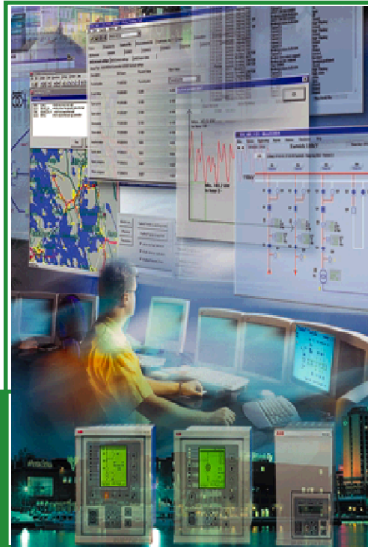


TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

VIỆN ĐIỆN



CẢM BIẾN VÀ XỬ LÝ TÍN HIỆU

Nguyễn Thị Huế

BM: Kỹ thuật đo và Tin học công nghiệp

Nội dung môn học

- ❖ Chương 1: Tổng quan về cảm biến và Các mạch xử lý trong đo lường
- ❖ Chương 2: Chuyển đổi nhiệt điện
- ❖ Chương 3: Chuyển đổi điện trở
- ❖ Chương 4: Cảm biến tĩnh điện(áp điện, điện dung)
- ❖ **Chương 5: Chuyển đổi điện từ**
- ❖ Chương 6: Chuyển đổi tĩnh điện Chuyển đổi điện tử và ion
- ❖ Chương 7: Chuyển đổi hóa điện
- ❖ Chương 8: Chuyển đổi khác

Tài liệu tham khảo

➤ Sách:

- ❖ Kỹ thuật đo lường các đại lượng điện tập 1,2- Phạm Thượng Hàn, Nguyễn Trọng Quế....
- ❖ Đo lường điện và các bộ cảm biến: Ng.V.Hoà và Hoàng Sĩ Hồng

➤ Bài giảng và website:

- ❖ Bài giảng kỹ thuật đo lường và cảm biến-Hoàng Sĩ Hồng.
- ❖ Bài giảng Cảm biến và kỹ thuật đo: P.T.N.Yến, Ng.T.L.Huong, Lê Q. Huy
- ❖ Bài giảng MEMs ITIMS - BKHN

➤ Website: [sciencedirect.com/sensors](https://www.sciencedirect.com/sensors) and actuators A and B

Cảm biến từ

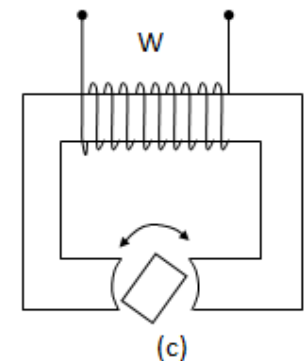
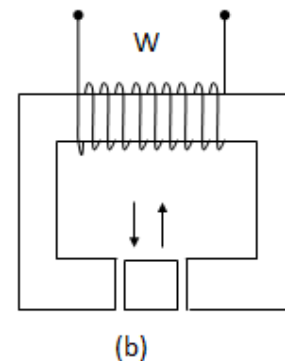
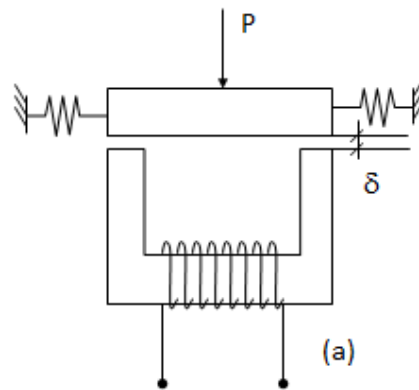
- Là nhóm chuyển đổi dựa trên các qui luật điện từ.
- Đại lượng vật lý cần đo làm thay đổi các đại lượng từ như: điện cảm, hồ cảm, từ thông, từ thẩm....
- Phân loại: có 4 loại chính
 - ❖ Chuyển đổi điện cảm
 - ❖ Chuyển đổi hồ cảm.
 - ❖ Chuyển đổi cảm ứng.
 - ❖ Chuyển đổi áp từ

Chuyển đổi điện cảm

- Chuyển đổi điện cảm là chuyển đổi biến đổi giá trị đại lượng đo thành trị số điện cảm. Một số chuyển đổi điện cảm thường gặp

Hệ số tự cảm

$$L = \frac{W^2}{R_s} = W^2 \cdot \frac{\mu_o s}{\delta}$$

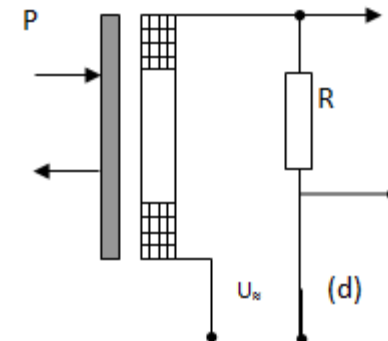


W- số vòng dây.

$R\delta$ - từ trở của khe hở không khí.

δ - chiều dài khe hở không khí.

s - tiết diện thực của khe hở không khí.

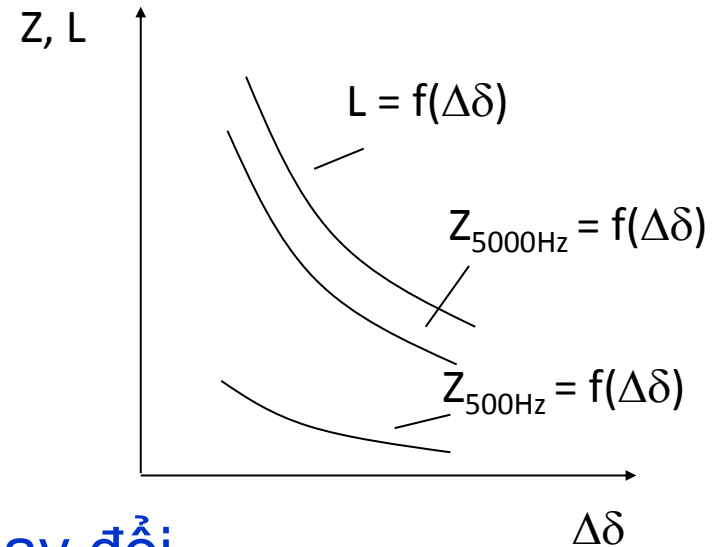


5.1 Cảm biến điện cảm

■ a) Cảm biến tự cảm đơn có khe từ biến thiên

❖ Tổng trở của cảm biến:

$$Z = \omega L = \frac{\omega W^2 \mu_0 s}{\delta}$$

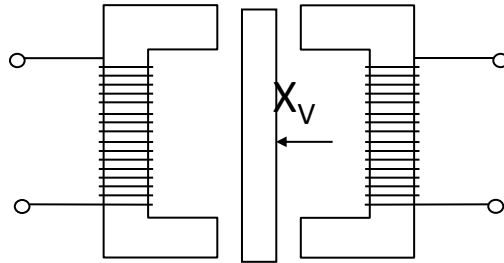


❖ Khi δ , s thay đổi \rightarrow L và Z thay đổi.

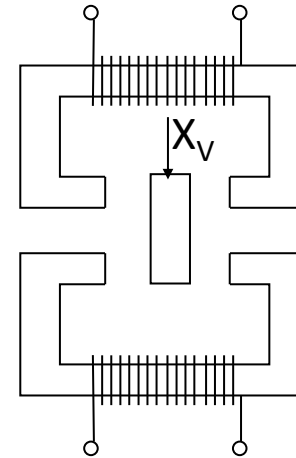
$$dL = \frac{\partial L}{\partial s} ds + \frac{\partial L}{\partial \delta} d\delta = w^2 \cdot \frac{\mu_o}{\delta} \Delta s + w^2 \cdot \frac{\mu_o s}{(\delta + \Delta \delta)^2} \Delta \delta$$

5.1 Cảm biến điện cảm

- b) Cảm biến tự cảm kép có khe từ biến thiên
 - ❖ Cấu tạo và nguyên lý làm việc



Đo dịch
chuyển thẳng

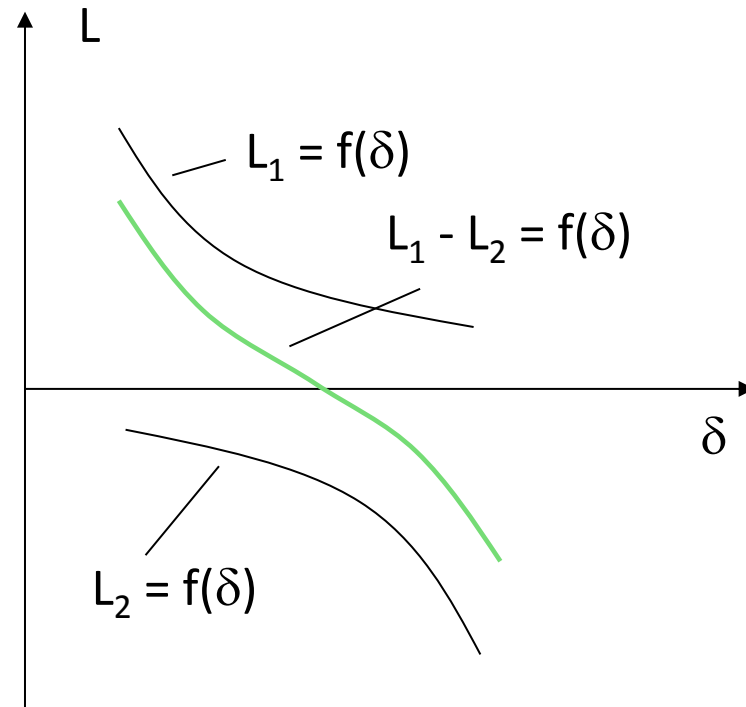
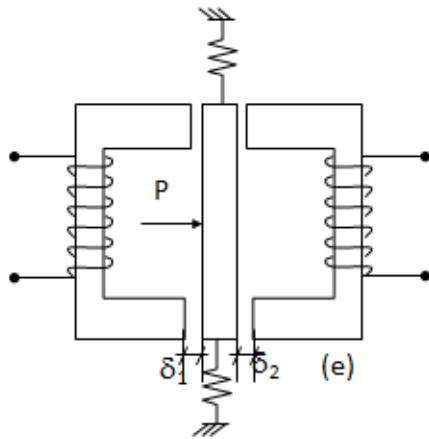


