

## Лекція 5

# Вимірювальні перетворювачі для медико-біологічних вимірювань

## Ч.3. Ємнісні, індуктивні, оптичні та магнітні сенсори

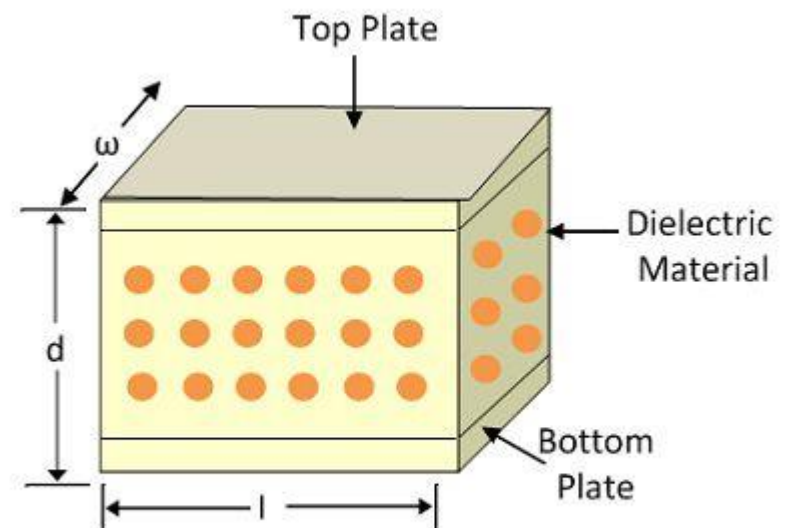
# Ємнісні ВП

## Принцип дії

Ємнісні сенсори використовують метод зміни ємності конденсатора при зміні відстані між обкладками. Відомі керамічні або кремнієві ємнісні ВП тиску і ВП, виконані з використанням пружної металевої мембрани. При зміні тиску мембрана з електродом деформується і відбувається зміна ємності. В елементі з кераміки або кремнію простір між обкладками зазвичай заповнений маслом або іншою органічною рідиною. Недоліком таких ВП є нелінійна залежність ємності від прикладеного тиску.

Ємнісними перетворювачами можливо вимірювати тиск та невеликі переміщення.

$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 Q}{d}$$



**Parallel Plate Capacitive Transducer**

# Ємнісні ВП Чутливість

Ємність:

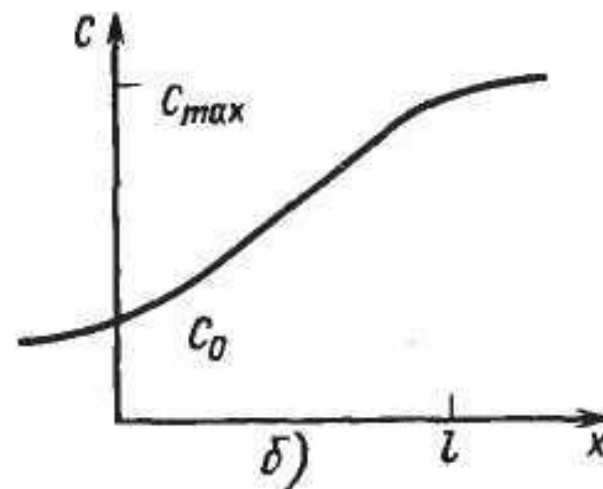
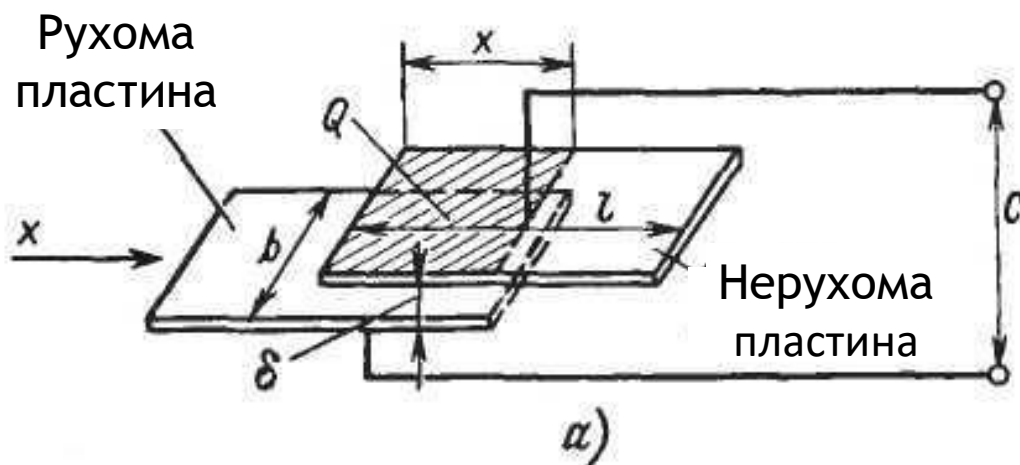
$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 Q}{\delta}$$

Чутливість (для ВП з прямокутними пластинами) у випадку переміщення пластини:

$$S = \frac{dC}{dx} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 b}{\delta}$$

