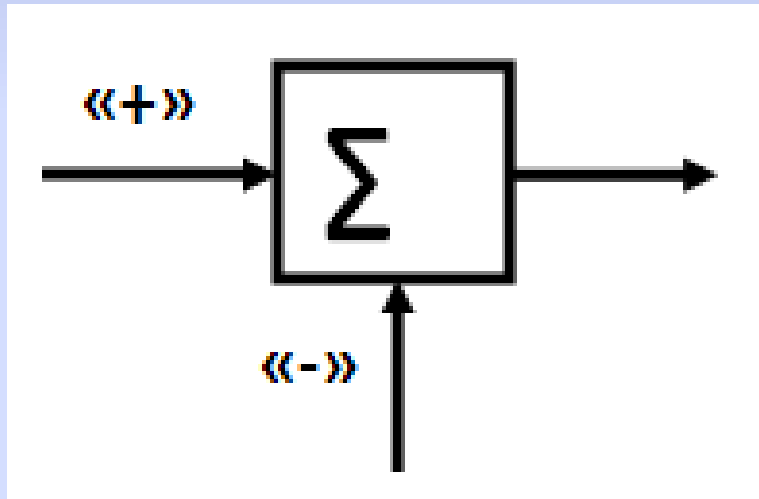
S - площа поверхні кристала, м²

k - п'єзоелектрична постійна Кл/Н.

p - тиск, Н/м².

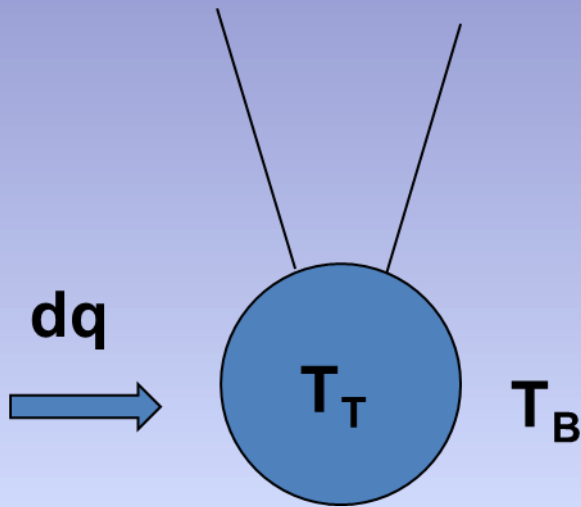
Електронні ПП

Електронні ПП уявляють собою пристрої що сумують і мають один позитивний і один негативний вхід:



Питання 3. Математичний опис первинних перетворювачів

Математичний опис термопар:



T_B – температура навколишнього повітря;
 T_B – температура спаю термопар;
 dq – кількість теплоти.

1. Рівняння енергії:

$$dq = C \cdot m \cdot dT_T$$

C – теплоємність матеріалу;
 m – маса спаю термопар;
 dT_T – зміна температури термопар.

2. Рівняння нестационарного теплообміну:

$$dq = \alpha \cdot F \cdot (T_B - T_T) \cdot dt$$

α – коефіцієнт конвективного теплообміну;
 F – площа спаю термопар;

3. Рівняння Зеєбека :

$$\Delta e = k_T \cdot \Delta T_T$$

Прирівняємо праві частини рівнянь (1) та (2) :

$$C \cdot m \cdot dT_T = \alpha \cdot F \cdot (T_B - T_T) \cdot dt$$

Позначимо : $\frac{dT_T}{dt} = \dot{T}_T$

Отримаємо нелінійне ДР:

$$C \cdot m \cdot \dot{T}_T = \alpha \cdot F \cdot T_B - \alpha \cdot F \cdot T_T$$

Лінеарізуємо отримане ДР. Дорівняємо диференціали правої та лівої частини ДР:

$$C \cdot m \cdot d\dot{T}_T = \alpha \cdot F \cdot dT_B - \alpha \cdot F \cdot dT_T$$

Змінимо диференціали малими відхиленнями:

$$C \cdot m \cdot \Delta\dot{T}_T = \alpha \cdot F \cdot \Delta T_B - \alpha \cdot F \cdot \Delta T_T$$

Можемо записати: $\frac{C \cdot m}{k_T} \Delta \dot{e} + \frac{\alpha \cdot F}{k_T} \Delta e = \alpha \cdot F \cdot \Delta T_B$

Перейдемо до відносних змінних:

$$\dot{\bar{e}} = \frac{\Delta \dot{e}}{e_0} \quad \bar{e} = \frac{\Delta e}{e_0} \quad \bar{T}_B = \frac{\Delta T_B}{T_0}$$

У стандартному вигляді: $T \dot{\bar{e}} + \bar{e} = K \bar{T}_B$

Де: $T = \frac{C \cdot m}{\alpha \cdot F}$ - постійна часу

$K = k_T \cdot \frac{T_{B0}}{e_0}$ - коефіцієнт підсилення

Завдання на самопідготовку:

Автоматика для запобігання вибухам і пожежам. Посібник./ Дерев'янко О.А. та інш.
– Харків: АЦЗУ, 2006.– С. 57-58.