Đo dịch
chuyển quay

5.1 Cảm biến tự cảm

■ b) Cảm biến tự cảm kép có khe từ biến thiên

❖ Hệ số tự cảm



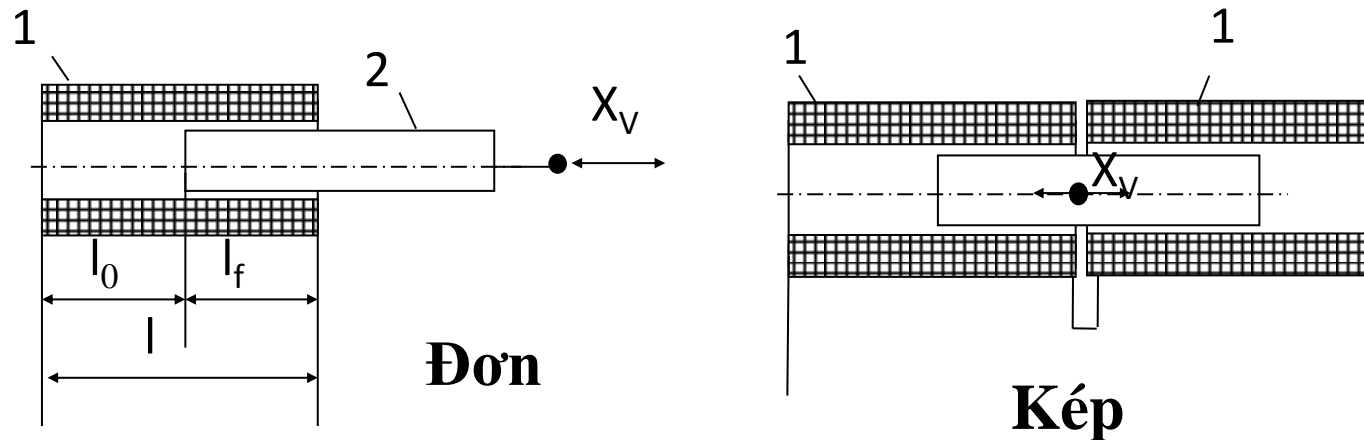
❖ Đặc điểm:

- ✓ Độ nhạy lớn.
- ✓ Độ tuyến tính cao hơn.

5.1 Cảm biến điện cảm

■ c) Cảm biến tự cảm có lõi từ di động

❖ Cấu tạo và nguyên lý làm việc



❖ Đặc điểm:

- ✓ $L = f(l_f) \rightarrow$ phi tuyến, độ nhạy và độ tuyến tính của CB kép cao hơn CB đơn.
- ✓ Đo được dịch chuyển lớn hơn so với CBTC có khe từ biến thiên

5.1 Cảm biến điện cảm

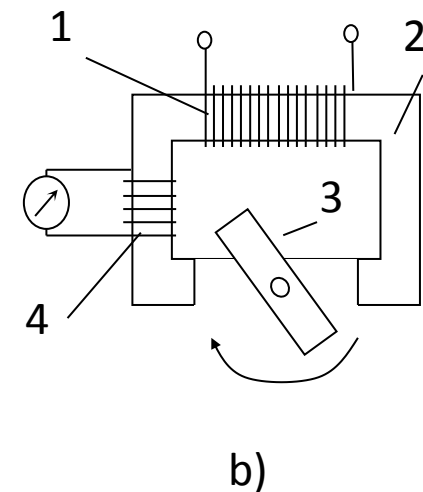
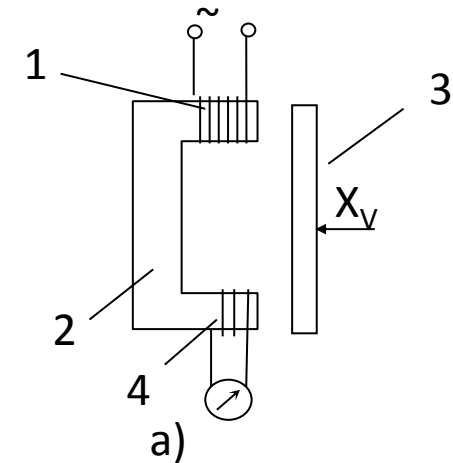
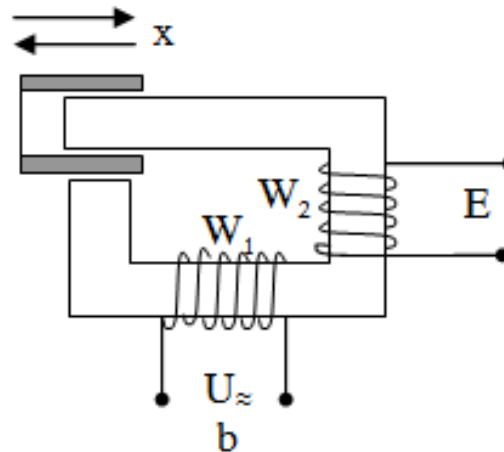
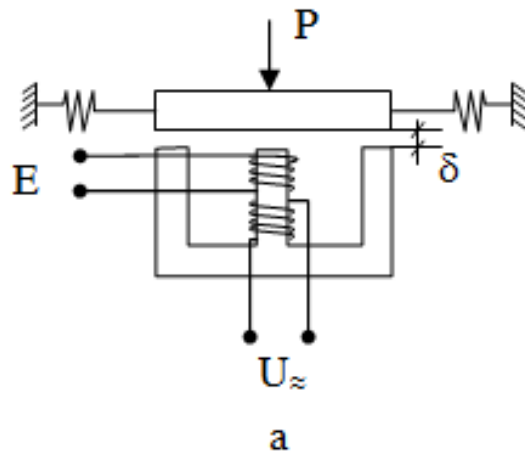
- Ứng dụng
 - ❖ Đo khoảng cách
 - ❖ Đo góc

5.1 Cảm biến điện cảm



5.2 Chuyển đổi hồ cảm

- Là chuyển đổi biến giá trị đo thành trị số hồ cảm. Một số loại chuyển đổi hồ cảm thường gặp



1. Cuộn sơ cấp
2. Gông từ
3. Tấm sắt từ di động
4. Cuộn thứ cấp (cuộn đo)

5.2 Cảm biến hồ cảm

■ Cấu tạo và nguyên lý làm việc

- ❖ Khi cấp dòng xoay chiều ($i = I_m \sin \omega t$) vào cuộn sơ cấp, sinh ra Φ biến thiên \rightarrow trong cuộn thứ cấp sinh ra sức điện động cảm ứng:

$$e = -\frac{W_2 W_1 \mu_0 s}{\delta} \cdot \frac{di}{dt} = -\frac{W_2 W_1 \mu_0 s}{\delta} \omega I_m \cos \omega t$$

- ❖ Giá trị hiệu dụng của suất điện động

$$E = -\frac{W_2 W_1 \mu_0 s}{\delta} \omega I = k \frac{s}{\delta}$$

$$\Rightarrow E = f(s, \delta)$$

5.2 Cảm biến hồ cảm

■ Đặc điểm

❖ $E = f(s, \delta) \rightarrow$ tuyến tính theo (s) và phi tuyến theo (δ)

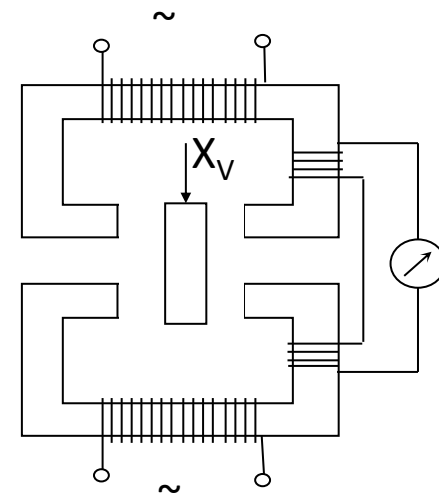
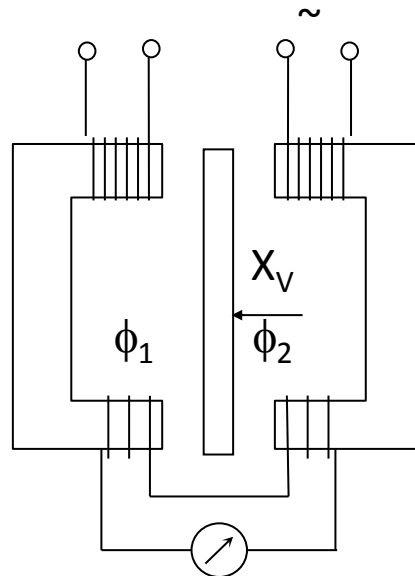
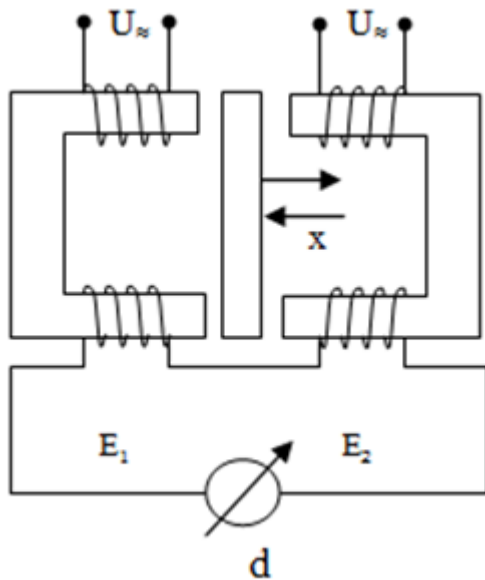
$$S_{\delta} = \frac{\Delta E}{\Delta \delta} = - \frac{ks}{\delta_0^2 \left(1 + \frac{\Delta \delta}{\delta_0}\right)^2} = - \frac{E_0}{\delta_0 \left(1 + \frac{\Delta \delta}{\delta_0}\right)^2}$$

$$S_s = \frac{\Delta E}{\Delta s} = \frac{k}{\delta_0} = \frac{E_0}{s_0} \quad \text{Với} \quad E_0 = \frac{ks_0}{\delta_0} \quad (\text{khi } X_v = 0)$$

❖ Để tăng độ nhạy và độ tuyến tính \rightarrow CBHC kép lắp vi sai.