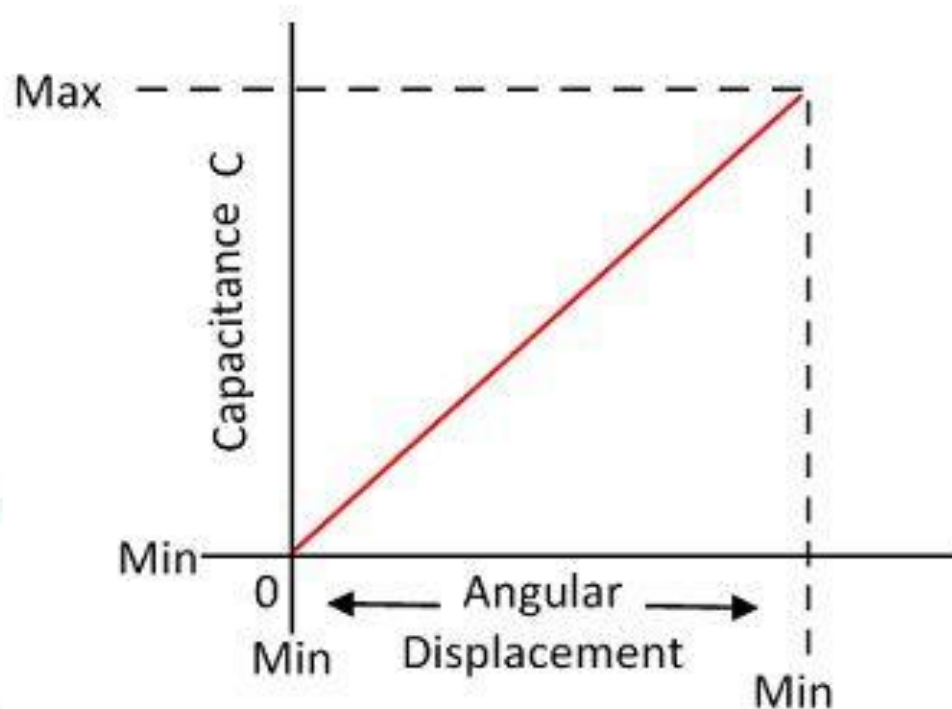
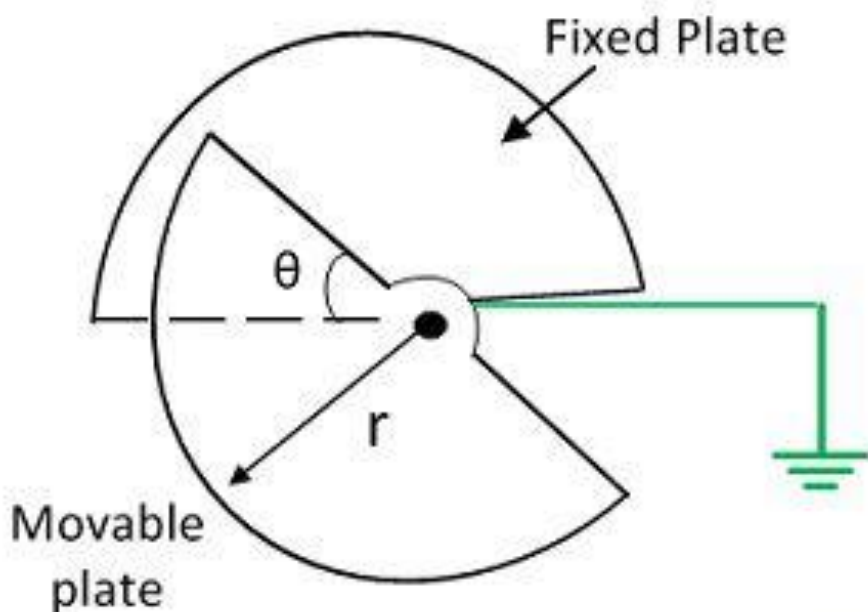
Чутливість (для ВП з прямокутними пластинами) у випадку зміни відстані між пластинами:

$$S = \frac{dC}{d\delta} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 Q}{\delta^2}$$



# Ємнісні ВП

## Конструкція обертового варіанту



Максимальна ємність:

$$C_{max} = \frac{\epsilon A}{d} = \frac{\pi \epsilon r^2}{2d}$$

Ємність:

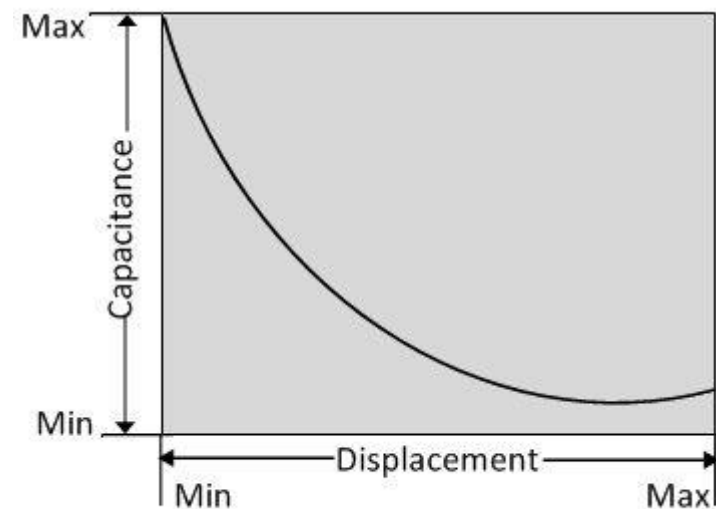
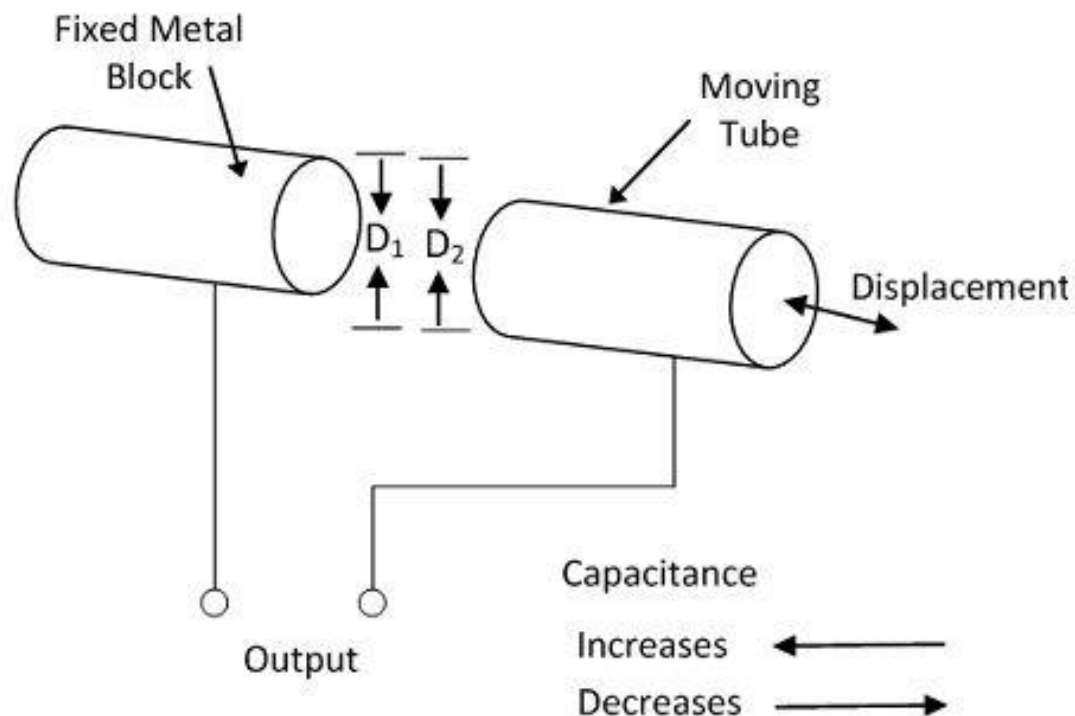
$$C = \frac{\epsilon \theta r^2}{2d}$$