5.2 Cảm biến hồ cảm

■ Cảm biến hồ cảm kép lắp vi sai



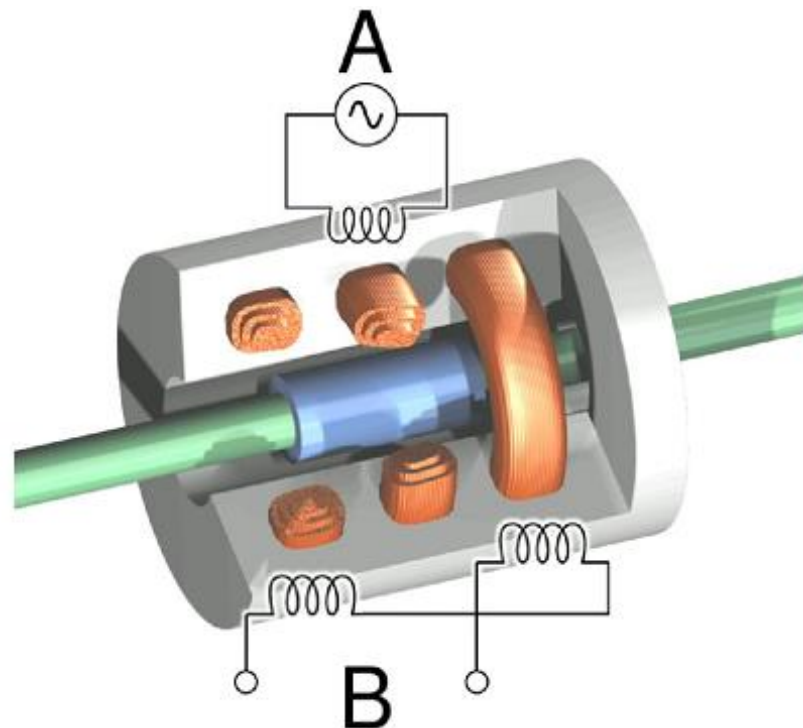
Chuyển đổi vi sai kiểu thay đổi khe hở không khí δ , khi P tác dụng lên chuyển đổi sẽ làm cho δ_1 và δ_2 biến thiên ngược nhau, do vậy từ trở của hai mạch từ thay đổi ngược nhau, dẫn đến làm cho E_1 và E_2 biến thiên ngược nhau

5.2 Cảm biến hồ cảm - ứng dụng

■ Biến áp vi sai biến đổi tuyến tính (LVDT)

➤ Cấu tạo

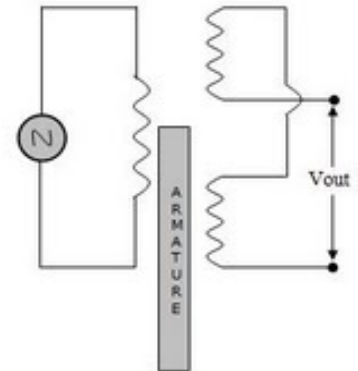
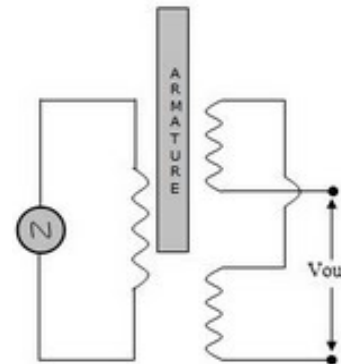
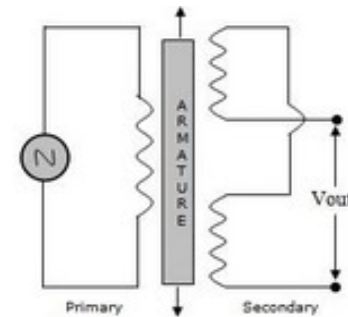
- ❖ Gồm 1 cuộn sơ cấp, 2 cuộn thứ cấp và phần lõi sắt từ
- ❖ Cuộn sơ cấp được cấp nguồn AC, 2 cuộn thứ cấp được mắc ngược nhau



Biến áp vi sai biến đổi tuyến tính (LVDT)

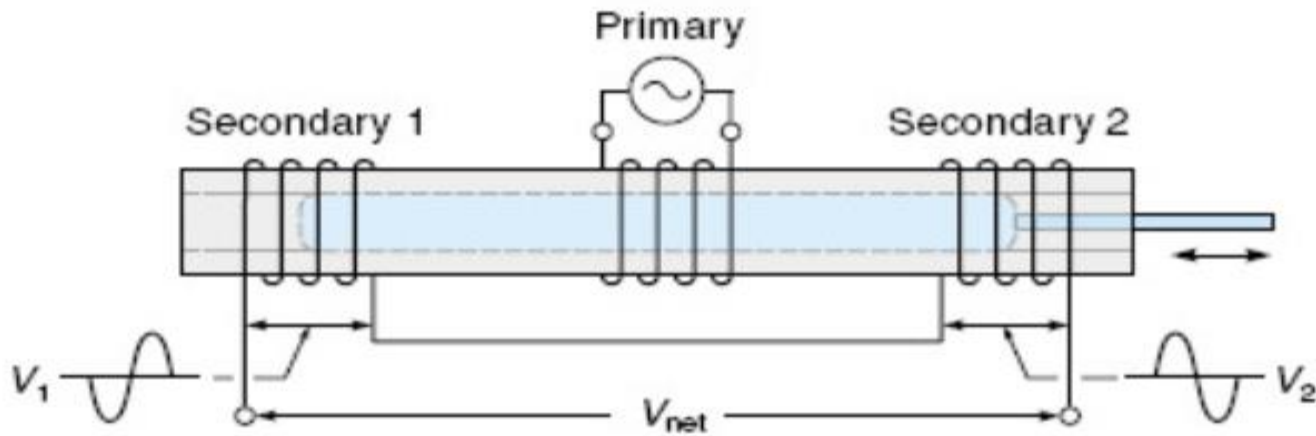
■ Hoạt động

- ❖ Ngõ ra là điện áp giữa 2 đầu cuộn thứ cấp phụ thuộc vào vị trí của lõi sắt từ.
- ❖ Khi lõi sắt ở giữa 2 cuộn thứ cấp, sẽ sinh ra điện áp bằng nhau và ngược dấu nhau \rightarrow điện áp ra bằng 0.
- ❖ Khi vật di chuyển lên hay xuống thì làm cho điện áp của các cuộn thứ cấp tăng hoặc giảm.
- ❖ Đo điện áp ngõ ra để xác định độ dịch chuyển

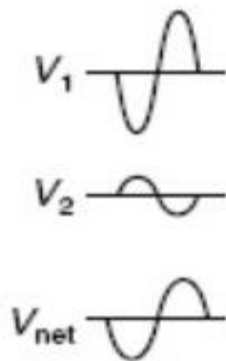


Biến áp vi sai biến đổi tuyến tính (LVDT)

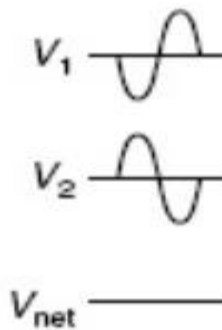
$$V_{net} = V_1 + V_2$$



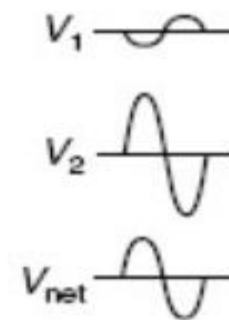
(a) LVDT with shaft centered



(b) Shaft left



(c) Shaft centered



(d) Shaft right

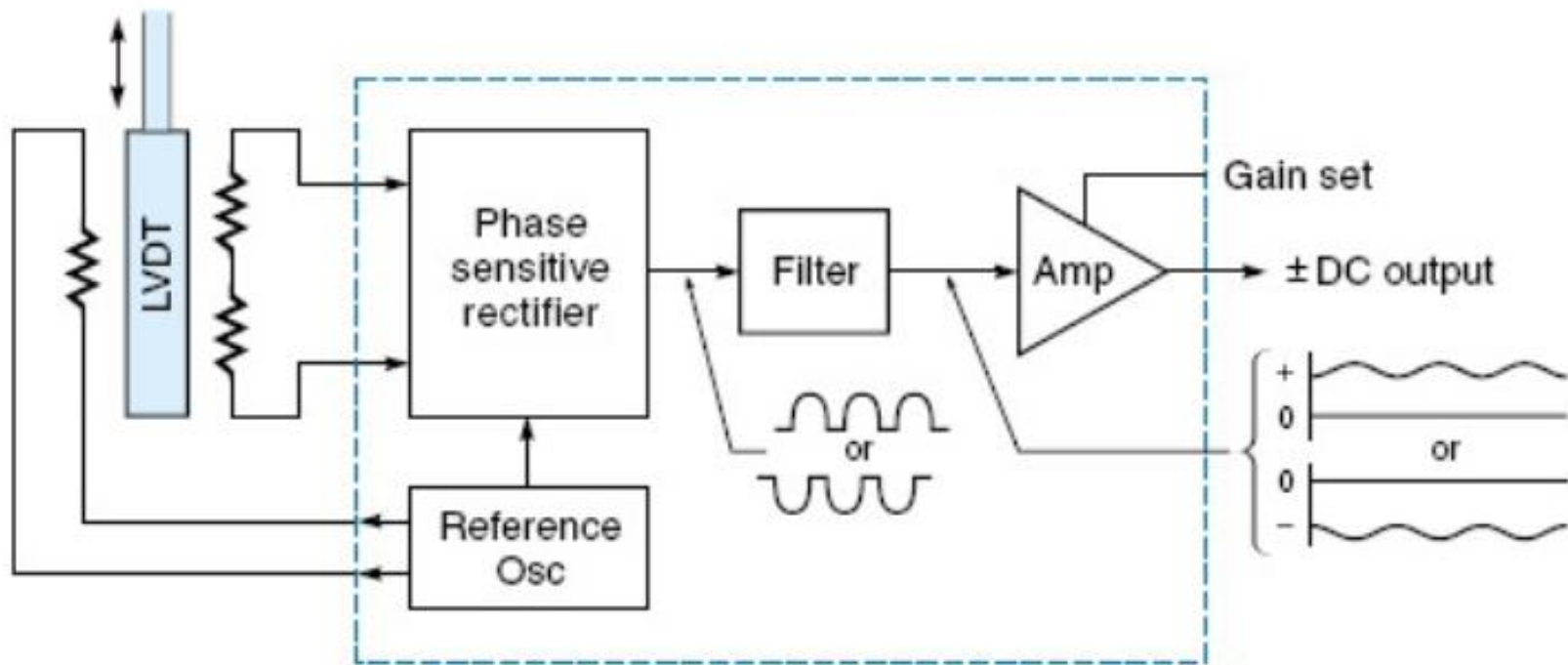
Biến áp vi sai biến đổi tuyến tính (LVDT)



Biến áp vi sai biến đổi tuyến tính (LVDT)

■ Mạch xử lý

Tín hiệu -> chỉnh lưu -> lọc -> khuếch đại.



Biến áp vi sai biến đổi tuyến tính (LVDT)

■ Ưu điểm

- ❖ Phát hiện được cả khoảng cách và chiều di chuyển
- ❖ Chính xác
- ❖ Làm việc được trong môi trường khắc nghiệt
- ❖ Ít ảnh hưởng bởi rung động

■ Nhược điểm

- ❖ Không phù hợp cho việc đo khoảng cách lớn

■ Ứng dụng

- ❖ Đo dịch chuyển tuyến tính
- ❖ Đo vị trí

5.3 Chuyển đổi cảm ứng

- Đây là chuyển đổi phát điện. Ví dụ một số chuyển đổi thường gặp

$$E = -W \cdot \frac{d\Phi}{dt} = S \cdot \frac{dX}{dt}$$

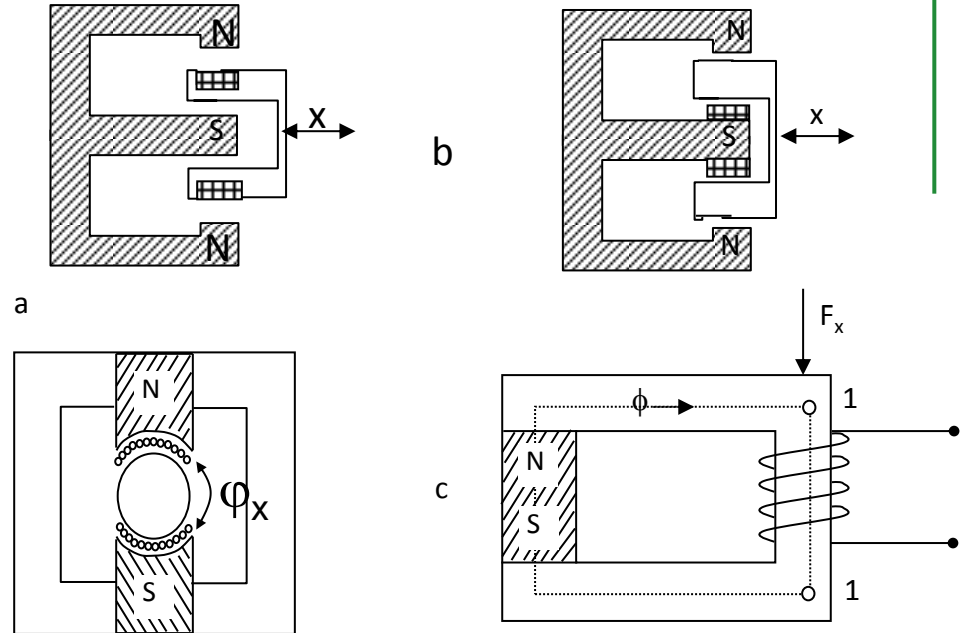
X: độ di chuyển thẳng của cuộn dây

$S = -B \cdot \pi \cdot D \cdot W$ là độ nhạy của chuyển đổi.

B: độ từ cảm của khe hở không khí

D: đường kính trung bình của cuộn dây

W: số vòng của cuộn dây



5.3. Ứng dụng chuyển đổi cảm ứng

1. Đo vận tốc tuyến tính

■ Cảm biến vận tốc điện từ

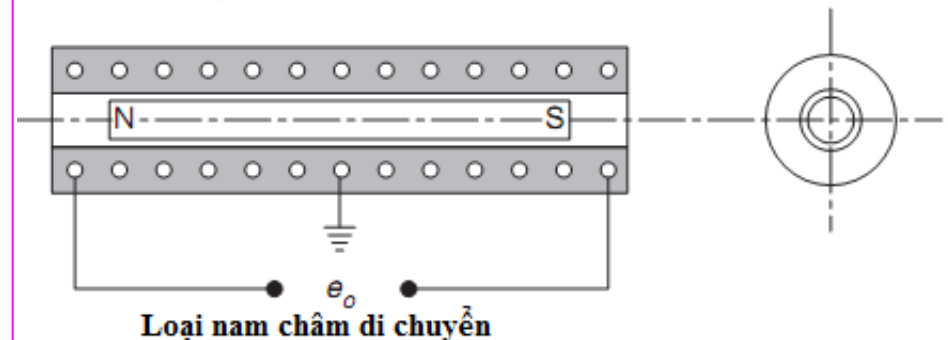
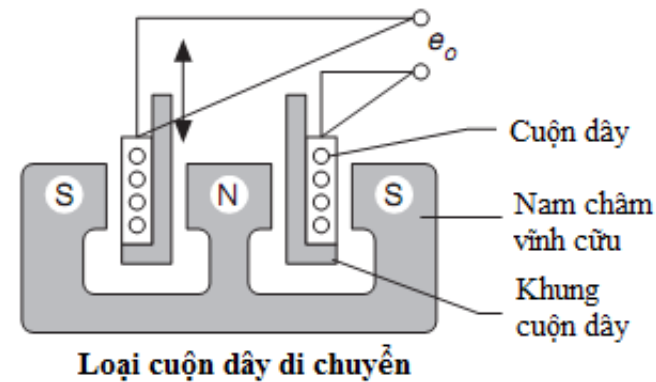
Khi cuộn dây di chuyển hoặc nam châm di chuyển thì từ trường biến thiên trong cuộn dây và sinh ra một hiệu điện thế cảm ứng

$$e_0 = BLV$$

B: Cường độ từ trường

L: Chiều dài cuộn dây

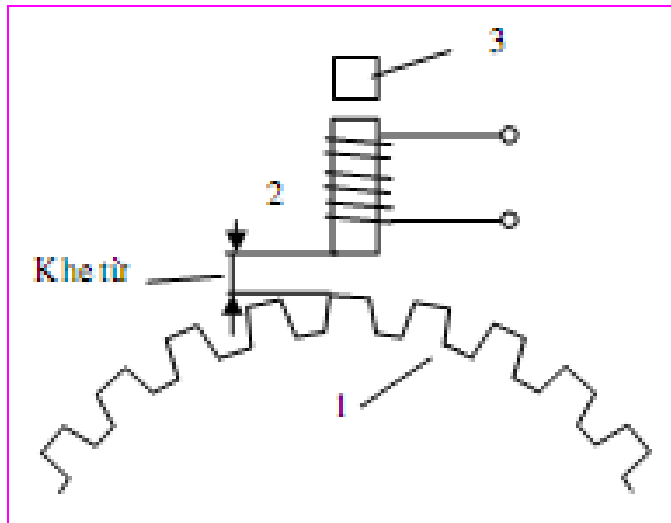
V: vận tốc di chuyển



Ứng dụng chuyển đổi cảm ứng

1. Đo vận tốc góc

■ Tốc độ kế xung



- 1) Đĩa quay (bánh răng)
- 2) Cuộn dây 3) Nam châm vĩnh cửu

Cấu tạo:

- Đĩa quay
- Cuộn dây có lõi sắt từ
- Nam châm vĩnh cửu
- Đĩa quay

Hoạt động:

Khi đĩa quay \rightarrow khe hở δ biến thiên \rightarrow từ trở mạch từ biến thiên $\rightarrow \Phi$ qua cuộn dây biến thiên \rightarrow trong cuộn dây xuất hiện s.đ.đ cảm ứng (e) có tần số (f) tỉ lệ với tốc độ quay (n): $f=n.p$ (p: số răng trên đĩa)

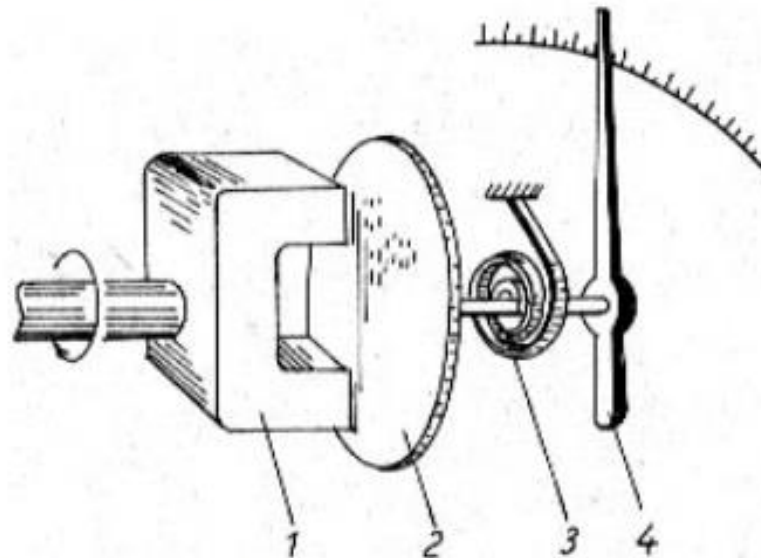
Biên độ E phụ thuộc hai yếu tố:

- Khoảng cách giữa cuộn dây và đĩa quay: khoảng cách càng lớn E càng nhỏ.
- Tốc độ quay: Tốc độ quay càng lớn, E càng lớn.