Чутливість:

$$S = \frac{\partial C}{\partial \theta} = \frac{\epsilon r^2}{2d}$$

# Ємнісні ВП

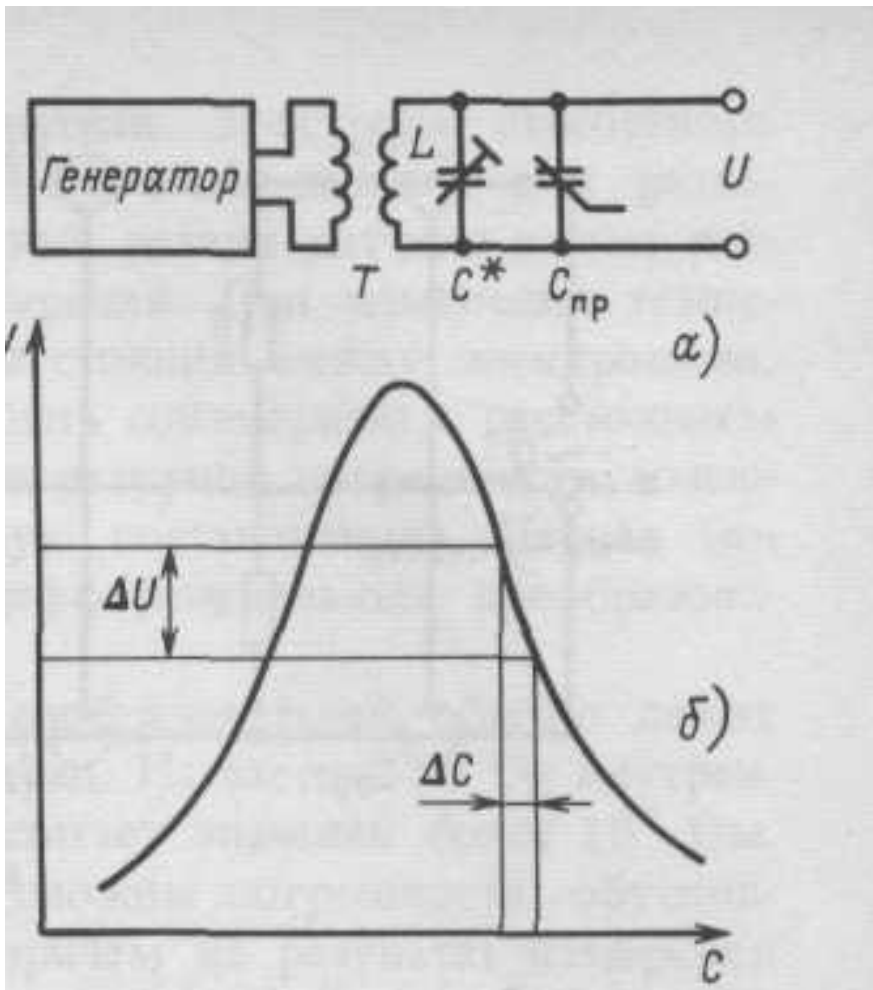
## Конструкція переміщувального варіанту



Такий варіант ємнісного ВП використовується рідше, оскільки має сильно нелінійну передаточну характеристику.

# Ємнісні ВП

## Резонансна схема включення



Строго кажучи, в такій схемі вихідною величиною є не ємність, а напруга.

Рідше вихідною величиною є резонансна частота коливального контуру.

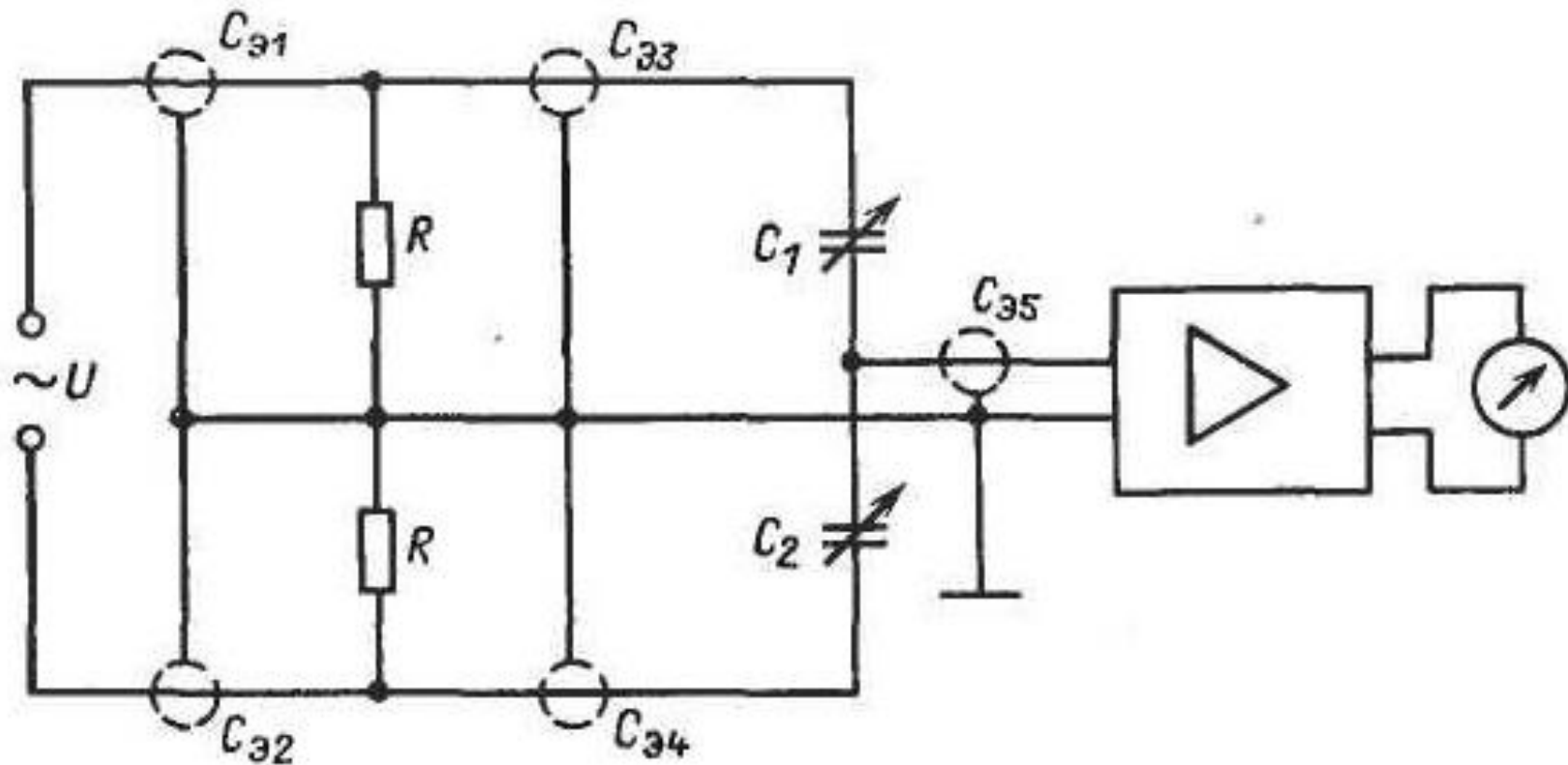
Така схема потребує калібрувального конденсатора  $C^*$ .

Чутливість:

$$S = \frac{\Delta U}{\Delta C}$$

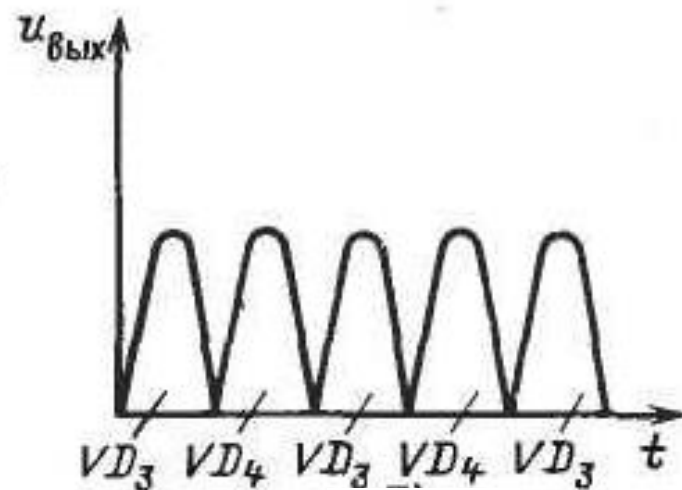
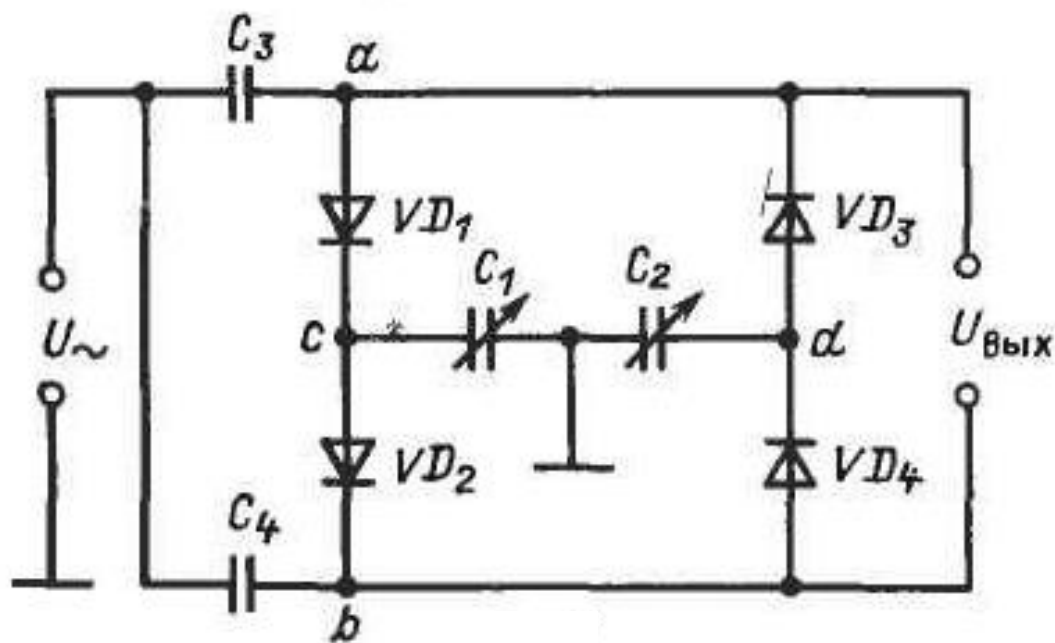
# Ємнісні ВП

## Мостова схема включення (варіант 1)



# Ємнісні ВП

## Мостова схема включення (варіант 2)





### Переваги ємнісних перетворювачів:

- 1) дуже чутливі
- 2) мають хорошу частотну характеристику, через яку використовується для динамічних досліджень (швидкозмінних процесів)
- 3) мають високий вхідний опір (споживають малий струм і вимагає невеликої потужності для роботи)

### Недоліки ємнісних перетворювачів:

- 1) металеві частини вимагають ізоляції
- 2) каркас конденсатора вимагає заземлення для зменшення впливу розсіяного магнітного поля
- 3) іноді перетворювач показує нелінійну поведінку через ефект краю, який контролюється за допомогою охоронного (запобіжного) кільця.
- 4) кабель, що з'єднує перетворювач із схемою, може бути джерелом завади.

- 1) Ємнісний перетворювач використовується для вимірювання як лінійного, так і кутового зміщення. Він надзвичайно чутливий, але використовується для вимірювання дуже невеликої відстані/переміщення.
- 2) В основному ємнісні ВП використовуються для вимірювання сили і тиску. Сила або тиск спочатку перетворюються на зміщення, а потім зміщення змінює ємність перетворювача.
- 3) В деяких випадках він використовується як датчик тиску в газі, де діелектрична проникність перетворювача змінюється з тиском. Також може бути використаний для вимірювання вологості газу.
- 4) При невеликій механічній модифікації ємнісні ВП можуть бути використані для вимірювання об'єму, щільності, ваги тощо.

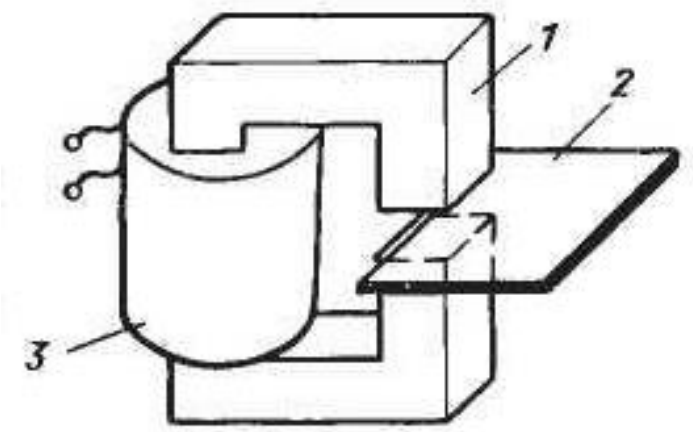
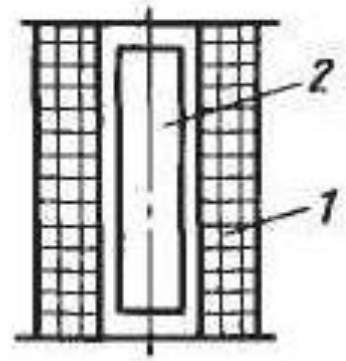
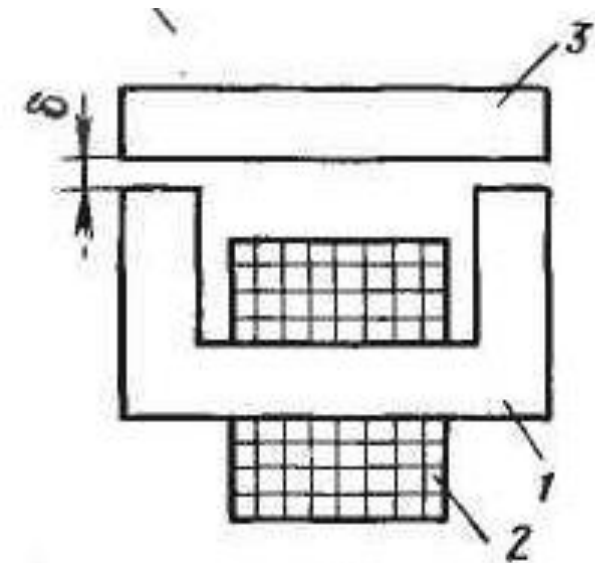
# Індуктивні ВП