Chuyển đổi cảm ứng

■ Đo tốc độ quay

Khi nam châm quay tạo ra từ trường quay, từ trường này cảm ứng lên đĩa nhôm dòng cảm ứng đồng thời tác dụng lên dòng điện ấy một lực tạo ra mômen quay lên đĩa nhôm. Tùy theo tốc độ quay của động cơ, đĩa nhôm bị quay theo, kim chỉ cho ta biết được tốc độ đó.



Sơ đồ thiết bị đo tốc độ quay dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ

Ứng dụng chuyển đổi cảm ứng

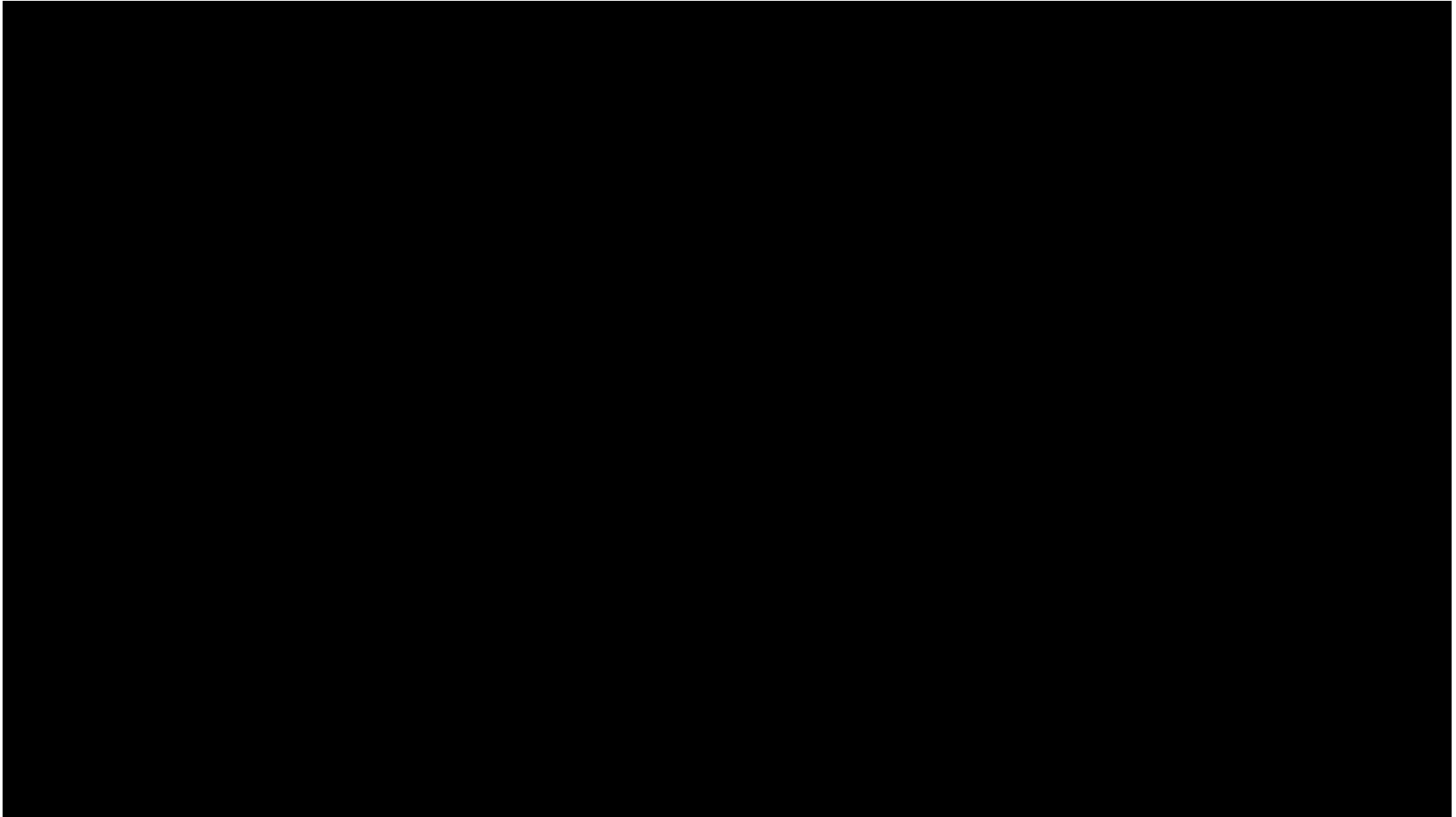


2. Tốc độ kế xung



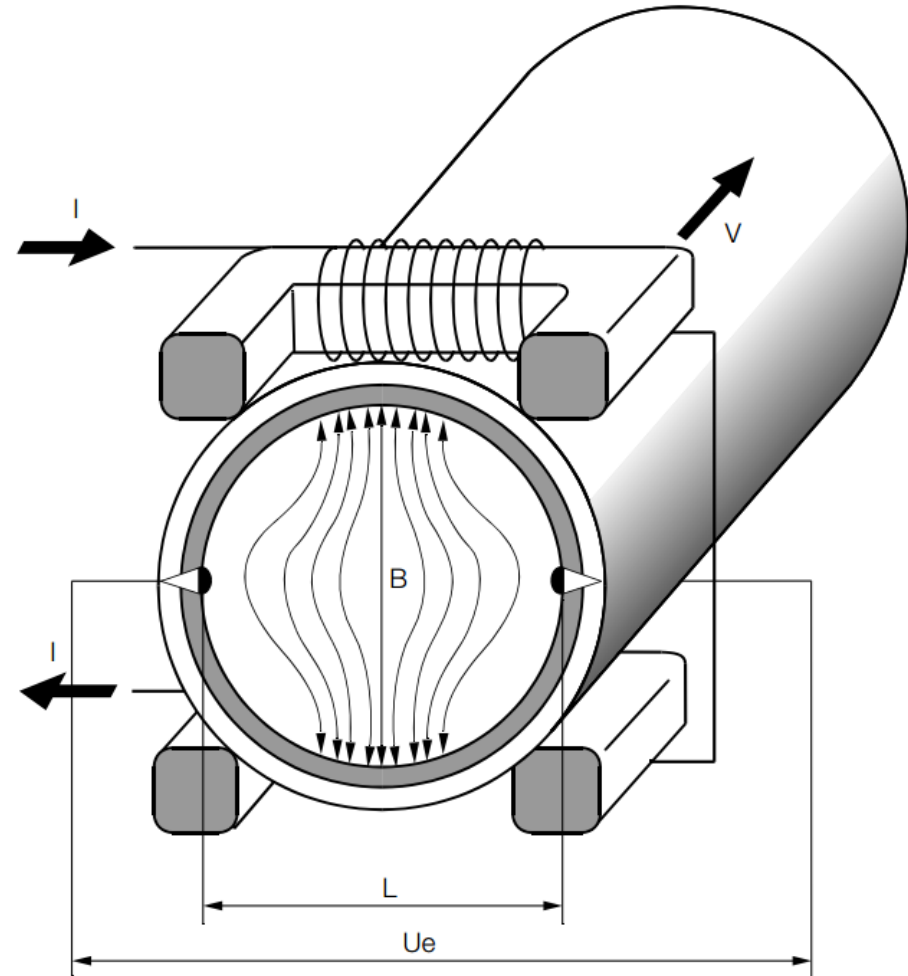
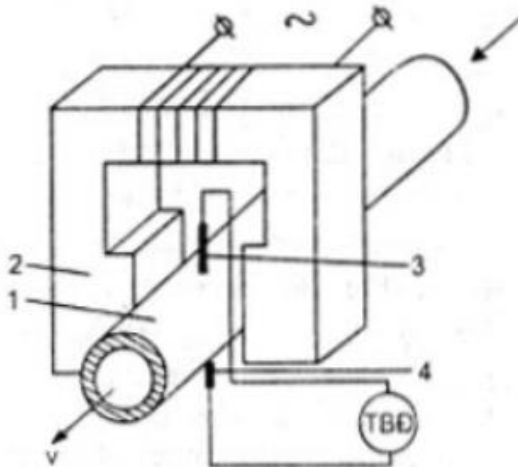
5.4. Ứng dụng

- Cảm biến đo tốc độ trong ô tô



Nguyên lý đo lưu lượng bằng cảm ứng từ

- ❖ Ống 1 được chế tạo bằng vật liệu không dẫn từ cho chất lỏng chảy qua.
- ❖ Từ trường biến thiên do nam châm 2 tạo nên xuyên qua dòng chất lỏng cảm ứng một sức điện động.
- ❖ Sức điện động này được lấy ra trên hai điện cực 3 và 4 và đưa vào thiết bị đo.