## Принцип дії

Індуктивний перетворювач являє собою котушку індуктивності (дросель), повний опір якої змінюється при взаємному відносному переміщенні елементів магнітопроводу. Є дві групи перетворювачів:

1) з індуктивністю, що змінюється:

2) з реактивним опором, що змінюється:



# Індуктивні ВП

## Принцип дії

Індуктивність котушки: 
$$L = w \frac{\Phi}{I}$$

де  $w$  - кількість витків,  $\Phi$  - магнітний потік,  $I$  - сила струму.

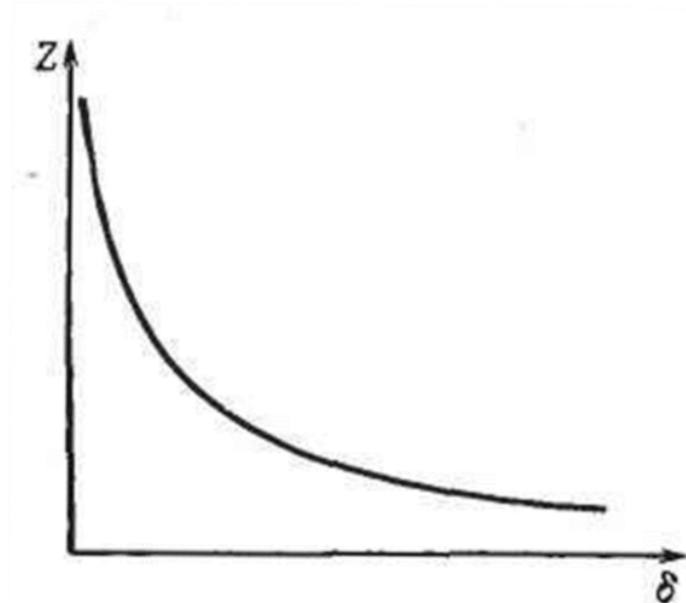
Струм: 
$$I = \frac{H\delta}{w}$$

де  $H$  - напруженість магнітного поля,  $\delta$  - магнітний зазор.

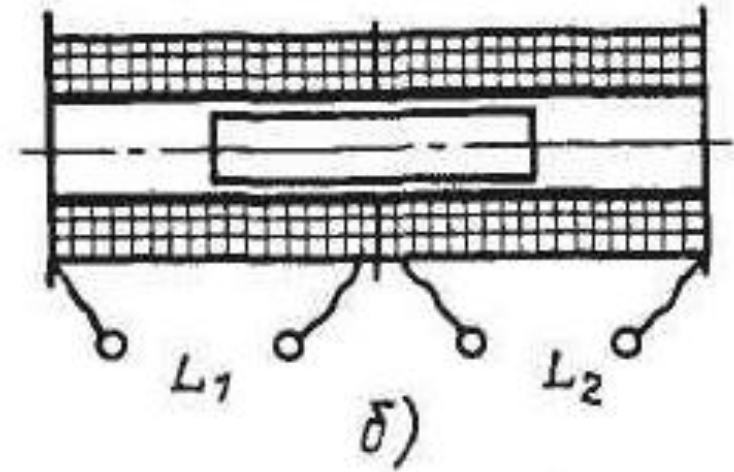
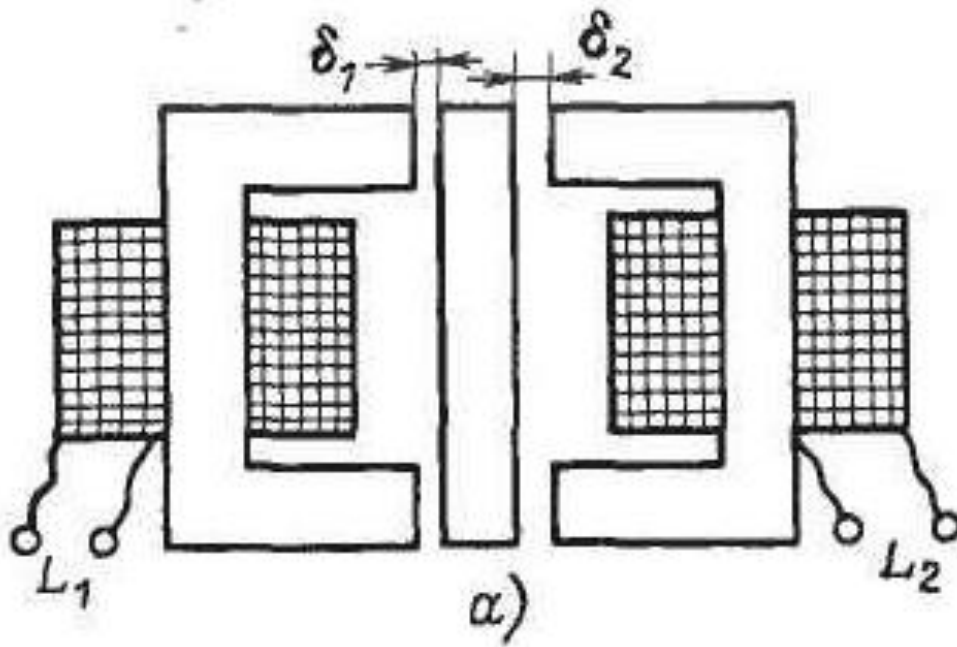
Тоді: 
$$L = \frac{w^2}{R_M}$$

де  $R_M$  - магнітний опір.