Nguyên lý đo lưu lượng bằng cảm ứng từ

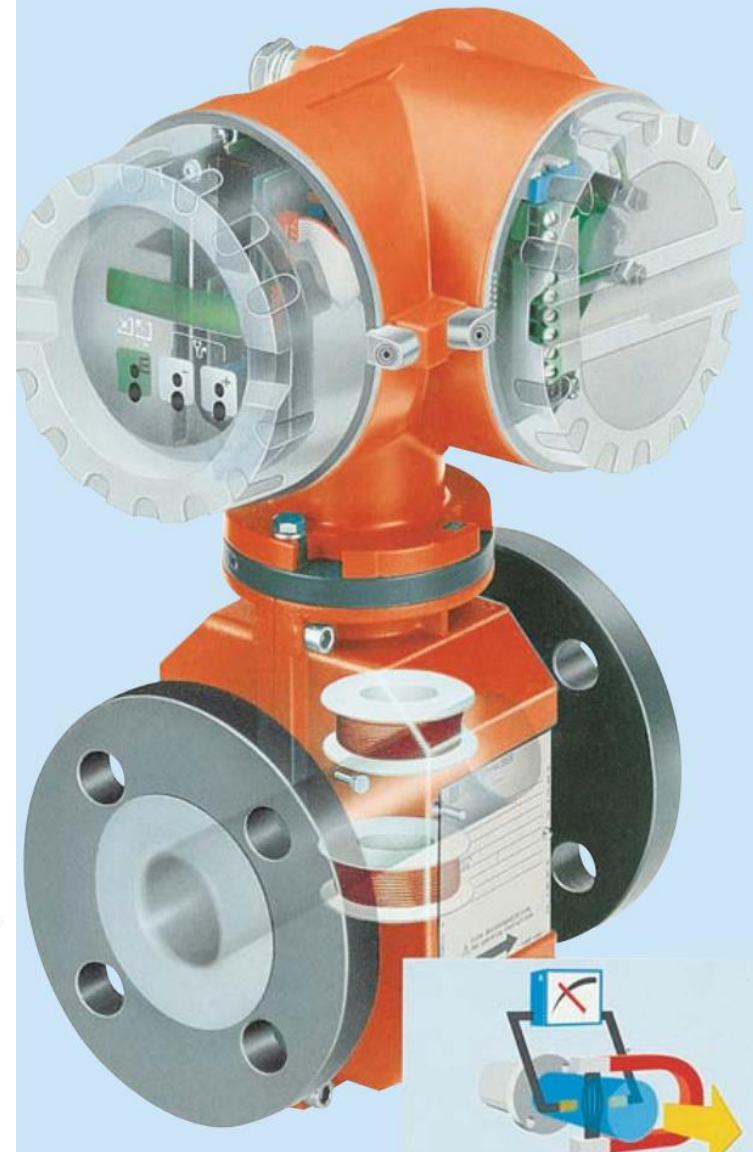
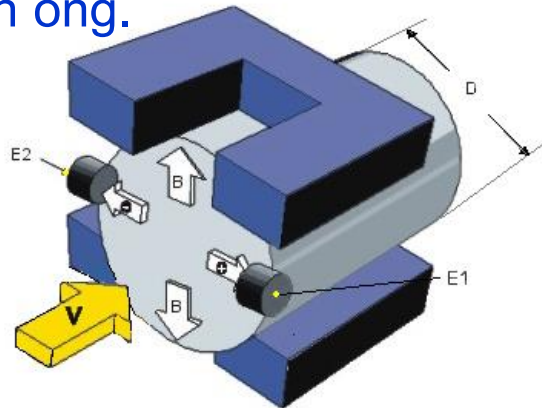
❖ Độ lớn của sức điện động được tính:

$$E = k \cdot \omega \cdot B \cdot d \cdot v$$

- ✓ k - hệ số
- ✓ ω - tần số góc của từ thông do nam châm tạo ra.
- ✓ B - độ cảm ứng từ
- ✓ d - đường kính trong ống dẫn
- ✓ v - tốc độ trung bình của chất lỏng theo tiết diện ống.

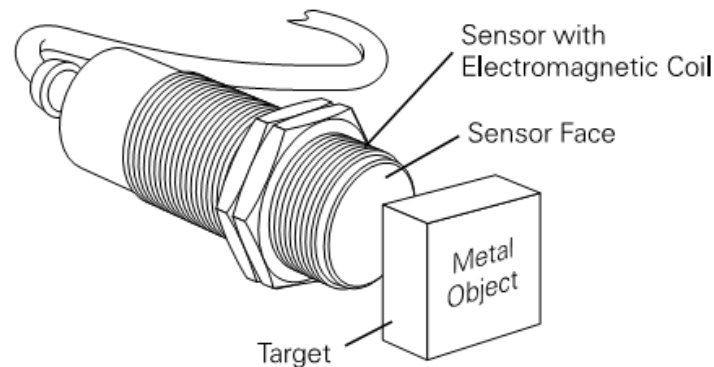
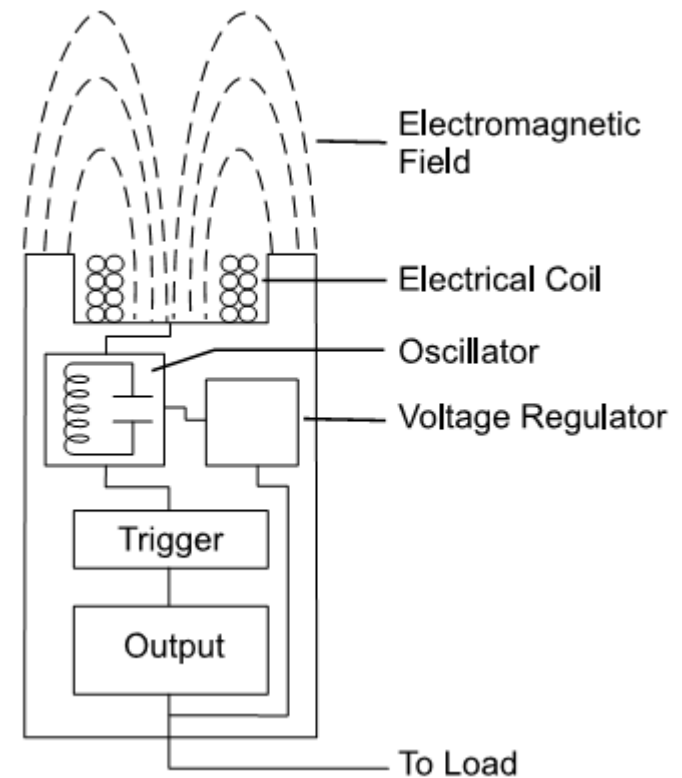
$$E = \frac{4k\omega}{\pi d} BQ$$

$$Q = \frac{v\pi d^2}{4}$$



Cảm biến tiệm cận loại cảm ứng

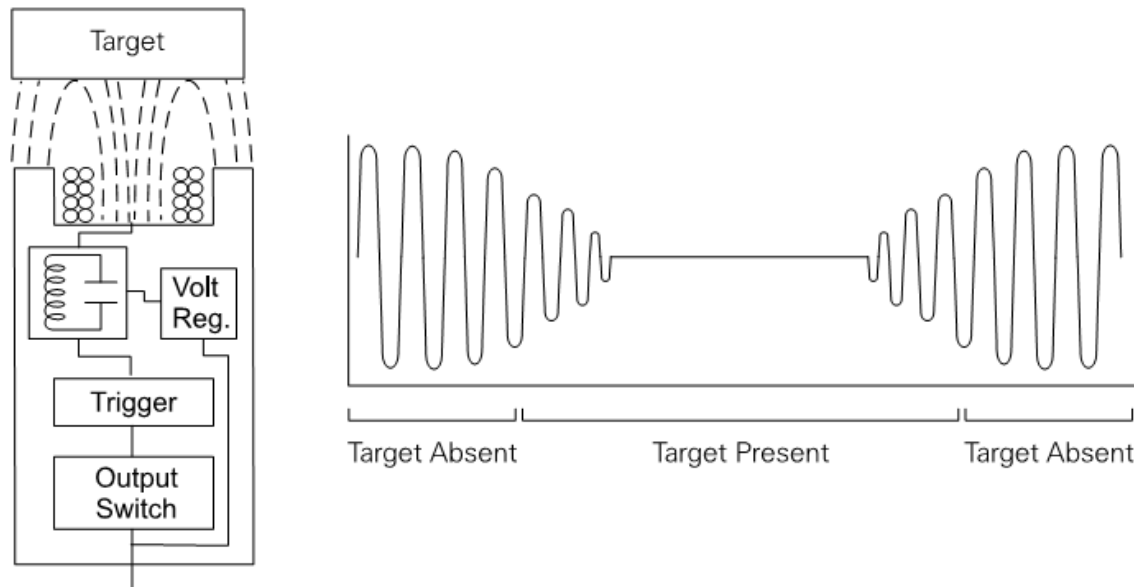
- Cấu tạo:
- Gồm có 4 thành phần:
 - ❖ **Cuộn dây:** tạo ra từ trường
 - ❖ **Bộ dao động:** tạo dao động tần số cao
 - ❖ **Mạch kích:** Giám sát biên độ của bộ dao động
 - ❖ **Ngõ ra:** Mở / tắt



Cảm biến tiệm cận loại cảm ứng

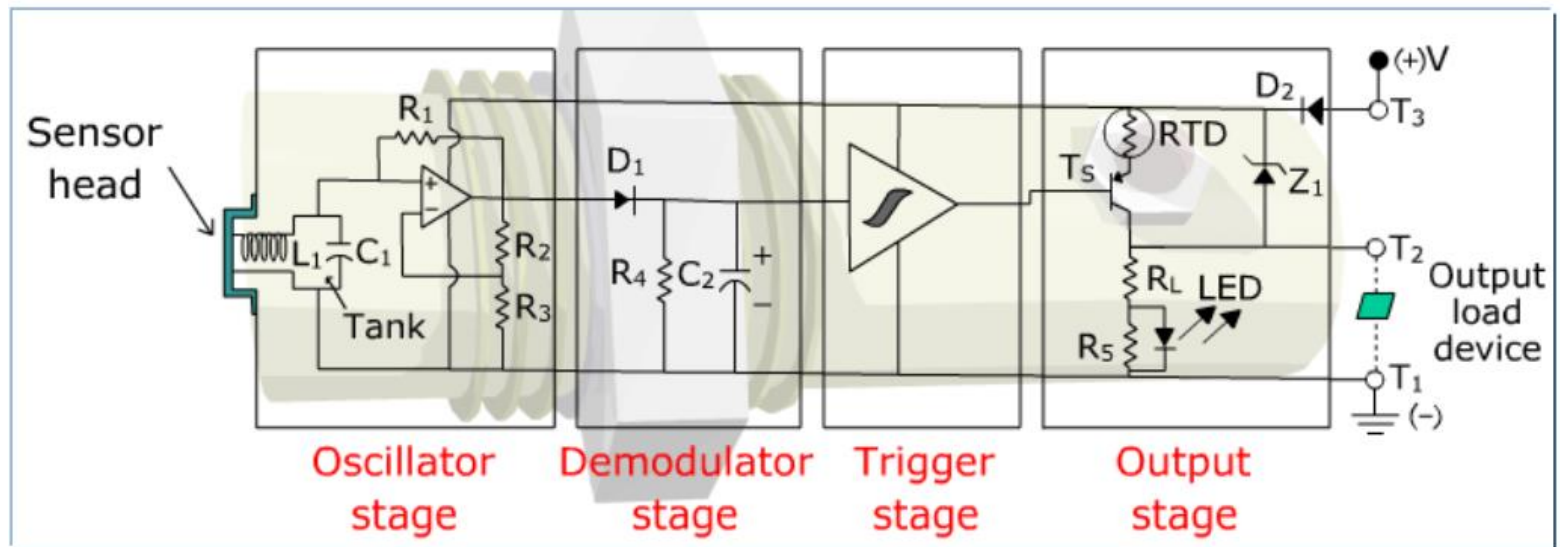
■ Hoạt động:

- ❖ Khi đối tượng vi chuyển đến gần cảm biến - đi vào vùng từ trường, xuất hiện dòng điện xoáy trên bề mặt đối tượng, làm giảm biên độ của bộ dao động.
- ❖ Mạch kích giám sát biên độ của bộ giao động và kích thích cho ngõ ra của cảm biến mở (tắt)



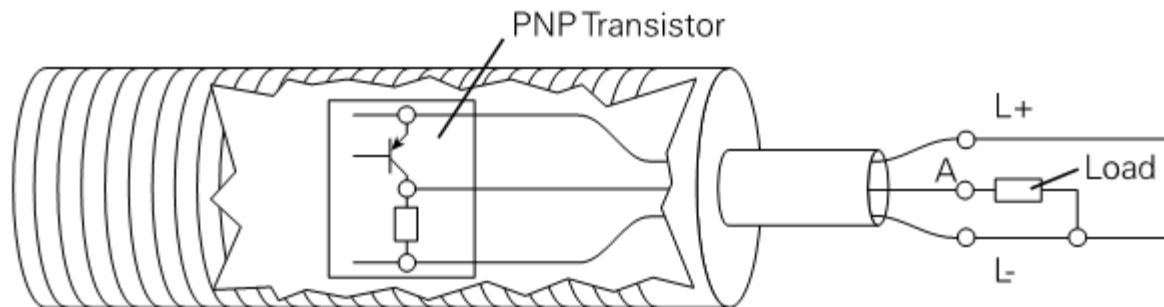
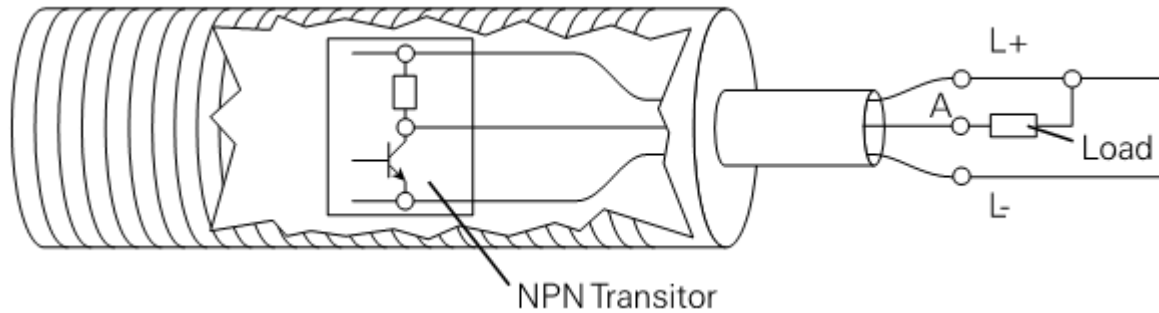
Cảm biến tiệm cận loại cảm ứng

- Bộ phận cảm nhận là một cuộn dây được cung cấp dòng có tần số cao, nó sẽ tạo ra một từ trường thay đổi xung quanh cuộn dây. Một vật kim loại nằm trong vùng từ trường này sẽ xảy ra hiệu ứng dòng Fuco. Theo định luật Lenz, dòng điện này có chiều chống lại nguyên nhân tạo nên nó, và kết quả tạo nên một từ thông ngược lại từ thông của cuộn dây, điều này dẫn đến hệ số tự cảm L thay đổi và trở kháng $Z=2\pi fL$. Trong đó $L = F(n, \eta, A, l)$ với n số vòng dây, η độ từ thẩm, A khoảng cách và l là kiểu vật liệu



Cảm biến tiệm cận loại cảm ứng

■ Đầu dây:



Cảm biến tiệm cận cảm ứng



■ Đặc điểm:

- ❖ Phát hiện vật không cần tiếp xúc
- ❖ Đầu cảm biến nhỏ có thể lắp đặt nhiều nơi
- ❖ Tốc độ đáp ứng nhanh
- ❖ Làm việc trong môi trường khắc nghiệt
- ❖ Làm việc theo nguyên lý cảm ứng từ, do đó dễ bị ảnh hưởng của nguồn nhiễu hay ảnh hưởng của nguồn ký sinh

Cảm biến tiệm cận loại cảm ứng

■ Ưu điểm

- ❖ Chính xác hơn so với các cảm biến khác
- ❖ Có tỉ lệ chuyển đổi cao
- ❖ Có thể làm việc trong môi trường khắc nghiệt

■ Nhược điểm

- ❖ Chỉ phát hiện đối tượng kim loại
- ❖ Tầm hoạt động bị giới hạn

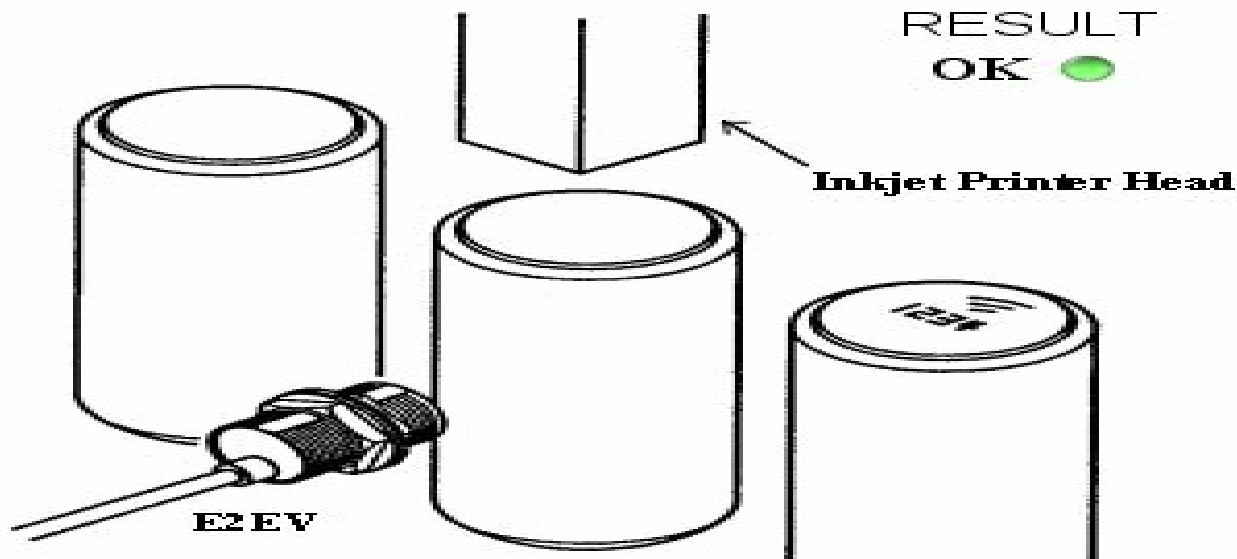
Cảm biến tiệm cận cảm ứng

- Cảm biến sử dụng điện áp một chiều khoảng 10-30VDC, đầu ra cảm biến chịu dòng điện nhỏ (tối đa khoảng 200mA), do đó thường đầu nối ra thiết bị trung gian (role trung gian, bộ điều khiển cảm biến)