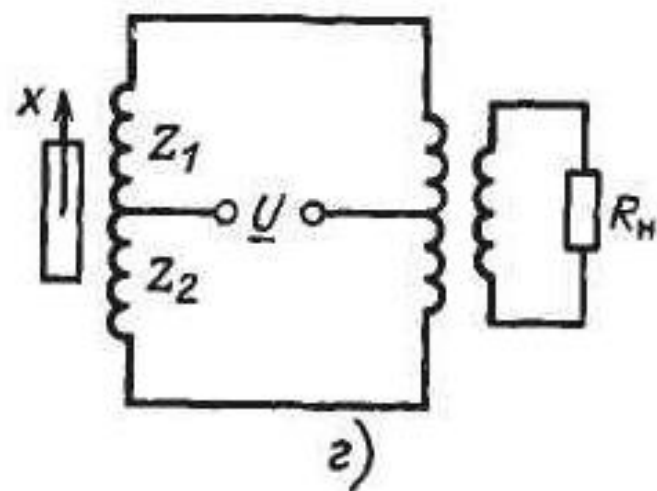
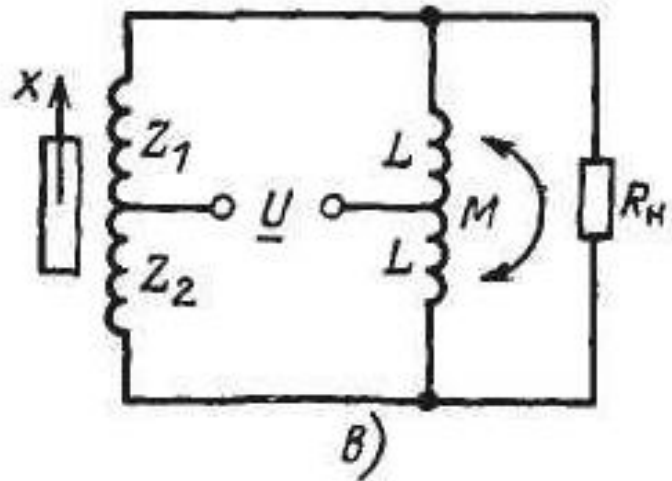
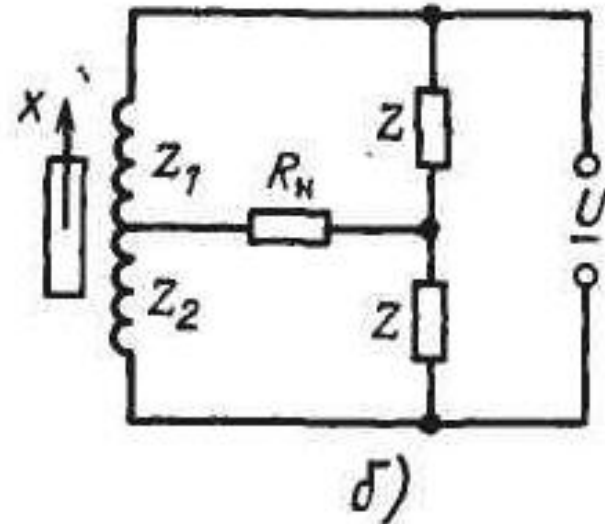
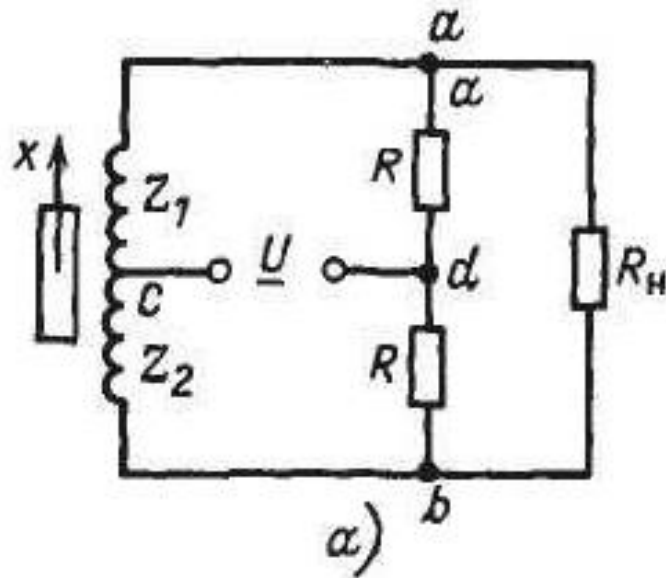
Оскільки індуктивні перетворювачі завжди мають нелінійну функцію перетворення, вони рідко використовуються самі по собі, але частіше - у поєднанні з ємнісними перетворювачами або конденсаторами.



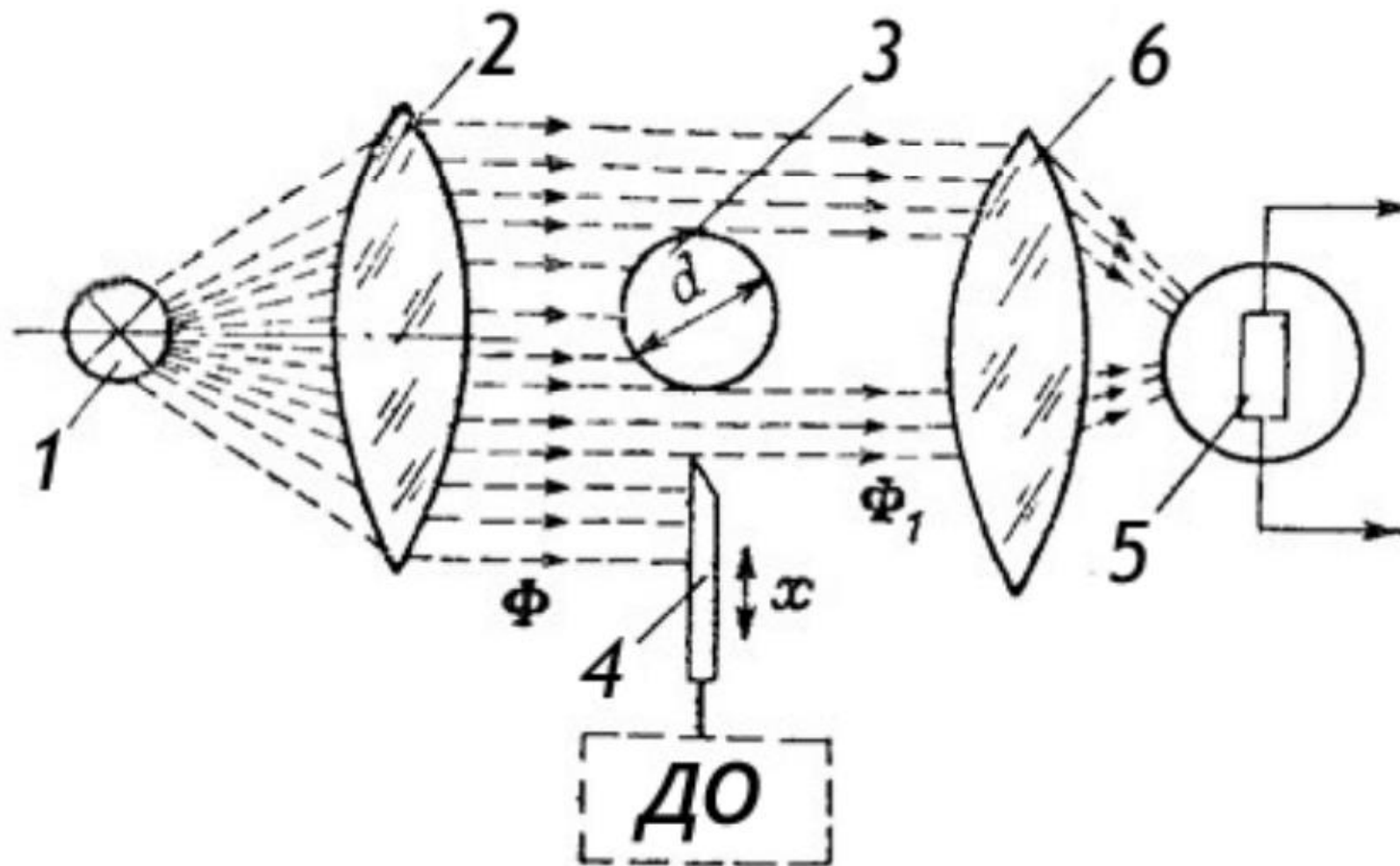
# Конструктивні принципи збільшення чутливості індуктивних ВП