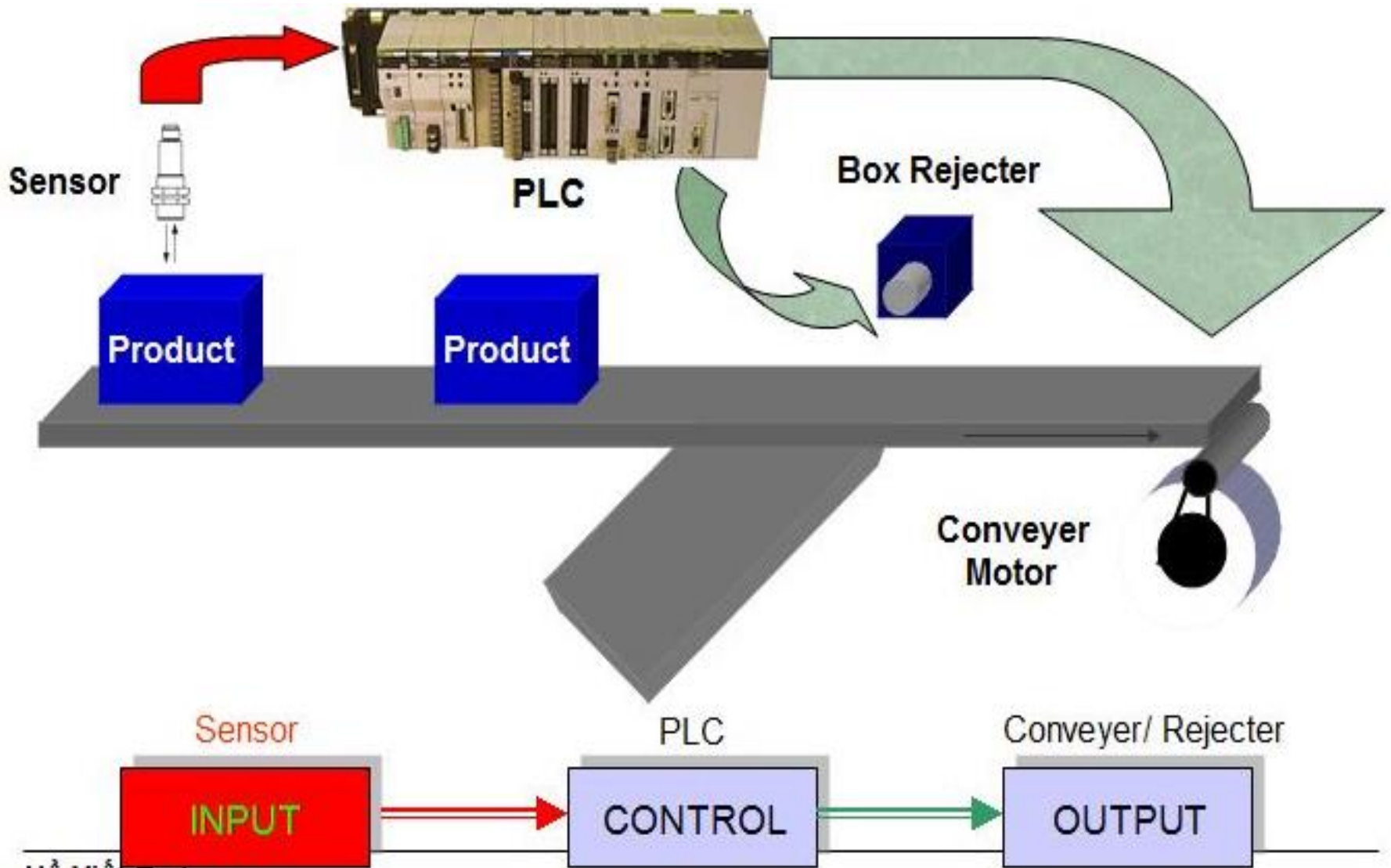
Cảm biến tiệm cận cảm ứng

❖ Ứng dụng phát hiện chai và đóng hạn sử dụng

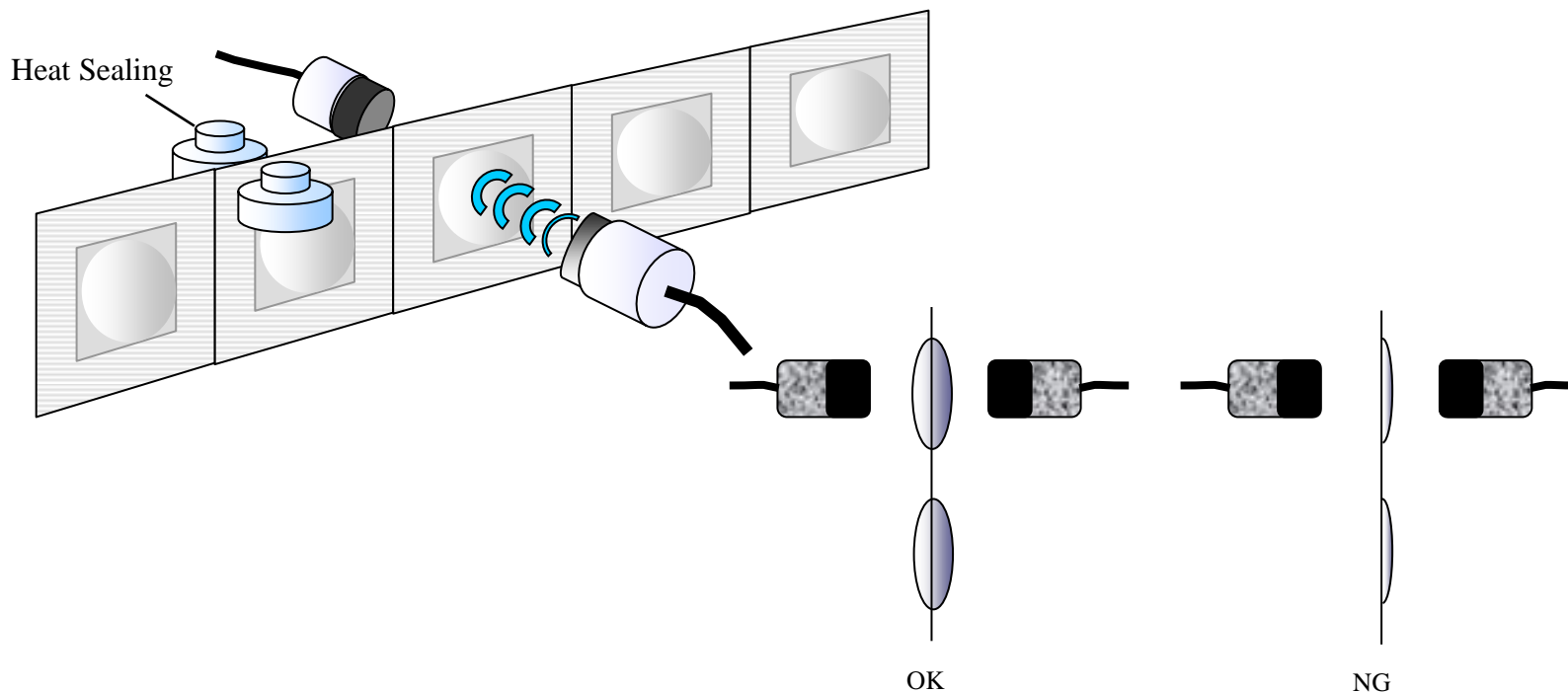


E2EV: Là sensor phát hiện tất cả các vật bằng kim loại đều có thể phát hiện được sự có mặt của các lon một cách chính xác. Khoảng cách đo của sensor có thể được đặt tới 10 mm.

Cảm biến tiệm cận cảm ứng



Cảm biến tiệm cận cảm ứng

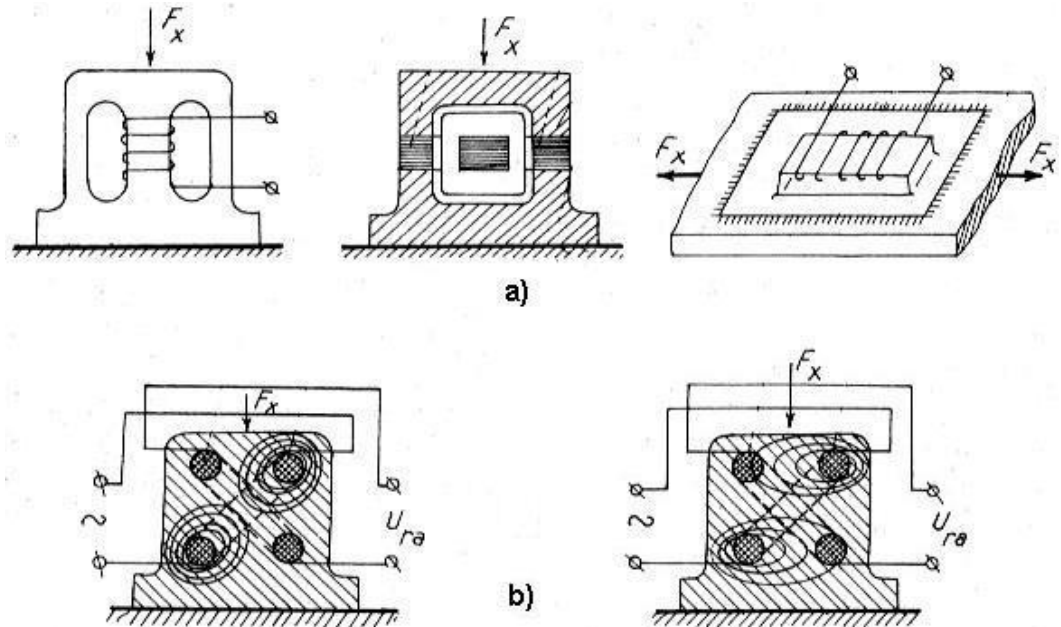


Sử dụng sensor tiệm cận có đầu ra analog ($4 \rightarrow 20\text{mA}$) và bộ xử lý tín hiệu thông minh K3- để tính độ rộng. Từ đó có thể biết được là đã có gia vị trong gói nhôm lá chưa.

Chuyển đổi áp từ

- Chuyển đổi áp từ là một dạng của chuyển đổi điện cảm và hồ cảm. Tuy nhiên khác với hai loại trên, mạch từ của chuyển đổi áp từ là mạch từ kín. Nguyên lý làm việc của nó dựa trên hiệu ứng áp từ

$$L = \frac{W^2}{R} = W^2 \cdot \frac{\mu \cdot s}{l}$$



$$\Delta L = L_0 \cdot \left\{ \frac{\Delta \mu}{\mu} + \frac{\Delta s}{s} - \frac{\Delta l}{l} \cdot \frac{l}{[1 + (\Delta l / l)]^2} \right\}$$