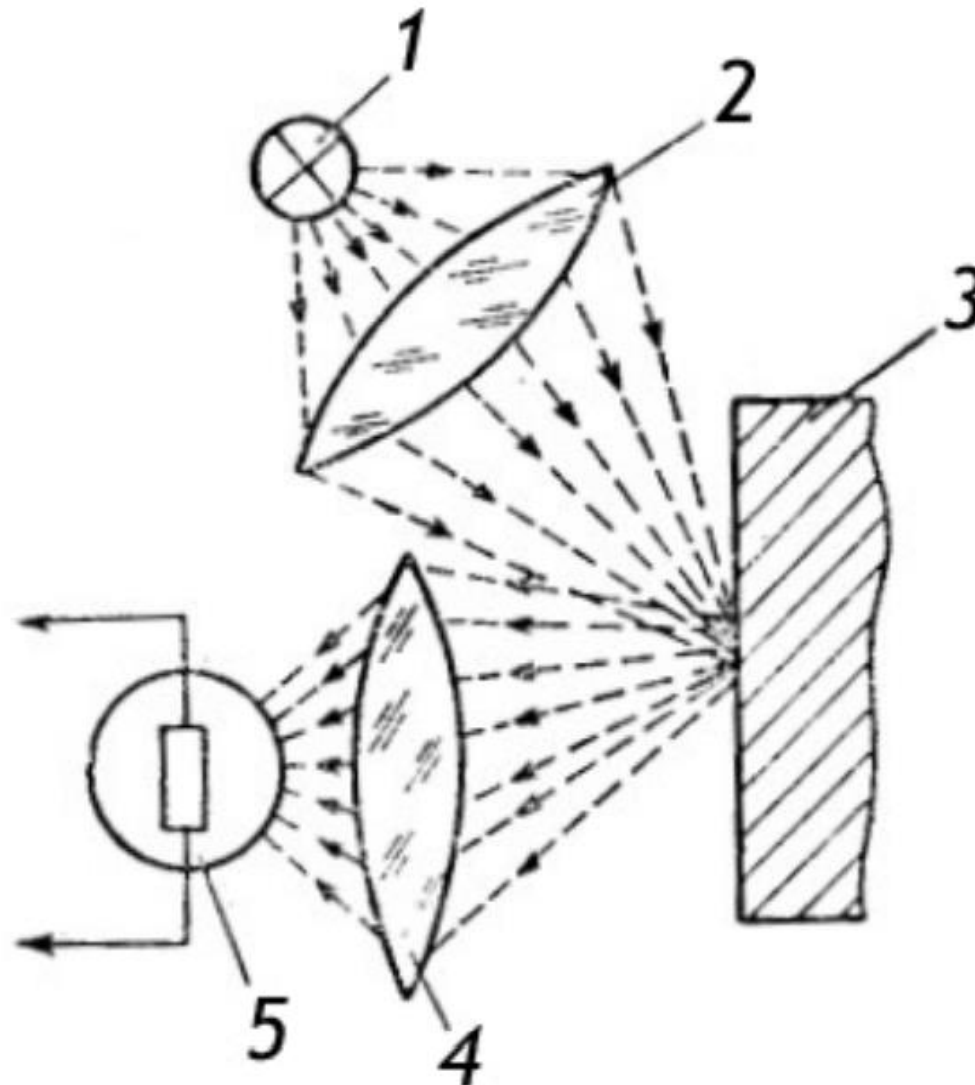
# Схеми включення індуктивних ВП



# Фотоелектричні ВП, що працюють на просвіт

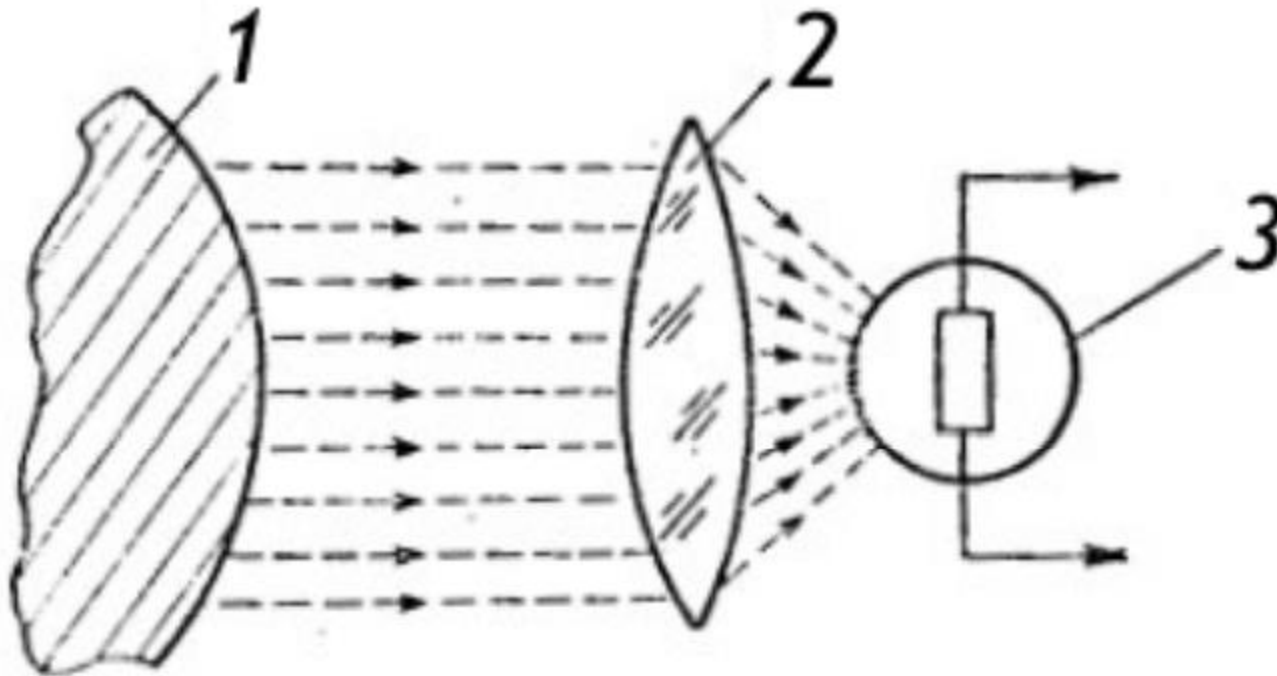


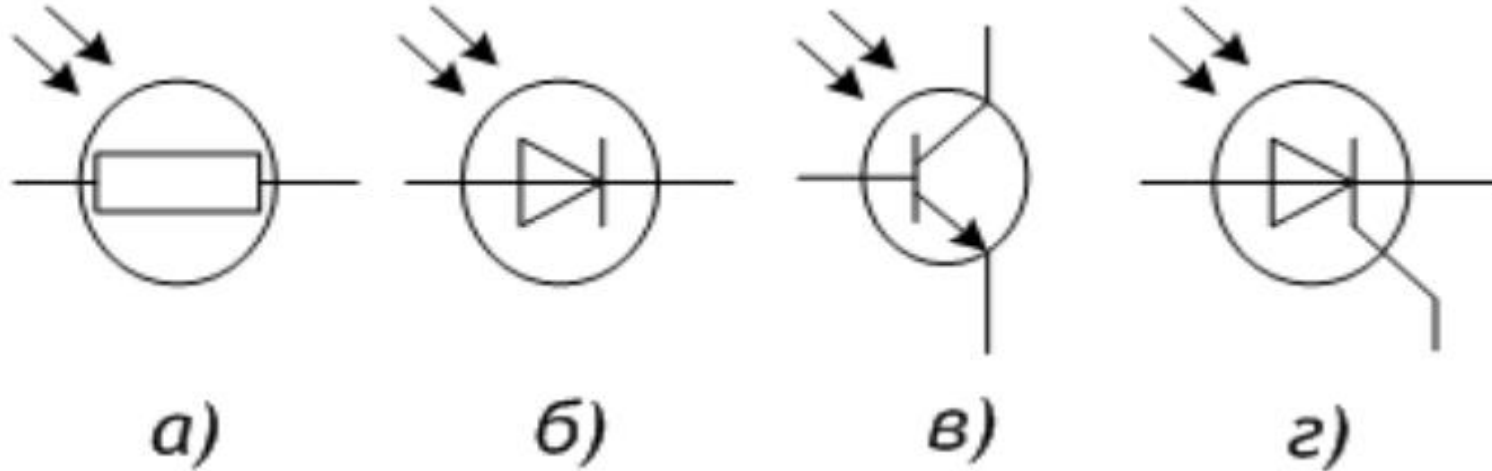
# Фотоелектричні ВП, що працюють на зворотне відбиття





# Фотоелектричні ВП, що працюють на розсіяне відбиття





- а) фоторезистори
- б) фотодіоди
- в) фототранзистори
- г) фототиристри

# Магнітні ВП

## Сенсор на основі ефекту Холла

Принцип перетворювача ефекту Холла полягає в тому, що якщо смуга провідника струму розміщена в поперечному магнітному полі, то ЕРС розвивається на краю провідника. Величина напруги залежить від щільності потоку, і ця властивість провідника називається ефектом Холла. Елемент Холла проявляється у напівпровідниках в основному використовується для вимірювань струмів та магнітних полів.

ЕРС Холла:

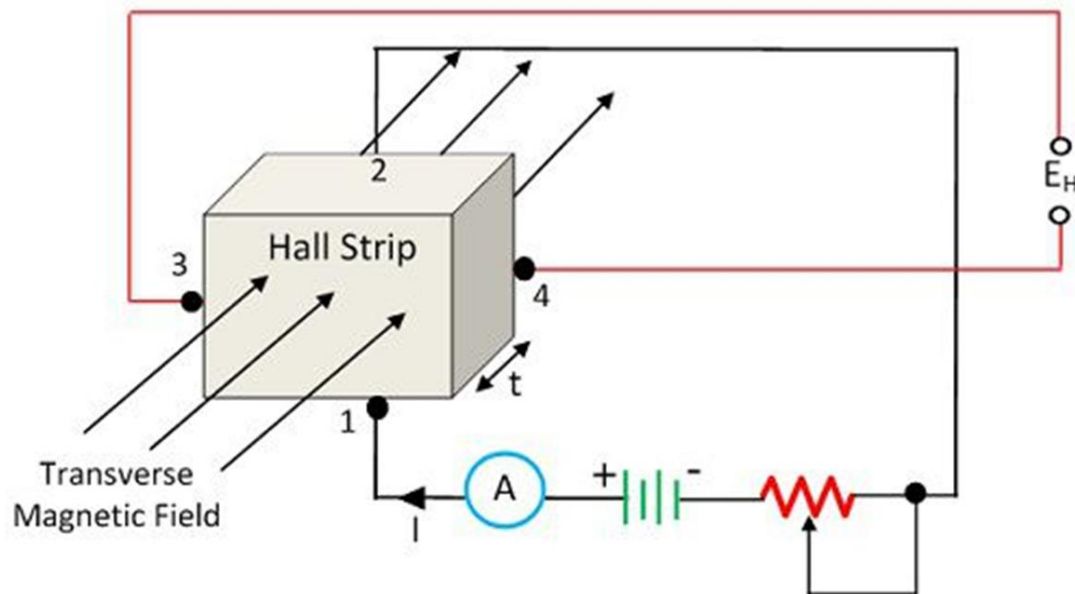
$$E_H = K_H IB / t$$

де:

$$K_H - \text{Hall effect coefficient}; \frac{V - m}{A - Wbm^{-2}}$$

$t$  – thickness of Strip ; m

$I$  - струм в амперах, а  $B$  - щільність магнітного потоку в  $Wb/m^2$



Далі буде...

**...Основні типи біосигналів,  
що використовуються в медичній практиці**